



LAAJAN MAADOITUSJÄRJESTELMÄN MÄÄRITYS KEURUUN SÄHKÖ OY:N VERKKOON

Toni Boman

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

TONI BOMAN:

Laajan maadoitusjärjestelmän määrittäminen Keuruun Sähkö Oy:n verkkoon

Opinnäytetyö 38 sivua, josta liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2012

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää Keuruun Sähkö Oy:n sähköverkkoon laajan maadoitusjärjestelmän määrittämiseen tarvittava ohjeistus. Työssä tutkitaan ensin standardin 6001+A1, aiheeseen liittyvien verkkosuositusten sekä kirjallisuuden avulla niitä vaatimuksia, joita laajalla maadoitusjärjestelmällä on.

Standardien sekä muiden lähteiden tutkimisen jälkeen toteutettiin esimerkit sellaisista alueista, jossa olisi toteutettavissa laaja maadoitusjärjestelmä. Alueesta jollaiseen ei ole mahdollista toteuttaa tätä maadoitusjärjestelmää tehtiin myös esimerkki. Työtä toteutettaessa ilmeni, että Keuruun keskustan alue täyttää laajan maadoitusjärjestelmän vaatimukset, koska tältä alueelta löytyy maadoitusten yhteyksistä vaadittava dokumentti. Tämän lisäksi Keuruun Sähkö Oy:n toiveesta toteutettiin suunnitelma kahdesta dokumentista, jotka lisättäisiin laajan maadoitusjärjestelmän alueella oleviin jakokaappeihin.

Standardia sekä kirjallisuutta tutkittaessa selvitettiin tähän työhön myös laajan maadoitusjärjestelmän vaaratekijöitä sekä mittalaitteita, joilla on mahdollista suorittaa maadoitusmittauksia laajan maadoitusjärjestelmän alueella. Myös Keuruun Sähkö Oy:n käytössä olevaa verkkotietojärjestelmästä selvitettiin lyhyesti sitä, kuinka ohjelmaan saataisiin esille tieto sähköverkon alueella olevista maadoituksista.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Electrical engineering degree
Automation technology

TONI BOMAN:

Definition of global earthing system to power grid of Keuruun Sähkö Ltd

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 2 pages

April 2012

Subject of this bachelor's thesis was to create instructions with examples that Keuruun Sähkö Ltd can determine a global earthing system to their power grid. First thing at this thesis is the definition of global earthing system. This definition is based on SFS standard 6001+A1, power grid recommendations and literature related to this subject.

After studying SFS standard and other sources were carried out an examples of areas that could hold global earthing system. Also one example were made of areas where global earthing system can't be created. As the work progressed were revealed that downtown of Keuruu fulfills requirements of global earthing system because there are required documents of earthing from this area. In addition Keuruun Sähkö Ltd. wish was to create a plan and examples of two documents that were meant to be added at the distribution cabinets of global earthing system area.

Studying SFS Standard and literature related to this subject were also clarified risk factors of global earthing system. Measurement equipments that can measure earthing of global earthing system were also added to this thesis. Short clarification were made about how to include earthing systems into the power grid software that Keuruun Sähkö Ltd. uses.

Keywords: global earthing, earthing system

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 MAADOITUSJÄRJESTELMÄT YLEISESTI	6
3 LAAJA MAADOITUSJÄRJESTELMÄ	8
3.1 Määrittäminen	8
3.2 Esimerkkialueet.....	10
3.2.1 Laajan maadoitusjärjestelmän esimerkkialue	11
3.2.2 Mahdolliset laajan maadoituksen alueet	20
3.2.3 Haja-asutusalueiden maadoitusjärjestelmät	23
3.3 Vaaraa aiheuttavat tekijät	24
3.4 Laajan maadoitusjärjestelmän maadoituksen mittaus:.....	25
3.4.1 Laajan maadoitusjärjestelmän testauslaitteet:	25
4 VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄ DMS600.....	27
5 LAAJAAN MAADOITUSJÄRJESTELMÄÄN KUULUVAN MUUNTAMON DOKUMENTIT	29
6 POHDINTA	34
LÄHTEET.....	36
LIITTEET	37
Liite 1. Laajan maadoitusjärjestelmän alue.....	37
Liite 2. Maadoituskiskon merkitseminen.....	38

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli toteuttaa Keuruun Sähkö Oy:lle ohjeistus liittyen laajan maadoitusjärjestelmän rakenteeseen. Tähän määrittämiseen käytettiin apuna standardia SFS 6001+A1 sekä muita aiheeseen liittyviä julkaisuja, joista esimerkkinä RJ 19:06 verkostosuositus. Laajan maadoitusjärjestelmän olemassa olon selvittäminen sekä määrittäminen voi olla sähköyhtiöille pitkällä aikavälillä kannattavaa taloudellisesti. Mikäli jokin alue määritetään laajan maadoitusjärjestelmän alueeksi poistuu tältä alueelta 6-12 vuoden välein suoritettavat määräaikaistarkastukset. Samalla poistuu myös tarve suorittaa maadoitusmittaus uudelle maadoitukselle, joka liitetään olemassa olevaan laajaan maadoitusjärjestelmään.

Työ toteutettiin Keuruun sähkö Oy:n toiveesta ja tarpeesta selvittää oman jakeluverkkoalueensa tilanne laajan maadoitusjärjestelmän osalta. Keuruun Sähkö Oy toimii läntisessä Keski-Suomessa Keuruun ja Multian kunnissa sekä Ylä-Pirkanmaalla. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Keuruun Yliahon teollisuusalueella. Toiminta jakaantuu seuraaviin liiketoimintayksiköihin: Sähköverkkopalvelu, sähkömyyntipalvelu, sähköasennuspalvelu, teollisuuden kunnossapito ja automaatio sekä lämpöpalvelu. Henkilöstöä Keuruun Sähkö Oy:lla on n.70. Käyttöpaikkoja on 8650 kappaletta, sähköverkostoa n.1700 kilometriä ja muuntajia 540 kappaletta.

2 MAADOITUSJÄRJESTELMÄT YLEISESTI

Jotta voitaisiin selvittää laajaan maadoitusjärjestelmään liittyviä vaatimuksia maadoitusjärjestelmän rakenteelta, tulee olla ensin selvillä yleisellä tasolla maadoitusjärjestelmistä ja niihin liittyvistä vaatimuksista, kuten esimerkiksi johtimien mekaanisesta kestävyydestä. Tässä osiossa on siis selvitetty maadoitusjärjestelmän vaatimukset yleisesti.

Maadoitusjärjestelmä:

Paikallinen järjestelmä, johon on johtavasti liitetty maadoituselektrodit tai vaikutukseltaan vastaavat metalliosat (esim. pylväsmaadoitukset, armeeraukset) sekä maadoitusjohtimet ja potentiaalintasausjohtimet. (Maadoituskirja 2007, 199.)

Sähkönjakeluverkon muuntopiirien maadoitukset muodostavat maadoitusjärjestelmän. Vain erittäin harvoin esiintyvässä erillismaadoitusten tapauksessa voi muuntamalla olla erillinen maadoitus, mutta silloinkin pienjänniteverkolla on yleisesti useita maadoituksia, jotka muodostavat maadoitusjärjestelmän. (Maadoituskirja 2007, 199.)

Maadoitusjärjestelmän tarkoituksena on varmistaa kaikissa olosuhteissa ihmisille turvallinen liikkuminen sellaisissa tiloissa tai paikoissa, joissa henkilöillä on oikeus kulkea lähellä jännitteisiä laitteita tai rakennelmia. (SFS6001+A1 2005, 70.)

Maadoitusjärjestelmien rakenteen on täytettävä neljä (4) vaatimusta:

- Riittävä mekaaninen lujuus ja korroosiokestävyys
- Suurimman vikavirran kestävyys termisesti eli lämmönkestävyys
- Omaisuuden ja laitteiden vaurioitumisen estäminen
- Henkilöiden turvallisuuden varmistaminen suurimman maasulkuvirran aikana maadoitusjärjestelmissä esiintyvien jännitteiden suhteen. (SFS6001+A1 2005, 70.)

Maadoitusjärjestelmän mitoituksen olennaiset tekijät ovat

- Vikavirtojen arvot
- Vian kestoaika
- Maaperän ominaisuudet (Maadoituskirja 2007, 73.)

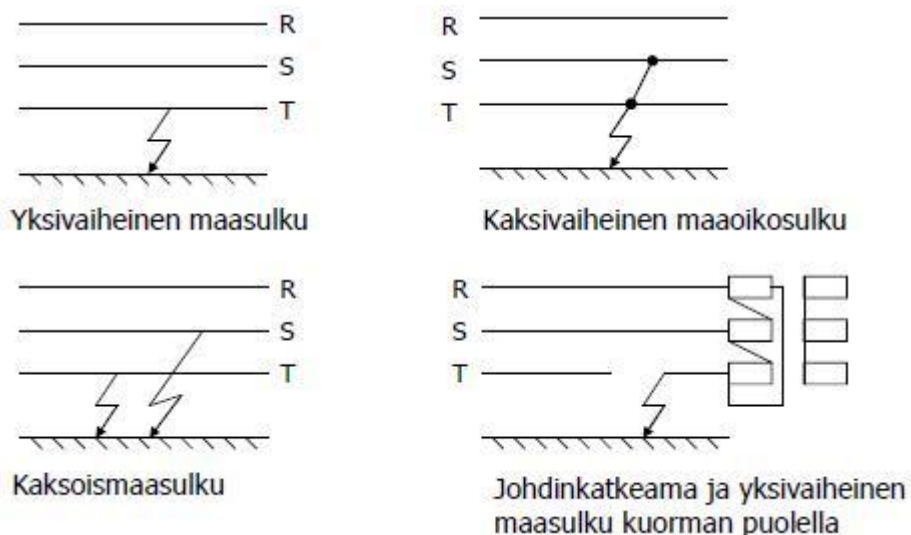
Maadoitusjohtimien mekaanisen lujuuden ja korroosiokestävyyden takia vähimmäis-poikkipinnat ovat:

- Kuparilla 16 mm^2
- Alumiinilla 35 mm^2
- Teräksellä 50 mm^2 . (SFS6001+A1 2005, 71.)

Maasulku:

Maasululla tarkoitetaan jännitteisen osan ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan välistä eristysvikaa. Maasulku voi olla yksi- tai useampinapainen riippuen siitä, kuinka monessa järjestelmän virtajohtimista tällainen eristysvika esiintyy samanaikaisesti. (Sähköverkon automaatio ja suojaus 1998, 6.)

Keskijänniteverkko on Suomessa joko maasta erotettu tai sammutuskuristimen kautta maadoitettu. (Vikavirrat, 14.)



KUVIO 1. Erilaisia maasulkuja

3 LAAJA MAADOITUSJÄRJESTELMÄ

3.1 Määrittäminen

Standardi SFS 6001+A1, Verkostosuositus TJ 1:05 tai Verkostosuositus RJ 19:06, joka viittaa SFS 6001 standardiin, eivät tarkkaan määritä laajan maadoitusjärjestelmän käsitettä, vaikka Verkostosuositus RJ 19:06 näin väittääkin. Jokaisessa näistä dokumenteista kyllä mainitaan laaja maadoitusjärjestelmä, mutta missään ei ole samalla tavalla yksiselitteisesti kerrottu mikä on laaja maadoitusjärjestelmä. Tosin näiden dokumenttien tietoja yhdistelemällä ja tutkimalla voidaan kuitenkin löytää yhteisiä tekijöitä, joiden avulla on mahdollista määrittää laajan maadoitusjärjestelmän kriteerit. Seuraavassa on listattu eri julkaisuista poimittuja laajaan maadoitusjärjestelmään liittyviä asioita, joiden avulla on mahdollista saada jonkinlainen käsitys siitä millainen tämä maadoitusjärjestelmä on.

Laaja maadoitusjärjestelmä:

- Vähintään 3 muuntopiiriä lähekkäin.
- Verkkomaisuus.
- Eri jännitetasojen yhdistäminen (110 kV, 20 kV, 230/400 V).
- Yhdistysjohtimina sähköasemien, muuntamoiden, PJ-verkon sekä liittymien maadoitukset.
- Muuntamoiden maadoitukset voidaan tarvittaessa yhdistää pylväisiin rakennetulla maadoitusjohtimella.
- Jokaiselle muuntopiirille on tehtävä standardin mukainen maadoitus laajasta maadoitusjärjestelmästä huolimatta.

Tämä edellä mainittu lista antaa siis kuvan siitä mitä vaaditaan, jotta laaja maadoitusjärjestelmä olisi mahdollista toteuttaa tai sen toteutuminen olisi mahdollinen sähköverkkoon. Keuruun Sähkö Oy:n osalta 110 kV verkkoon ei tarvitse laajan maadoitusjärjestelmän osalta kiinnittää huomiota, koska Keuruun Sähkö Oy:n sähköasemille tulevaa 110 kV verkkoa hallinnoi Sähkö Virkeät Oy eli SäVi, eivätkä maadoitukset ole yhteydessä 20 kV verkkoon. Seuraavassa on selvitetty yllä olevassa listassa olevia asioita tarkemmin.

Laaja maadoitusjärjestelmä on tehty liittämällä useat paikalliset lähellä toisiaan olevat maadoitusjärjestelmät verkkomaisesti yhteen siten, että järjestelmä muodostaa lähes tasapotentiaalipinnan. Järjestelmän laajuus ja maadoitusverkon tiheys varmistavat sen, ettei kyseisellä alueella esiinny vaarallisia kosketusjännitteitä. (SFS6001+A1 2005, 17.)

Tasapotentiaalipinta muodostuu pisteistä, joiden potentiaaliero (jännite) on nolla. (Sähköpotentiaali, 22.)

Laajassa maadoitusjärjestelmässä yhdistetään kaikki lähellä toisiaan olevat eri jännite-
tasojen (syöttöasemien ja jakelumuuntamoiden) maadoitusverkot useasta eri kohdasta. Tyypillisiä esimerkkejä laajoista maadoitusjärjestelmistä ovat taajamat ja teollisuusalueet, joissa on lähellä toisiaan useita muuntamoita. (SFS6001+A1 2005, 17.)

Laaja maadoitusjärjestelmä voi muodostua jo kolmen muuntopiirin maadoituksista, jos niiden maadoitusverkko muodostaa verkkomaisen ja riittävän tiheän maadoitusalueen. Jokaisen muuntamon tulee liittyä usealla vähintään 2-3:lla yhteydellä laajaan maadoitusjärjestelmään. Kaksi yhteyttä syntyy usein suurjännitekaapeleiden avulla lähimuuntamoihin ja pienjänniteverkon kautta muodostuu helposti useita yhteyksiä. Tällöin ei yksi maadoitusjohdin vaurio katkaise yhteyttä laajaan maadoitusjärjestelmään. (Verkostosuositus TJ 1:05, 9.)

Laajan maadoitusjärjestelmän yhdistysjohtimina toimivat:

- Suurjännitekaapeleiden vaipat ja keskusköydet.
- Pienjänniteverkon PEN-johtimet sekä maakaapeleissa että ilmajohdoissa.
- Mahdolliset erilliset muuntamoita yhdistävät maadoitusjohtimet ja elektrodit.
- Tarvittaessa voidaan muuntamoiden maadoituksia yhdistää myös keskijänniteilmajohdon pylväisiin rakennetuilla maadoitusjohtimilla.

Laajan maadoitusjärjestelmän maadoituksina toimivat sähköasemien, muuntamoiden, pienjänniteverkon ja liittymien maadoitukset. Taajamissa myös 110/20 kV (tai 10 kV) sähköasemien maadoitukset on liitetty laajaan maadoitusjärjestelmään. (Verkostosuositus RJ 19:06, 20-21.)

Verkostosuositus RJ 19:06 (20-21) mukaan laaja maadoitusjärjestelmä voi muodostua myös muuntopiirien maadoitusverkoista, joiden kokonaismaadoitusimpedanssi täyttää ehdon

$$U_E \leq 2U_{TP} \quad (1)$$

missä,

U_E =Maadoitusjännite

U_{TP} =Sallitun kosketusjännitteen arvo

Tämä on tosin tulkinnanvaraista. On huomattava, että jokaiselle uudelle muuntopiirille on tehtävä maadoitukset muuntamolle ja verkolle asennusstandardien mukaan. Laaja maadoitusjärjestelmä ei tee tästä poikkeusta.(Verkostosuositus RJ 19:06, 20-21.)

Huomioitavaa

- Rivimäinen muuntamoketju ei yleensä muodosta laajaa maadoitusjärjestelmää, koska siitä puuttuu verkkomaisuus ja riittävä tiheys.
- Ruutukaavamaiselle kaupunkialueelle muodostuu usein laaja maadoitusjärjestelmä.
- Laajan maadoitusjärjestelmän syntyminen on syytä osoittaa piirtämällä kaavio maadoitusjärjestelmien yhteyksistä.
- Laajaan maadoitusjärjestelmään on syytä pyrkiä siitä saavutettavien turvallisuus- ja taloudellisuusetujen takia.(Verkostosuositus RJ 19:06, 20-21.)

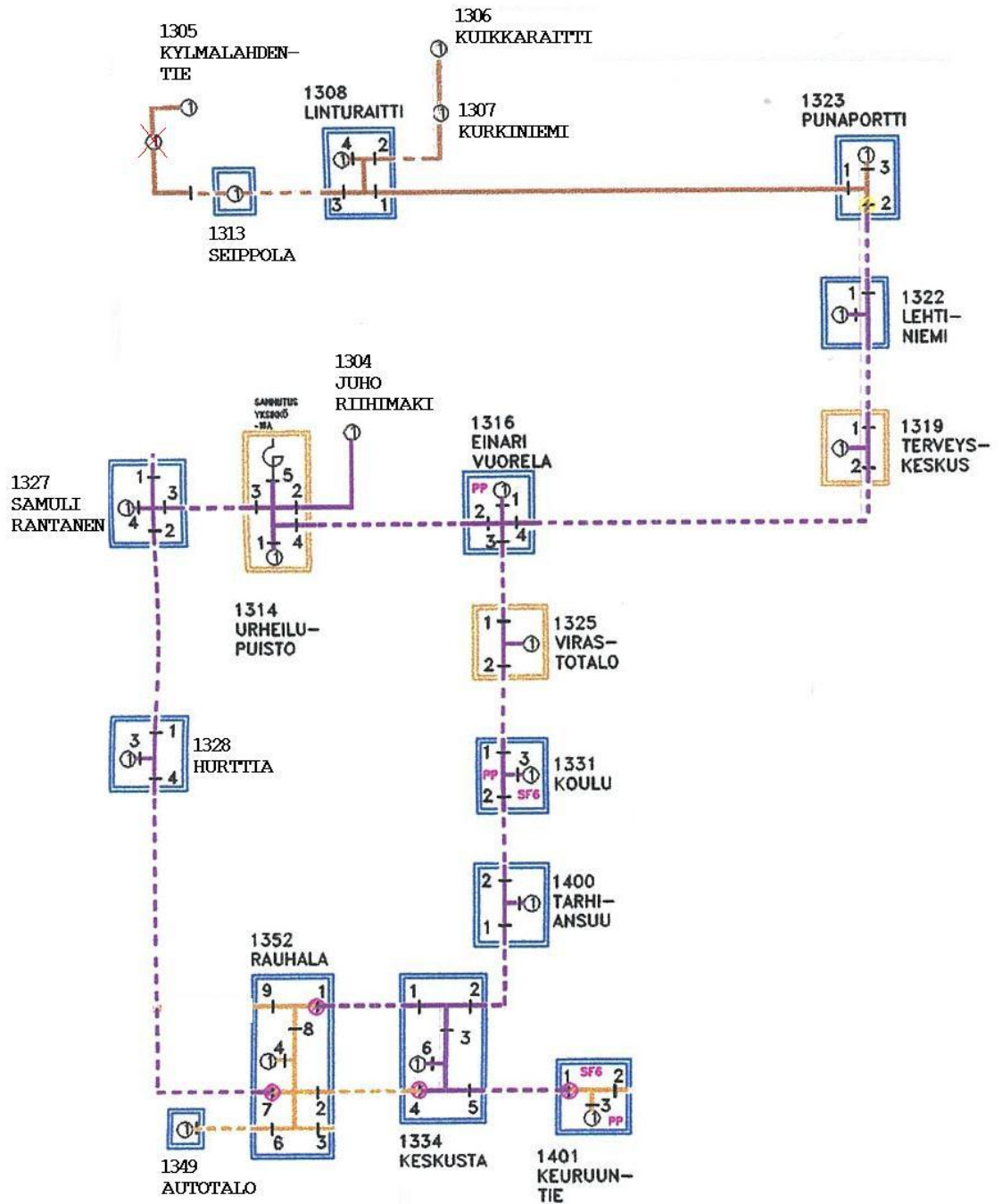
3.2 Esimerkkialueet

Esimerkkialueiksi valittiin Keuruun taajama-alueen kaksi asuinalueita sekä yksi haja-asutusalue Keuruun Riihon alueelta, joka sijaitsee noin 25 km päässä Keuruun keskustasta. Taajama-alueen asuinalueet ovat keskustan alue, Ketvelniemen asuinalue joka on noin kahden kilometrin päässä keskustan alueelta sekä Kivelän asuinalue, joka on noin yhden kilometrin päässä keskustasta. Näistä kahta viimeksi mainittua käytetään esimerkkinä mahdollisten laajan maadoitusjärjestelmän alueina, koska niiden sähköverkko on malliltaan verkkomainen, mutta vaaditut dokumentit jakokaappien välisistä yhteyk-

sistä näiltä alueilta puuttuvat. Keuruun keskustan alue taas esitetään laajan maadoitusjärjestelmän alueeksi, koska tältä alueelta löytyy vaaditut dokumentit eri muuntopiirien yhteyksistä PJ-verkon sekä KJ-verkon kautta. Eniten aikaa on käytetty juuri tämän keskustan alueen tutkimiseen. Riihon alueelta valittu alue on taas selkeä esimerkki sellaisesta alueesta, jolle ei ole mahdollista toteuttaa laajaa maadoitusjärjestelmää lainkaan ja juuri siksi kyseinen alue on otettu esimerkiksi tähän työhön. Ketvelniemen sekä keskustan alueelta on otettu valokuvia liittyen jakokaappien kaapelilähtöjen ja tulojen merkintöihin, sekä jakokaapeissa oleviin dokumentteihin. Näitä kuvia on otettu siksi, jotta nähtäisiin millaisia merkintöjä niissä on nykyisellään ja mitä muutoksia voitaisiin mahdollisesti tehdä jos tällaiseen tarvetta havaitaan.

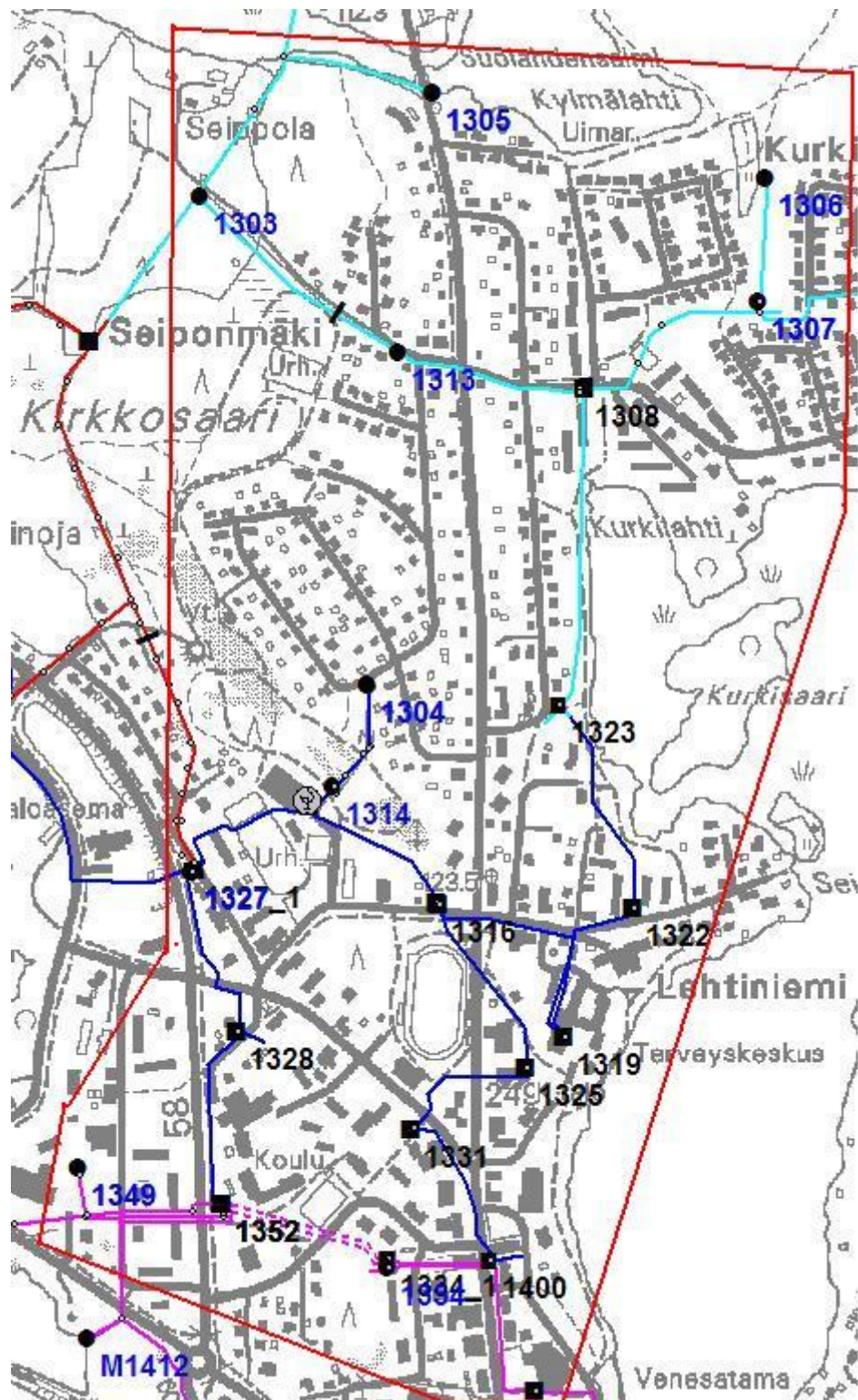
3.2.1 Laajan maadoitusjärjestelmän esimerkkialue

Laajan maadoitusjärjestelmän esimerkkialueeksi valittu Keuruun keskustan alue on Keuruun Sähkö Oy:lta löytyvien dokumenttien perusteella laajan maadoitusjärjestelmän vaatimukset täyttävää aluetta, jota ei kuitenkaan ole dokumentoitu laajaksi maadoitusjärjestelmäksi, vaan on oletettu sen olevan normaali yksittäisiä maadoitusjärjestelmiä sisältävä alue. Tämän alue pitää sisällään Kurkiniemen asuinalueen, joka on noin 1,5 km keskustasta, sekä Seiponmäen asuinalueen, joka on noin 1 km päässä keskustasta. Nämä molemmat alueet sijaitsevan Keuruun keskustan pohjoispuolella. Kuviossa 2 on esitetty yleiskaavio keskustan alueen 20 kV verkon liitynnöistä. Tämä yleiskaavio on tarkoitettu esittämään erottimien sijaintia keskustan alueella, mutta siitä kuitenkin on havaittavissa myös muuntopiirien yhteys toisiinsa. Nämä yhteydet on myös esitetty DMS 600 -ohjelmasta otetulla kuvalla, jossa on nähtävillä 20 kV verkon liitynnät sekä todelliset sijainnit keskustan alueella. Samanlainen kuva on otettu myös PJ-verkosta. PJ-verkon osalta löytyy myös kuva jakokaappien yhteyksistä keskustan alueella.



KUVIO 2. Keskustan alueen 20kV verkon yleiskaavio

Kuviossa 2 katkoviivat esittävät maakaapeleita ja yhtenäiset viivat ilmajohtoja. Seiponmäen muuntopiireistä M 1304 JUHO RIIHIMÄKI sekä M 1313 SEIPPOLA ovat ilmajohdon varrella. M 1313 SEIPPOLA on puistomuuntamo, jonka molemmilla puolilla sijaitseville erottimille tulevat ilmajohdot. Kurkiniemen muuntopiireistä ilmajohdon varrella on M 1305 KYLMÄLAHDENTIE, M 1306 KUIKKARAITTI sekä M 1307 KURKINIEMI. Näiden muuntamoiden 20 kV maadoitusten yhteyksistä ei ole varmuutta, mutta PJ-linjojen puolelta kuitenkin syntyy useita eri yhteyksiä, joten jakokaap-pien välityksellä syntyvät vaaditut vähintään kaksi eri yhteyttä toisiin muuntopiireihin. Nämä yhteydet selvitetään, kun tarkastellaan PJ-linjojen kuvioita 4 ja 5. Kuviossa 3 on esitetty keskustan alueen 20 kV:n sähköverkko DMS 600-ohjelmassa.



KUVIO 3. Keuruun keskustan alueen 20kV sähköverkko ja muuntamot

Kuten kuviosta 3 on havaittavissa ovat keskustan alueen muuntamot yhteydessä toisiinsa usealta eri suunnalta. Tosin Kurkiniemen ja Seiponmäen alueiden muuntamot eivät

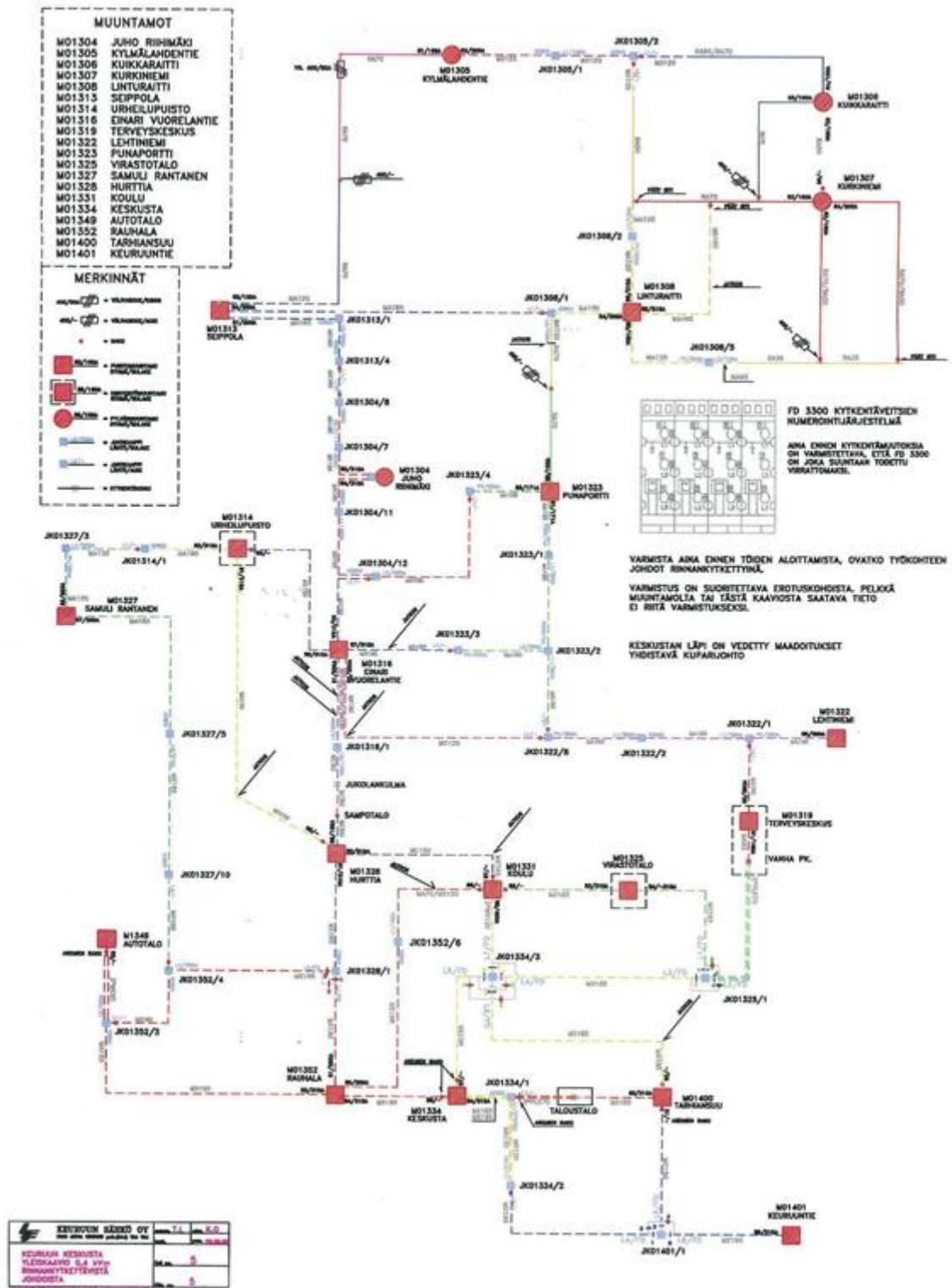
ole toisiinsa yhteydessä useasta eri suunnasta, mutta kun tähän lisätään PJ-verkon liittynät, on mahdollista olettaa, että tälle keskustan alueelle todellakin muodostuu laajan maadoitusjärjestelmän alue ja jokainen muuntopiiri on yhteydessä toisiinsa vähintään kahdesta kohdasta, jolloin jonkin maadoituksen katkeaminen ei aiheuta laajan maadoitusjärjestelmän häviämistä.

Seuraavaksi tarkastellaan keskustan alueen PJ-linjoja, joista Keuruun Sähkö Oy:lla on tarkat dokumentit (KUVIO 4). Tästä dokumentista selviää keskustan alueen eri muuntopiirien liittynät jakokaappien kautta. Esimerkiksi on otettu kuvia myös erään keskustan alueeseen kuuluvan muuntopiirin jakokaapista sekä kyseisen jakokaapin dokumenteista. Näistä dokumenteista voi selvittää mistä jakokaapille tulee syöttö ja mihin jakokaappi edelleen syöttää. Osana tätä opinnäytetyötä tarkoituksena oli nykyisten dokumenttien lisäksi tehdä suunnitelma lisättävistä dokumenteista niihin jakokaappeihin, jotka kuuluvat laajan maadoitusjärjestelmän piiriin. Tätä asiaa käsitellään myöhemmin tässä raportissa.

PJ-puolen maadoitusten yhteys on tässä tapauksessa helppo määritellä kuviosta 4, koska pienjänniteverkon kaapeleiden osalta laajan maadoitusjärjestelmän yhdistysjohtimeksi PEN-johtimet, joten vaikka jakokaappien välillä ei kulkisikaan erillistä maadoitusta on kaappien välisissä syöttökaapeleissa aina mukana PEN-johdin. Tämä on esitetty Verkostosuosituksessa RJ 19:06.

Laajan maadoitusjärjestelmän yhdistysjohtimina toimivat:

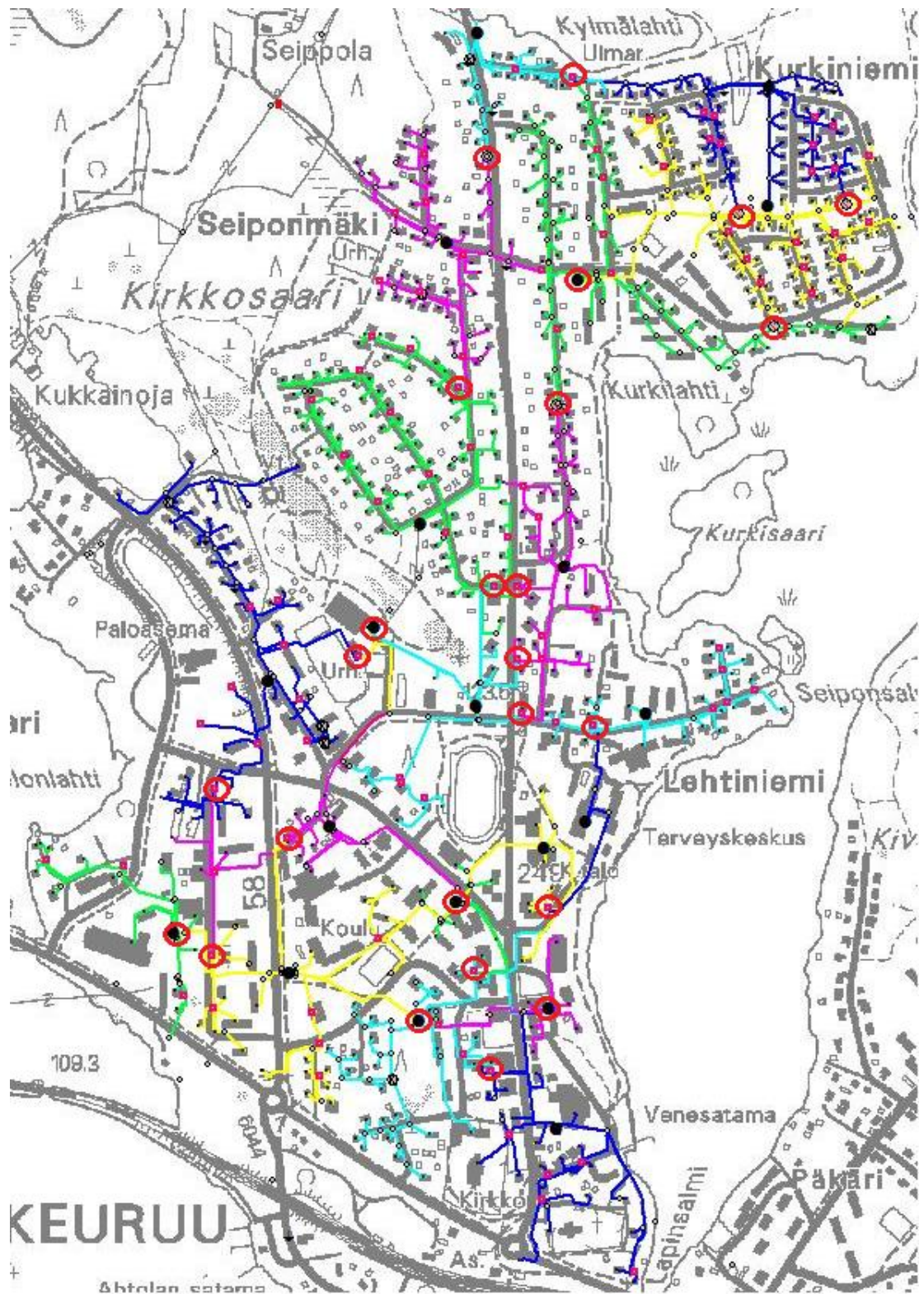
- Pienjänniteverkon PEN-johtimet sekä maakaapeleissa että ilmajohdoissa.
- Mahdolliset erilliset muuntamoita yhdistävät maadoitusjohtimet ja elektrodit.(Verkostosuositus RJ 19:06, 20-21.)



KUVIO 4.Keuruun keskustan alueen PJ-verkkojen yleiskaavio

Kuviossa 4 olevassa dokumentissa on lisäksi mainittu, että Keuruun keskustan alueen lävitse on vedetty kupari, joka yhdistää maadoitukset toisiinsa. Kuvio 5 esittää keskus-

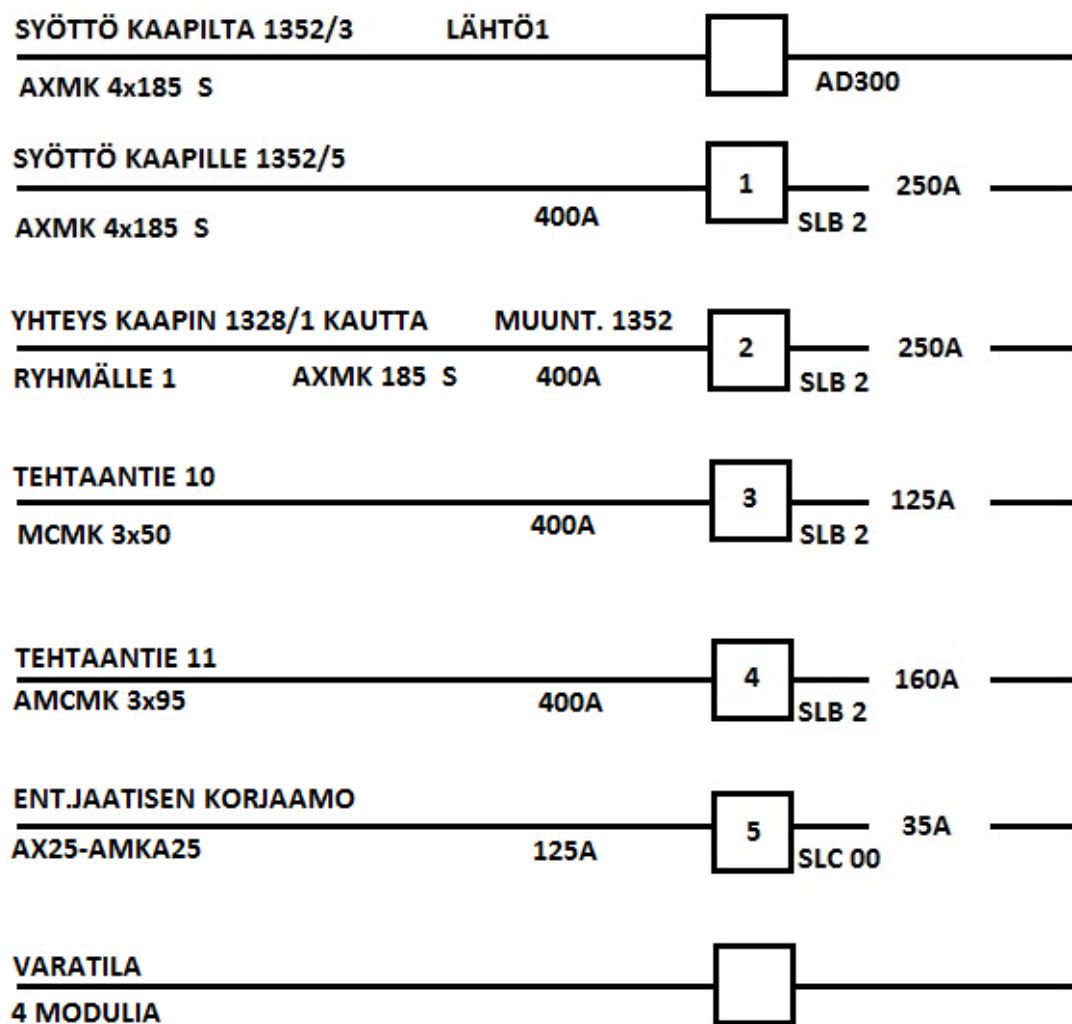
tan alueen PJ-verkon ja muuntamot kartalla. Myös kuvioista 5 on nähtävissä eri muuntopiirien yhteydet toisiinsa.



KUVIO 5.Keuruun keskustan PJ-verkko ja muuntamot

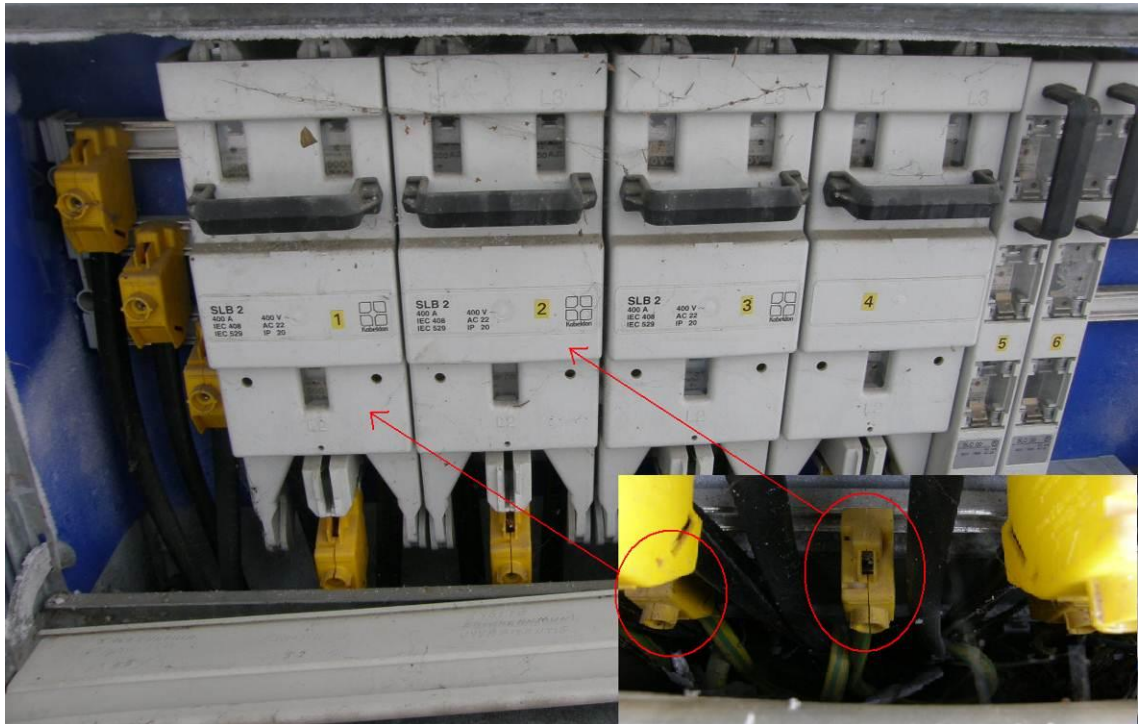
Kuviossa 5 on merkitty punaisilla ympyröillä liityntäpaikat toisiin muuntopiireihin. Kuviossa 5 selviää myös, että suurimmalla osalla muuntopiirejä syntyy jo ainoastaan PJ-verkon välityksellä vähintään kaksi yhteyttä muihin muuntopiireihin jakokaappien välityksellä, jolloin voidaan olettaa, että myös tältä osin on saavutettu laajan maadoitusjärjestelmän vaatimukset.

Jakokaappien välisistä yhteyksistä on otettu esimerkiksi M1352 HURTTIA muuntopiiriin kuuluvan jakokaapin M1352/4 dokumentista tehty kuvio (KUVIO 6), jossa on nähtävissä syötöt muuntopiiriin kuuluvien jakokaappien välillä sekä yhteys toisen muuntopiiriin jakokaappiin.



KUVIO 6. Jakokaapin M1352/4 kaaviokuva

Kuvassa 1 on kuvattuna jakokaapin 1352/4 sisältö. Lisäksi samassa kuvassa on nähtävissä kaapelilähtöjen 1 ja 2 PEN-johtimien kiinnitys.



KUVA 1. Jakokaappi 1352/4

Kuvassa 1 on vasemmalta oikealle katsottuna ensimmäisenä jakokaapilta 1352/3 tuleva syöttö suoraan kiskostoon. Sen jälkeen ovat kaapelilähdöt 1 ja 2, joista numero yksi menee jakokaapille 1352/5 ja numero kaksi on yhteydessä kaappiin 1328/1. Loput kaapelilähdöt toimivat syöttökaapeleina läheisille kiinteistöille, joten niihin ei tutustuta tarkemmin. Tärkeimpänä näistä ovat tätä työtä silmälläpitäen jakokaapilta 1352/3 tuleva syöttö sekä jakokaapille 1328/1 lähtevä syöttö. Koska näiden kaapelien mukana oleva PEN-johdin toimii yhdistävänä maadoituksena.

KUVA 1 on havainnollistava esimerkki siitä, että vaikkei jakokaappien välillä kulkisi erillistä kuparilla tehtyä maadoitusta, on syöttökaapeleiden PEN-johdin aina kuitenkin yhdistävänä maadoituksena jakokaappien välillä. On kuitenkin muistettava mahdollisia muutostöitä tehtäessä varmistaa, ettei laajan maadoitusjärjestelmän vaatimat yhteydet katkea.

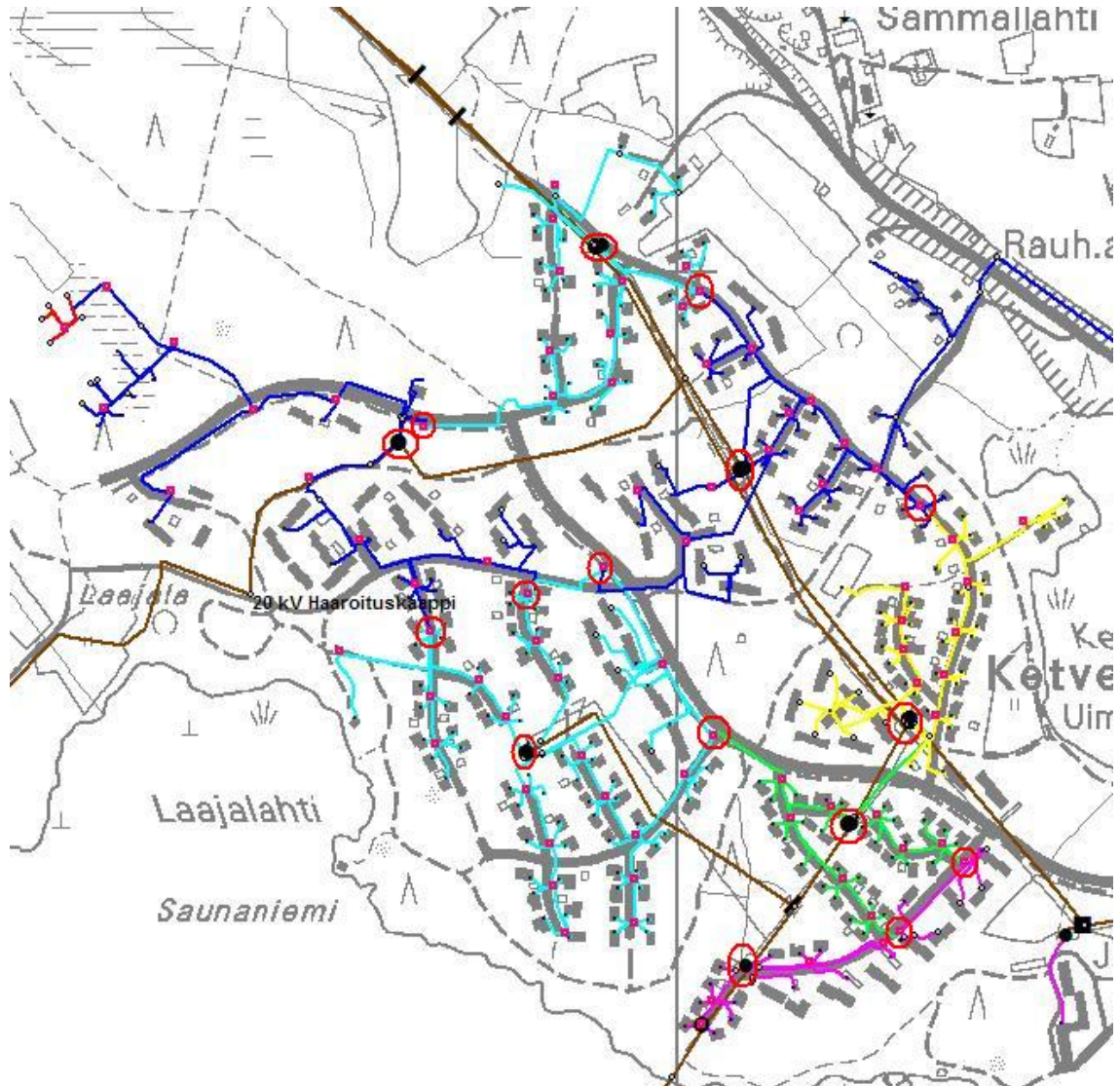
3.2.2 Mahdolliset laajan maadoituksen alueet

Tällaisia mahdollisia alueita löytyy suurpiirteisesti sanottuna varmasti suurimmalta osalta sähköjakeluverkkoa omistavista sähköalan yrityksistä. Kuten jo edellä on mainittu, laajan maadoitusjärjestelmän toteutumiseen riittää kolme lähellä toisiaan olevaa muuntopiiriä, jotka muodostavat verkkomaisen sähköverkon ja samalla verkkomaisen maadoitusverkon. Ongelmaksi saattaa usein muodostua se tosiasia, että vaikka tämä laaja maadoitusjärjestelmä saattaisi olla jo olemassa, on esimerkiksi dokumentointi tällaiselta alueelta puutteellinen, jolloin laajasta maadoitusjärjestelmästä saavutettavia taloudellisia etuja, kuten tarkastusten pois jäämistä ei saavuteta vaan sähköverkkoa ja sen maadoituksia käsitellään tavalliseen tapaan.

Alla olevassa kuviossa (KUVIO 7) on Ketvelniemen asutusalue, joka sijaitsee noin 2 km Keuruun keskustasta. Tällä alueella sähköverkossa on havaittavissa selkeä verkkomainen rakenne ja useita yhteyksiä muuntamoiden välillä niin keskijännite- kuin pienjänniteverkonkin kautta. Tälle alueelle on siis mahdollista toteuttaa laaja maadoitusjärjestelmä. On jopa mahdollista, että se on jo olemassa, mutta koska aluetta on asutettu vuosikymmeniä ja ties milloin sinne on ensimmäiset verkkomaiset rakenteet toteutettu muuntamoiden välille, on ongelmana juuri dokumenttien sekä merkintöjen puuttuminen alueen maadoituksista. Mitä luultavammin tällaiset maadoitusdokumentit on jätetty aikoinaan kokonaan tekemättä, koska ei olla nähty tarpeelliseksi tehdä sellaisia, eikä tuohon aikaan ole välttämättä kukaan edes osannut ajatella niiden tarpeellisuutta.

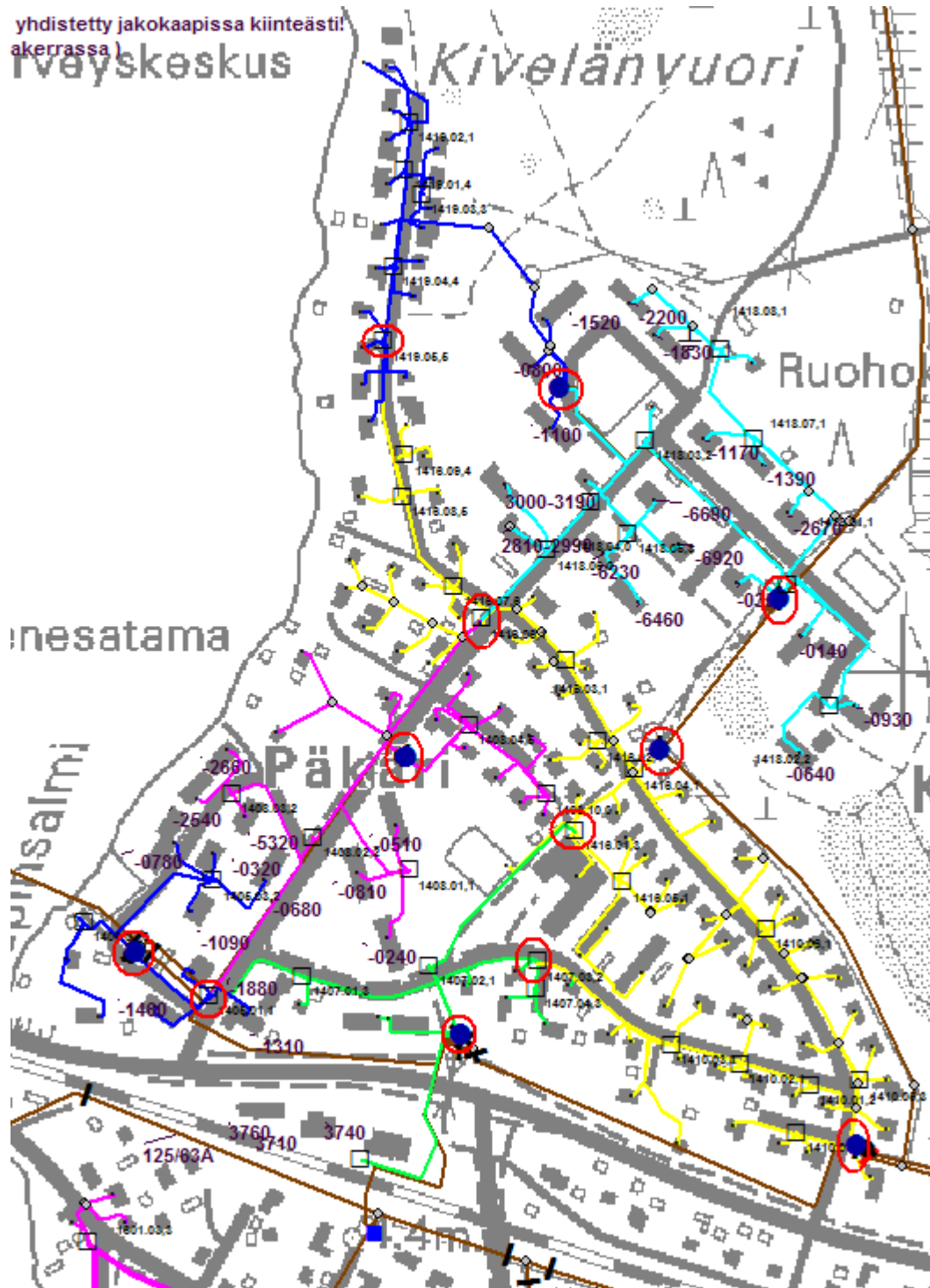
Niina Äijälän tekemästä rakennusinventointiraportista Keuruun alueelle selviää milloin Ketvelniemen aluetta on aloitettu kaavoittamaan omakotitaloalueeksi. Samalla voidaan olettaa, että samaan aikaan on alkanut rakentua alueelle verkkomainen sähköverkko.

Ketvelniemeä alettiin kaavoittaa tiiviiksi omakotitaloalueeksi 1970-luvun lopussa ja alue on rakentunut nykyisenlaiseksi pääosin 1980-luvun aikana. Alue on toteutunut melko pitkälti 1970-luvun kaavarungon mukaisesti. (Keuruun keskusta 2011, 122.)



KUVIO 7. Ketvelniemen asuinalueen KJ- ja PJ-verkko

Kuviossa 8 on Kivelän asuinalue, joka sijaitsee noin 1 km päässä Keuruun keskustasta. Tämä alue on Ketvelniemen asuinalueen lisäksi myöskin potentiaalinen laajan maadoitusjärjestelmän alue. Ongelmana on dokumenttien puute.



KUVIO 8. Kivelän asuinalueen KJ- ja PJ-verkko

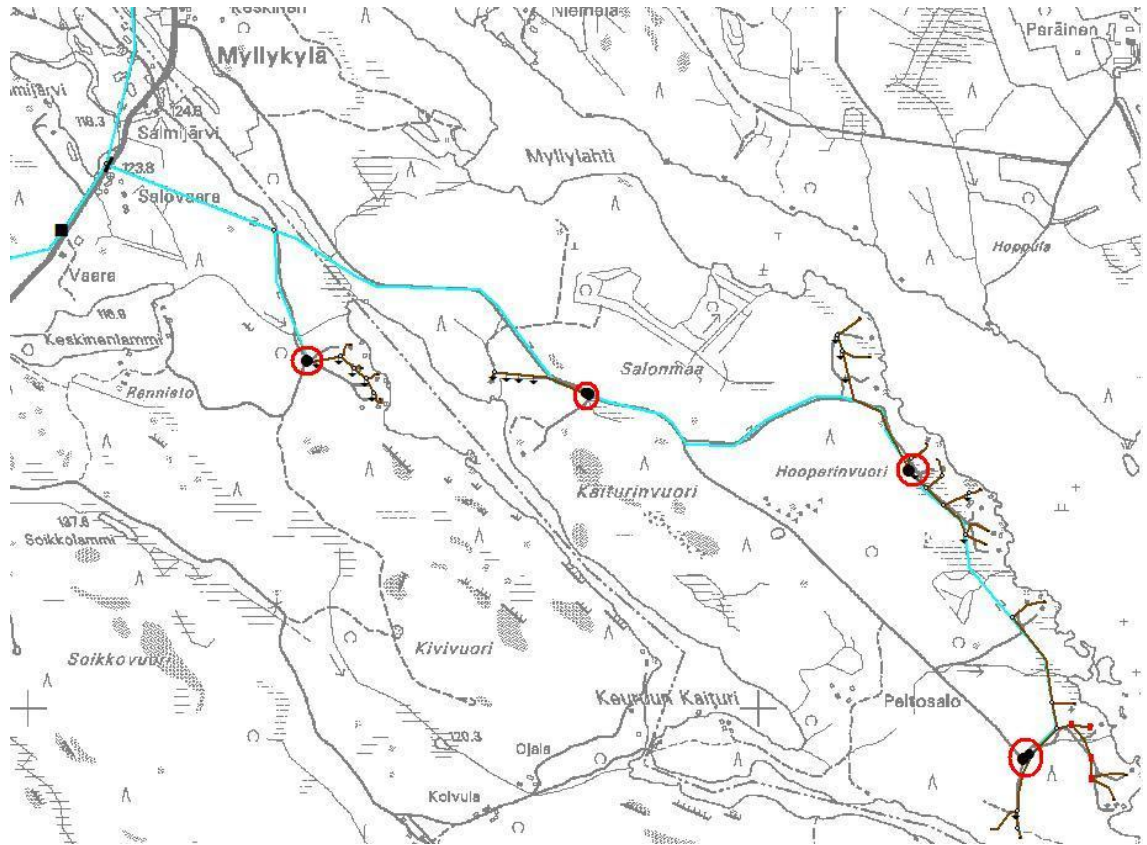
Molemmissa esimerkkikohteissa on selvästi havaittavissa laajalle maadoitusjärjestelmälle ominainen sähköverkko. Taloudelliselta kannalta on vaikea sanoa kuinka suureksi kustannukset kasvaisivat mikäli näille alueille tehtäisiin tutkimus muuntopiirien maadoitusten yhteyksistä ja sen jälkeen luotaisiin vaaditut dokumentit. Nykyisellään näiden molempien alueiden jakokaapeista löytyy kyllä pääkaaviot kaapeleiden liittymästä,

joten luultavasti olisi suhteellisen helppoa selvittää myös maadoitusten liittynät ainakin PJ-verkon puolelta. Lyhyellä ajalla taloudellisuutta tuskin huomaisi näiden alueiden suhteen, mutta kun ajatellaan pidemmällä ajalla on tarkastuksista koituvien kulujen poistuminen pois kustannuksista.

3.2.3 Haja-asutusalueiden maadoitusjärjestelmät

Alueille, joille laajan maadoitusjärjestelmän muodostuminen ei ole mahdollista tai järkevää toteuttaa, on tyypillistä pitkä, jonomainen sähköverkko. Yleensä 20 kV:n keski-jänniteverkko kulkee tien varsilla ja linjaan on asutuksen kohdalle sijoitettu. Näiden muuntopiirien välimatkat voivat olla sadoista metreistä useisiin kilometreihin asutuksen tiheydestä riippuen.

Esimerkiksi tällaisesta alueesta on otettu Keuruun Riihossa sijaitseva haja-asutusalue (KUVIO 9), joka kuvastaa hyvin aluetta, jolle ei ole mahdollista tai kannattavaa laajan maadoitusjärjestelmän toteutus. Sähköverkon rakenne on jonomainen ja muuntopiirit ovat kaukana toisistaan. Riiho sijaitsee noin 25 km Keuruun keskustasta. Alue on haja-asutusaluetta, joten sähköverkon rakenne tällä alueella on jonomainen.



KUVIO 9. Keuruun Riihön alueen sähköverkkoa

3.3 Vaaraa aiheuttavat tekijät

Laajan maadoitusjärjestelmän reunoilla voi muodostua tilanne, että järjestelmään kuulumattomalta muuntamolta syötetään laajan maadoitusjärjestelmän aluetta, jolloin vikatilanteessa suuri virta voi siirtyä esim. puhelinverkon kaapelivaippojen kautta aiheuttaen vaikeuksia. Reuna-alueet tulee tarkistaa ja tarpeen mukaan joko erottaa syötöt niin, ettei vaaraa esiinny tai sitten rakentaa vikavirran kestävät yhteydet laajaan maadoitusjärjestelmään. (Maadoituskirja 2007, 97.)

3.4 Laajan maadoitusjärjestelmän maadoituksen mittaus:

Jakeluverkkojen maadoitusten muodostaessa laajan maadoitusjärjestelmän, ei sen maadoitusvastusta tarvitse mitata kuin siinä tapauksessa, että siihen liitetään uuden 110 kV sähköaseman maadoitus. Maasulkuvirta 110 kV puolelta voi olla yli 100 kertaa suurempi kuin 20 kV:n maasulkuvirta. Mittaus tapahtuu sähköaseman maadoitusmittauksena ja kosketusjännitysvaativuotuksena voidaan pitää aiemmin mainittua kaavaa (1).(Verkostosuositus TJ 1:05, 9.)

Verkkotietojärjestelmästä ja/tai verkostokartoista tulee käydä yksikäsitteisesti selville mitä muuntopiirejä kukin laaja maadoitusjärjestelmä sisältää ja miten eri muuntopiirien maadoitukset yhdistyvät maadoitusjärjestelmään.(Verkostosuositus TJ 1:05, 9.)

3.4.1 Laajan maadoitusjärjestelmän testauslaitteet:

Muuntamon maadoituksen ja muidenkin maadoitusten liittyminen laajaan maadoitusjärjestelmään tulee varmistaa testaamalla. Siihen löytyy sopivia laitteita, joille yhteistä on, että ne syöttävät mittaussignaalin pihtiampeerimittarin kaltaisella laitteella maadoitusjohtimeen ja mittaavat kyseisen maadoituksen. Syöttävä ja mittaava pihti voivat olla myös erillisiä.(Verkostosuositus TJ 1:05, 23.)

Verkostosuosituksen TJ 1:05 (23) mukaan jakeluverkkojen maadoitusten testaukseen soveltuvat mm:

- Chauvin-Arnoux in C.A 6412 ja C.A 6415.
- Kyoritsu 4200 Laitteet toimivat 2400 Hz taajuudella.
- Syöttävät mittaussignaalin samalla pihdillä, jolla mittauskin tapahtuu.
- Mittaus toimii vain silloin, kun muodostuu mittaussilmukka muiden maadoitusten kanssa.
- Laite näyttää yhteyden elektrodiin ja toisaalta esim. maadoituskiskoon. Näin laite soveltuu erinomaisesti testattaessa maadoituksen ja niiden liitosten toimivuutta. Jos maadoituksen rakentaja on ”erehdyksessä” työntänyt maadoitusjohtimen vain ulos muuntamosta, tulee se mittauksessa varmasti esille.

Chauvin-Arnoux in C.A 6412 ja C.A 6415 laitteilla voidaan mitata maadoituslenkkejä sekä vuotovirtoja. Näissä erona on se, että 6415 on monipuolisempi siten, että siihen voi tallettaa mittauksia sekä asettaa hälytystoimintoja.

Kyoritsu 4200 mittalaitteella voi mitata myös maadoituslenkkejä sekä vuotovirtoja, tähän mittalaitteeseen voi myös tallettaa mittaustietoja.



KUVA 2. Maadoituksen testaukseen soveltuvia laitteita

4 VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄ DMS600

DMS 600 on graafinen sähkönjakeluverkkojen käytön tukijärjestelmä, joka laajentaa MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmän toimintoja tarjoamalla maantieteellisiin karttoihin pohjautuvan verkkonäkymän ja pitkälle kehitettyjä käytön tukitoimintoja. DMS 600 (Base) -lisenssi mahdollistaa verkon komponenttien tiedonhallinnan ja verkon mallinnuksen verkon valvontaa varten. Lisäksi DMS 600:lle on saatavissa monia lisätoimintoja sisältäviä moduuleja. DMS 600:aa voidaan käyttää myös ilman MicroSCADAa tai muuta SCADA-ohjelmistoa. Ohjelmisto on tarkoitettu avustamaan sähköyhtiön tai teollisuuden sähköverkoista vastaavan käyttöhenkilöstön suorittamaa verkon hallintaa ja käyttötoimenpiteitä.(DMS600, 19.)

DMS 600 -ohjelmisto muodostuu kolmesta erillisestä ohjelmasta: DMS 600 Network Editor (DMS 600 NE), DMS 600 Server Application (DMS 600 SA) ja DMS 600 Workstation (DMS 600 WS). DMS 600 NE:n asemesta voidaan käyttää myös erillistä Open++ Integra -verkkotietojärjestelmää. DMS 600 -järjestelmän arkkitehtuuri kuvataan tarkemmin *Pääkäyttäjän ohjeessa*. DMS 600 Workstation (DMS 600 WS) on ohjelma, jonka avulla sähköyhtiöiden käyttöhenkilökunta valvoo ja käyttää keski- ja pienjännitejakeluverkkoa.(DMS600, 19.)

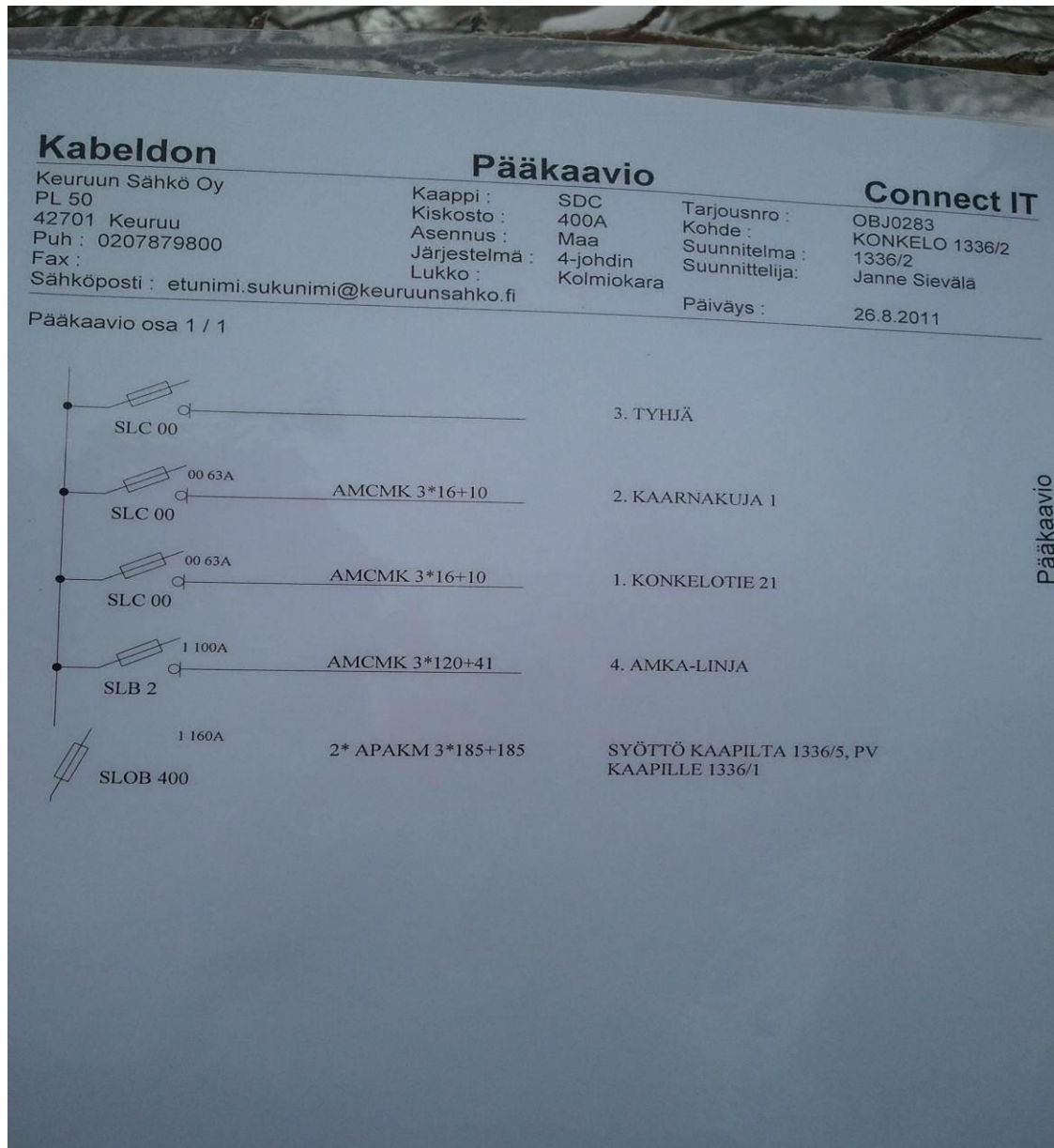
DMS 600 ohjelmaa pohdittiin yrityksen edustajan kanssa siten, että kuinka maadoitusten esittäminen voitaisiin toteuttaa ohjelmassa ja kuinka sen voisi toteuttaa mahdollisimman edullisesti. ohjelmiston manuaaleista selvitettiin onko ohjelmaan saatavilla juuri tähän tarkoitukseen olevaa lisäosaa. Tällaisesta lisäosasta tai laajennuksesta ei manuaaleista löytynyt tietoa, joten oletuksena on, ettei sellaista ole edes olemassa.

Seuraavaksi mietittiin miten maadoitukset kuitenkin voitaisiin esittää ohjelmassa. Mieleen tuli esittää maadoitukset yhtenä ns. layerina eli tasona, joka lisättäisiin ohjelmaan. Näitä tasoja on nykyisellään Keuruun Sähkö Oy:llä ohjelmassa käytössä 2, jotka ovat KJ-verkko ja PJ-verkko. Kun esimerkiksi KJ-verkon taso on valittuna näkyy ohjelmassa kartalla korostettuna KJ-verkko ja avoinna olevat PJ-verkot ”häivytetään” taka-alalle. Maadoitukselle tehtäisiin siis oma taso näiden kahden muun rinnalle ja kun haluttaisiin tutkia maadoitusverkkoa valittaisiin tämä taso.

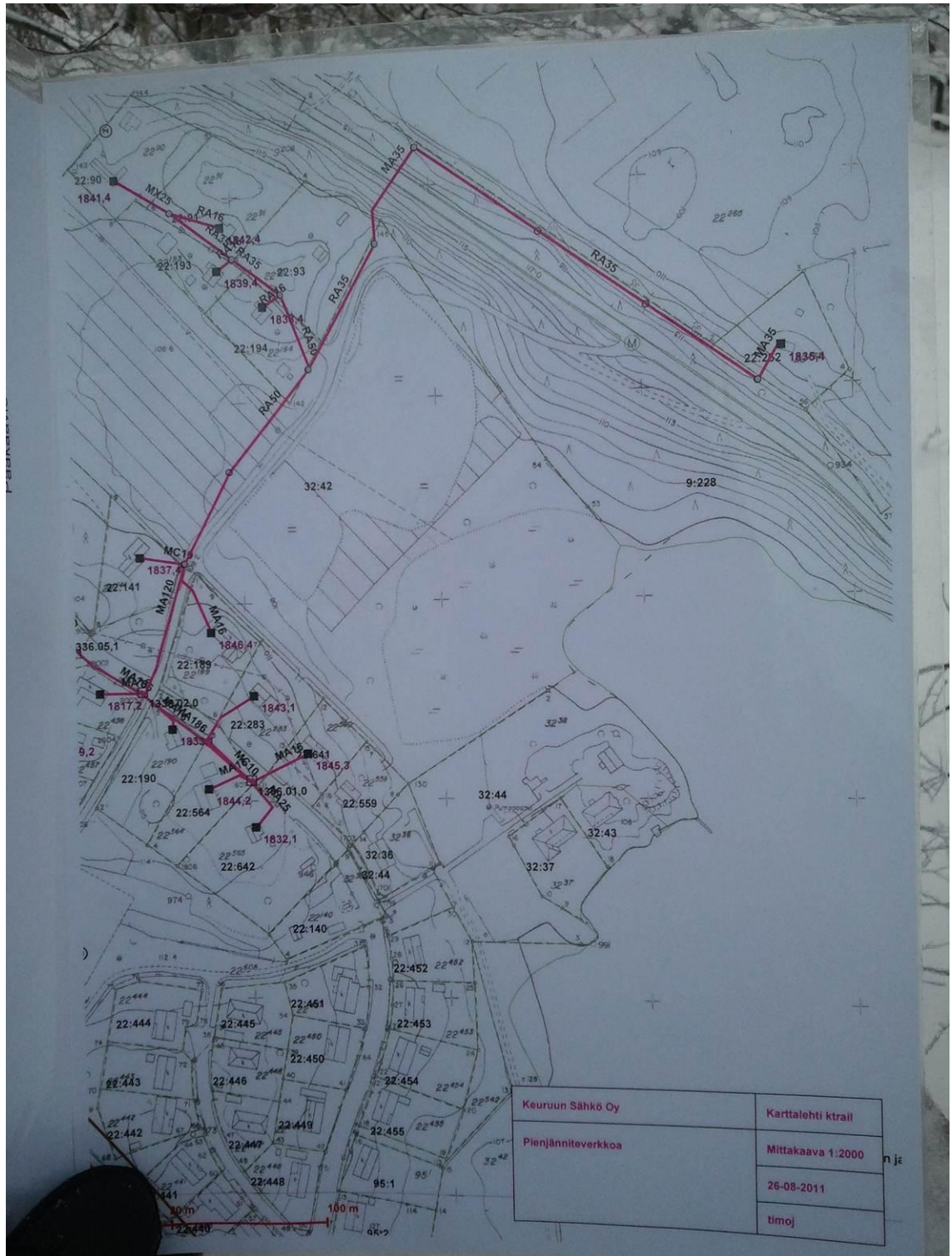
Tämä uuden tason luominen ei ilmeisesti vaadi minkäänlaista lisäosaa tai muuta hankintaa, joten maadoitus tason luomisesta ei koituisi kustannuksia yritykselle. Tosin ei ole selvitetty kuinka nämä maadoitusverkot sitten avattaisiin. Nykyään PJ-verkon saa näkyviin siten, että valitaan jokin tietty muuntamo ja sen valikoista sitten kyseisen muuntamon PJ-verkko. Maadoitusverkon avaamisen voisi toteuttaa samalla periaatteella kuin PJ-verkon avaamisen eli muuntamon valikoista tai sitten siten, että koko maadoitusverkko avattaisiin kartalle, kun sen taso valittaisiin. Tosin nykyiselläänkin DMS600-ohjelma on melko hidas, joten pitää miettiä myös sitä, että olisiko ohjelmalle kuinka raskasta avata kaikki maadoitukset karttapohjaan yhdellä kertaa.

5 LAAJAAN MAADOITUSJÄRJESTELMÄÄN KUULUVAN MUUNTAMON DOKUMENTIT

Nykyisellään Keuruun Sähkö Oy:n verkon jakokaapit pitävät sisällään kuvien (KUVA 3) ja (KUVA 4) mukaiset dokumentit. Nämä dokumentit ovat pääkaavio ja kartta koko muuntopiiristä.



KUVA 3. Jakokaapin pääkaavio dokumentti



KUVA 4. Jakokaapin toinen dokumentti, jossa karttakuva muuntopiiristä

Laajan maadoitusjärjestelmän tutkimisen ja ohjeistuksen tekemisen lisäksi Keuruun Sähkö Oy:llä oli toiveena saada suunnitelma sellaisista dokumenteista, joita voitaisiin lisätä niihin jakokaappeihin, jotka kuuluvat laajan maadoitusjärjestelmän piiriin. Keuruun Sähkö Oy:n työnohjaajan kanssa keskusteltiin jo työn alkuvaiheessa tästä ja mietittiin joitain vaihtoehtoja, joista yhtenä ajatuksena oli toteuttaa jakokaapissa olevan maadoituskiskon numerointi. Kun maadoituskiskossa sijaitsevat maadoitusjohtimet olisivat numeroituna, olisi jakokaappiin lisäystä maadoitusdokumentista helppo selvittää tämän numeron perusteella mihin mikäkin johdin tältä maadoituskiskolta lähtee. Tällä pienellä lisäyksellä saataisiin maadoitusten yhteyksistä selvitys helposti.

KUVA 5 esittää karkeasti sen, kuinka PEN-kiskon numerointi voitaisiin tehdä jakokaappeihin. Jokainen PEN-kiskoon liitetty johdin siis numeroitaisiin ja johtimen sijainti ja päämäärä osoitettaisiin kaapista löytyvässä dokumentissa (ks. liite 2).

Kuvassa 5 olevaa jakokaappia on käytetty esimerkkinä liitteessä 2 olevan dokumentin luomisessa. Kyseinen jakokaappi kyllä sijaitsee Keuruun Sähkö Oy:n verkossa, mutta liitteessä 2 olevat kaapeleiden koot ja liittymien tunnukset ovat kuvitteellisia. Tavoitteena on ollut havainnollistaa kuinka näiden maadoitusten dokumentointi voitaisiin toteuttaa kaappikohtaisesti.



KUVA 5. esimerkki PEN -kiskon numeroinnista

Tosin hankalaksi tämän tekee se tosiasia, että Keuruun keskustan alueella on jakokaapeja niin paljon, ettei ole varmaa kannattaisiko tätä erillisistä maadoituksista tehtävää selvitystä toteuttaa, kun mietitään asiaa taloudelliselta kannalta. Kuviossa 4 olevassa dokumentissa on sanottu, että Keuruun keskustan läpi on vedetty maadoitukset yhdistävä kuparijohto ja vaikei näin olisi, niin kuten jo edellä on mainittu on nämä keskustan jakokaapit yhteydessä toisiinsa vähintäänkin PEN-johtimilla.

Mikäli uusia kohteita rakennetaan jatkossa sähköverkkoon olisi viisasta tehdä dokumentointi maadoituksista jo tässä vaiheessa. Tämän voisi tehdä vaikei uusi alue tulisikaan olemaan laajan maadoitusjärjestelmän aluetta.

Toisena lisäyksenä laajan maadoitusjärjestelmän alueelle sijaitseviin kaappeihin voisi olla kuvion 4 mukainen dokumentti, josta selviäisi ainakin seuraavia asioita:

- Laajaan maadoitusjärjestelmään kuuluvat muuntopiirit.
- Jakokaappien tunnuksset (varsinkin niiden joista on yhteys toisiin muuntopiireihin).
- Sekä kaaviokuva tai karttapohjalla oleva esitys näistä liitynnöistä.
- Selkeä selvitys siitä, että kyseinen muuntopiiri on osana laajaa maadoitusjärjestelmää.

Karttaan voisi tulla myös selvitys siitä, onko maadoitusten yhteys PEN-johtimella vai kulkee samassa ojassa myös yhdistävä maadoituskupari. Samalla voisi ilmoittaa johtimen koon (ks.liite 1).

6 POHDINTA

Työtä aloitettaessa syksyllä 2011 oli ensimmäisenä itse tutustuttava laajaan maadoitusjärjestelmään. Aiheeseen tutustuminen alkoi Keuruun Sähkö Oy:n opinnäytetyön ohjaajalta saaduista SFS standardi 6001+A1:stä sekä verkostosuosituksista, joiden avulla päästiin alkuun. Työn edetessä muitakin lähteitä aiheesta löytyi. Monen eri lähteen hyväksi käyttö oli hyödyllistä siitä syystä, ettei edes Standardissa SFS 6001+A1 tarkkaan määritelty laajan maadoitusjärjestelmän vaatimuksia. Etsittäessä tietoa useasta lähteestä oli mahdollista löytää yhteneväisyyksiä, joiden avulla saatiin linjaus sille, mitä vaatimuksia laajan maadoitusjärjestelmän alueen tulee täyttää.

Opinnäytetyön sisältöä suunniteltaessa pohdittiin, miten mahdolliset laajan maadoitusjärjestelmän alueet esitettäisiin Keuruun Sähkö Oy:n verkossa. Tehtäisiinkö näistä alueista fyysiset dokumentit vai olisiko käytössä olevaan verkkotietojärjestelmään mahdollista toteuttaa jonkinlainen esitys näistä alueista. Koska Keuruun Sähkö Oy:ltä löytyi keskustan alueen PJ-verkon liittynöistä hyvä dokumentti, olisi tällaista samanlaista mallia viisasta käyttää myös niissä mahdollisissa alueissa, joihin on mahdollista muodostua laaja maadoitusjärjestelmä. Koska verkkotietojärjestelmä oli myös yksi vaihtoehto esittää laaja maadoitusjärjestelmä oli senkin mahdollisuudet syytä tutkia. DMS600-ohjelman käyttöohjeita tutkittaessa selvisi ettei ainakaan tähän ohjelmaan ole suoraa lisäosaa saatavilla juuri maadoitusjärjestelmiä silmälläpitäen. Myöhemmin ilmeni vaihtoehdoksi toteuttaa ohjelmaan ns. ”taso” nykyisten 20 kV ja PJ-verkon layerien rinnalle, jossa olisi nähtävissä maadoitusverkko. Tämä olisi halpa tapa toteuttaa maadoitusverkon esitys verkkotietojärjestelmässä, koska kyselyjen jälkeen selvisi, ettei ohjelmaan tarvitsisi ilmeisesti hankkia uusia lisäosia tai lisenssejä. Ohjelman käytön selvitykseen ei käytetty enempää aikaa sillä, mikäli tämä maadoitusjärjestelmä taso halutaan yrityksen käyttöön luoda, on yrityksessä toimivien suunnittelijoiden tietotaito ohjelman käytöstä sillä tasolla, ettei ole järkevää toteuttaa sellaista ohjetta, joka on ohjeen käyttäjille jo päivänselvää asiaa.

Kun tutkittiin vaaraa aiheuttavia tekijöitä laajan maadoitusjärjestelmän kannalta, tukeuduin täysin Maadoituskirja 2007:n selvitykseen vaaratekijöistä, joita voisi ilmetä laajan maadoitusjärjestelmän tapauksessa.

Keuruun Sähkö Oy:n jakeluverkon tutkimisen alkaessa oli selvää toteuttaa esimerkit sellaisista alueista, jossa saattaisi muodostua laaja maadoitusjärjestelmä sekä alueesta, jollaiselle ei ole mahdollista toteuttaa laajaa maadoitusjärjestelmää. Alunperin oli tarkoitus tutkia myös sellaisia alueita, jossa oli rakennusvaiheessa tarkoituksella toteutettu laaja maadoitusjärjestelmä. Työn edetessä nämä alueet jätettiin työstä pois ja päätettiin toteuttaa ohje yritykselle, jolla sitten voitaisiin esittää myös näitä, jo olemassa olevia alueita, laajan maadoitusjärjestelmän alueiksi myös dokumenttien perusteella.

Kun Keuruun keskustan aluetta tutkittiin, oli selvää, että alueen sähköverkko on verkkomainen ja mahdollinen laajan maadoitusjärjestelmän alue. Oli iloa huomata myöhemmin, että Keuruun keskustan alue todellakin muodostaa laajan maadoitusjärjestelmän ja tästä alueesta löytyy myös dokumentti, jossa selvitetään keskustan alueen sähköverkon liitynnät.

Lisäksi jakokaappeihin on tarkoitus lisätä sellaiset dokumentit, joista selviää että kyseinen muuntopiiri kuuluu laajan maadoitusjärjestelmän alueeseen. Yrityksen ohjaajan toive oli toteuttaa jakokaappeihin dokumentti, josta selviäisi minne mikäkin maadoituskiskossa oleva kupari lähtee sekä dokumentti jossa näkyy kokonaisuudessaan se laajan maadoitusjärjestelmän alue, johon kyseinen jakokaappi kuuluu.

Ketvelniemen ja Kivelän asuinalueiden tilanne on hyvin samankaltainen, kummallakin alueella on verkkomainen sähköverkko, mutta ei dokumentteja muuntopiirien sekä kaapeleiden yhteyksistä. Kummankin alueen maadoituksista tehtävä selvitys voisi olla järkevää toteuttaa, koska se ei tuottaisi suuria kustannuksia ja kuitenkin selvittäisi mahdollisen laajan maadoitusjärjestelmän olemassaolon.

Kaikenkaikkiaan toteutettiin sellainen selvitys ja ohjeistus laajasta maadoitusjärjestelmästä, jolla on mahdollista jatkossa selvittää Keuruun Sähkö Oy:n verkon alueella mahdollisesti ilmenevät laajat maadoitusjärjestelmät. Suunnitellut dokumentit ovat suuntaa antavat ja mikäli nämä dokumentit otetaan käyttöön muokkautuvat ne varmasti ajan kanssa sellaisiksi, kuin Keuruun Sähkö Oy näkee tarpeelliseksi ne muokata. Näissä dokumenteissa tulevat esiin ne tärkeimmät asiat, joita työtä suunniteltaessa oli tarkoituskin toteuttaa.

LÄHTEET

ABB Oy. 2005. MicroSCADA Pro DMS 600 *4.1 käyttöohje. Vaasa:ABB Oy

Annanpalo J., Koivisto P., Nurmi T., Roine R., Saasatamoinen A., Taimisto S., Tiainen E., Ylinen T. 2007. Maadoituskirja. Helsinki:Painokurki Oy

Energiateollisuus ry. n.d. Verkostosuositus RJ 19:06. Pylväserotinasemien ja muunto-
piirien maadoitukset standardin SFS 6001 mukaan. Helsinki: Adato Energia Oy.

Korpinen L. 1998. Sähkövoimatekniikkaopus. Sähköverkon automaatio ja suoja-
us.Luettu29.11.2011.

http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/5sahkoverkon_automatio_ja_suojaus.pdf

Lappeenranta university of technology. Sähköverkkotekniikan peruskurssi. Vikavirrat.
Tulostettu 29.11.2011.

Majanen H., Roine R. n.d. Verkostosuositus TJ 1:05. Sähkönjakeluverkkojen maadoi-
tusmittaukset. Helsinki: Adato Energia Oy.

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2005. SFS 6001+A1 Suurjännitesähköasennukset,
2.painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Vehvilä S. 2006. Fysiikkat2. Sähköpotentiaali. Luettu 30.11.2011

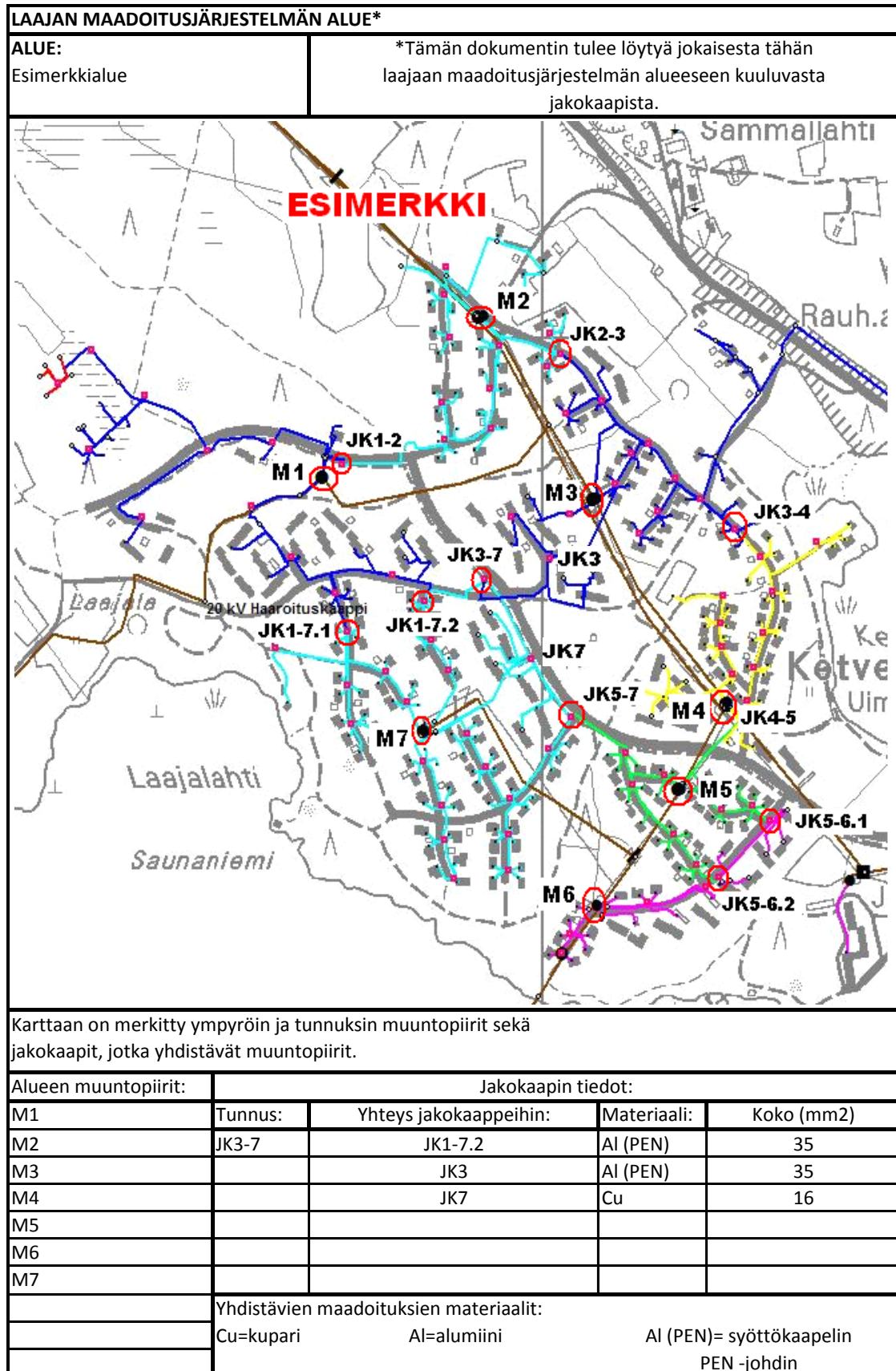
http://jumi.lut.fi/~svehvila/tavara/kouluja/fysiikkat2/ft2_b.pdf

Äijälä N. 2011. Keuruun keskusta rakennusinvestointiraportti. Luettu 14.3.2012

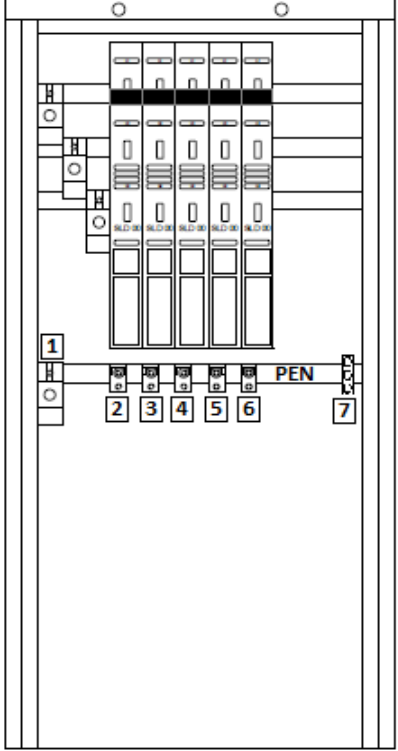
http://www.keuruu.fi/fileadmin/Tiedostot/kaavoitus/Keuruu_nettiin.pdf

LIITTEET

Liite 1. Laajan maadoitusjärjestelmän alue.



Liite 2. Maadoituskiskon merkitseminen.

MAADOITUSKISKON JOHTIMET					
Muuntopiirin tunnus:		Jakokaapin tunnus:		Alue:	
M1606		M1606_2		2	
					
CDC 440					
Nro	Tyyppi	Mistä	Mihin	Materiaali	mm2
1	AXMK 4*185 S	Kaapilta 1606_1	Kiskoon	Al (PEN)	185
2	AXMK 4*50 S	Kiskosta	Kaapille 1606_3	Al (PEN)	50
3	AMCMK 3*35/16	Kiskosta	Asunto 1	Cu	16
4	AMCMK 3*35/16	Kiskosta	Asunto 2	Cu	16
5	AMCMK 3*35/16	Kiskosta	Asunto 3	Cu	16
6	AMCMK 3*35/16	Kiskosta	Asunto 4	Cu	16
7	Cu16	Kiskosta	Maahan	Cu	16
8					
9					
10					