

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Imatra  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Antti Rinkinen

## **Rintamamiestalon sähkösaneeraussuunnitelma**

Opinnäytetyö 2013

## Tiivistelmä

Antti Rinkinen

Rintamamiestalon sähkö saneeraussuunnitelma, 36 sivua, 12 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Imatra

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Ohjaaja: sähkötekniikan lehtori Timo Loukiala, Saimaan ammattikorkeakoulu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella vanhan rintamamiestalon sähkö saneeraus.

Työssä selvitettiin talon sähköasennusten nykytila, jonka perusteella tehtiin suunnitelma talon sähköasennusten nykyaikaistamiseksi. Työssä pohdittiin myös talon lämmityksen toteuttamista.

Sähkö saneeraussuunnitelman alkuperäisenä lähtökohtana oli saattaa talon sähköturvallisuus standardisarjan SFS 6000 mukaiselle nykytasolle, käyttäen kuitenkin tarvittaessa standardissa SFS 6000-8-802 annettuja sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyön soveltamisohjeita.

Saneeraussuunnitelmassa korvataan vanha, taloa syöttävä riippukierrekaapeli maakaapelilla. Mittaus- ja ryhmäkeskus uusitaan. Sisäjohtoasennukset uusitaan TN-S-järjestelmän mukaisiksi. Kaapelien mitoitus lasketaan siten, että johdonsuojakatkaisijoiden poiskytkentä toteutuu. Valaistus- ja pistorasiapisteen suunnitellaan käyttäjäystävällisemmiksi.

Asiasanat: sähkö saneeraussuunnitelma, omakotitalo, lämmitys

## **Abstract**

Antti Rinkinen

Electrical Renovation Plan of a Detached House

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Technology, Electric engineering

Electrical Power Engineering

Tutor: Mr Timo Loukiala, MSc, Senior Lecturer, Saimaa UAS

The purpose of this thesis is to do an electric renovation plan of a detached house. The house is owned by my family

In this work was first studied the present state of electrical installations in the house. Then there a plan was made to modernize the house's electrical installations. Residents were interviewed, and their hopes were also taken into account when making a plan.

The work consisted of two main parts: first, changing the old overhead line into an underground power cable and second, completely redoing the indoor installations. The result of this work is a complete electrical renovation plan.

Key words: electrical renovation plan, detached house

## Sisällys

1 Johdanto .....	5
2 Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt .....	5
2.1 Määritelmät .....	5
2.2 Perusvaatimukset .....	6
3 Talon ja ympäristön kuvaus .....	7
3.1 Nykytilan kuvaus .....	7
3.1.1 Sisäasennukset .....	8
3.1.2 Talon vanha osa .....	9
3.1.3 Laajennusosa .....	9
3.2 Nykyjärjestelmän ja nykyasennuksien puutteet --> Parannusvaihtoehdot .....	10
3.2.1 Jakeluverkon puoli .....	10
3.2.2 Sisäasennukset .....	11
4 Mitoitus .....	14
4.1 Liityntäjohto .....	14
4.2 Suojauksen toteutus .....	17
4.2.1 Nousujohdon ja ryhmäkeskuksen suojaus .....	21
4.2.2 Ryhmäjohtojen suojaus .....	22
5 Saneeraussuunnitelma .....	25
5.1 Työt jakeluverkon puolella .....	25
5.1.1 Liityntäjohto ja maakaapelointi .....	25
5.1.2 Mittauskeskus .....	26
5.2 Sisäasennukset .....	27
5.2.1 Nousujohdon ja ryhmäkeskuksen valinta .....	27
5.2.2 Johtotiet ja johdotukset .....	27
5.2.3 Pistorasiaryhmät .....	28
5.2.4 Valaistus .....	28
5.2.5 Lämmitys .....	31
6 Yhteenveto .....	35
Kuvat .....	36
Taulukot .....	36
Lähteet .....	36
Liitteet	
Liite 1	Sähköasennusten nykytilanne
Liite 2	Vanha keskuskaavio
Liite 3	Laajennusosan sähköistys
Liite 4	gG sulakkeen 0,4 s toimintataulukko
Liite 5	gG sulakkeen 5,0 s toimintataulukko
Liite 6	B-typin johdonsuojakatkaisin toimintataulukko
Liite 7	C-typin johdonsuojakatkaisin toimintataulukko
Liite 8	Kaapelien impedanssit
Liite 9	Kaapelointityökartta
Liite 10	Lämmöntarvetaulukko
Liite 11	Sähköpiirustus 1. kerros
Liite 12	Sähköpiirustus 2. kerros

## **1 Johdanto**

Sähkösaneerauksen suunnittelu aloitettiin haastattelemalla useita henkilöitä ja käymälle läpi erilaisia mielipiteitä nykyisestä tilanteesta. Talo oli isovanhempieni asuintalo ja nyt talo on suvulla käytössä, yleensä viikonloppuisin. Ajatus isommasta sähkösaneerauksesta saatiin korjattaessa pieniä sähkövikoja vuosien varrella. Asukkailta tuli pyyntöjä lähinnä esteettisiin ja käyttömukavuusasioihin liittyen. Suunnittelun tärkeimpänä kohteena voidaan pitää sähköturvallisuuden saattamista nykystandardien mukaiselle tasolle, jotta sähköturvallisuus on taattu sekä ihmisille että sähkölaitteille.

Omana henkilökohtaisena tavoitteenani oli kehittää sähkötekniistä osaamistani niin jakeluverkkopuolella kuin sisäasennuksissa ja saada kuva kokonaisvaltaisesta sähkösaneerauksesta.

## **2 Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt**

Standardisarja SFS 6000 koskee myös asennuksen muutos- ja laajennustöitä sekä olemassa olevien asennusten osia, joihin muutos- tai laajennustyöt vaikuttavat, ja näin ollen standardien uusimpien vaatimusten soveltaminen voisi aiheuttaa teknisesti ja taloudellisesti kohtuuttomia muutoksia myös olevissa oleviin asennuksiin. Standardissa SFS 6000-8-802 on annettu soveltamisohjeita standardisarjan SFS 6000 eri osien soveltamisesta korjaus-, muutos- ja laajennustöihin. (SFS 6000-8-802.)

Standardissa SFS 6000-8-802 esitettyjä vaatimuksia voidaan käyttää korjaus-, muutos ja laajennustöissä vaihtoehtoisesti osien 1...7 vastaavien kohtien sijasta, ja tämän standardin periaatteiden mukaan toimittuna varmistetaan, että korjatun, muutetun tai laajennetun sähköasennuksen turvallisuuden ja häiriösuojauksen taso vastaa vähintään alkuperäisen asennusajankohdan tasoa. Näillä periaatteilla ei kuitenkaan saavuteta vastaavaa tasoa kuin koko standardisarjan soveltamisella. (SFS 6000-8-802.)

### **2.1 Määritelmät**

## Korjaustyö

Korjaustyö on aikaisemmin rakennettuun sähköasennukseen kohdistuva toimenpide, jossa vaihdetaan asennukseen kuuluva laite (koje tai tarvike) tai useita laitteita samanlaiseen tai vastaavaan kuin aikaisemmin asennettu laite, niiden rikkoutumisen tai huonokuntoisuuden takia. (SFS 6000-8-802.130.1.)

## Muutos- ja laajennustyö

Muutos- ja laajennustyö on toimenpide, jossa asennusta muutetaan tai laajennetaan siten, että asennuksen laajuus, käyttö-tarkoitus tai olosuhteet muuttuvat. Muutettuun tai laajennettuun asennukseen kuuluu sekä uusia että aikaisemmin käytössä olleita osia. (SFS 6000-8-802.130.1.)

## 2.2 Perusvaatimukset

Vaatimukset eivät ole taannehtivia. Vanhoja asennuksia, jotka vastaavat alkuperäisenä rakentamisajankohtana voimassa olleita asennusvaatimuksia, saa edelleen käyttää, jos niistä ei aiheudu ilmeistä vaaraa tai vahinkoa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (1193/1999) 6 §:n mukaan sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava, että käyttöolosuhteiden muuttuessa ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin, joilla voidaan varmistaa sähkölaitteistojen turvallisuus muuttuneissa olosuhteissa. Aikaisemmin rakennettujen asennusten korjaustöissä sekä muutos- ja laajennustöissä noudatetaan standardin yleisvaatimuksia.

Korjaus-, muutos ja laajennustyöt täytyy suunnitella etukäteen niin, että työt tehdään oikeassa järjestyksessä ja asennus säilyy turvallisena silloinkin, kun työ tehdään useassa eri vaiheessa. Lisäksi pitää huolehtia myös siitä, että asennuksia koskevat dokumentit saatetaan vastaamaan muuttunutta tilannetta. (SFS 6000-8-802.130.2.)

Sähkö saneeraussuunnitelman alkuperäisenä lähtökohtana on saattaa talon sähköturvallisuus standardisarjan SFS 6000 mukaiselle nykytasolle. Koska kohteen sisäasennusten saneeraussuunnitelma on varsin kokonaisvaltainen, käsittäen muun muassa mittaus- ja ryhmäkeskusten, johtimien ja pistorasioiden uusinnan, ei sovellettavaa juuri jää, vaan suunnitelma tehdään noudattaen standardisarjaa SFS 6000.

Talon eri huoneiden käyttötarkoitus on tarkoitus pitää samana.

### **3 Talon ja ympäristön kuvaus**

#### **3.1 Nykytilan kuvaus**

Jakeluverkon puoli: noin 150 metrin päässä talosta on pylväsmuuntamo, josta on vedetty AMKA -riippukierrekaapeli syöttämään taloa. (Kuva 1) Ensimmäinen pylväsväli muuntamolta on AMKA 3x35+50 ja siitä eteenpäin AMKA 3x16+25 kulkee metsikön ja puutarhan läpi päättyen talon vieressä olevaan kreosoottikyllästeiseen puupylvääseen.



Kuva 1. Sähkön syöttö talolle, nykytilanne

Mittauskeskus eli liityntäpiste on tässä pylväässä ja se on kytketty amkaan MMJ 4x10 kaapelilla. Syöttö mittauskeskukselta talon sisään ryhmäkeskukselle menee maassa kaapelilla MCMK 3x10+10.

### 3.1.1 Sisäasennukset

Sähkönjakelujärjestelmästä yleisesti:

Talossa on tällä hetkellä sekajärjestelmä, jossa uusissa johdoissa on suojajohdin mutta vanhoissa ei. Suojajohdinta on käytetty talon laajennusosan sähköistyksessä.



### 3.1.2 Talon vanha osa

Talon ryhmäkeskus sijaitsee eteisen seinällä, katon ylärajassa. Asennukset on tehty pinta-asennuksena. Sähköjärjestelmänä on käytetty TN-C-S -järjestelmää. Pistorasiat ovat suojakosketinpistorasioita, joissa on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin eli tehty niin sanottu nollaus. Itse johdoissa ei ole suojajohdinta. (Liite 1)

Lämmitys on toteutettu pääasiassa sähköpattereilla. Patterit on ilmeisesti asennettu vuoden 1985 laajennuksen yhteydessä, sillä niillä on johtona  $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ . Talossa on käytössä lisäksi kolme sähköllä lämpenevää massavaraajaa, eteisessä, makuuhuoneessa 2 ja yläkerran makuuhuoneessa 3. (Liite 2)

### 3.1.3 Laajennusosa

Taloon on tehty laajennus vuonna 1985. Laajennusosaan kuuluu tuulikaappi, tekninen tila, pukuhuone, WC, kylpyhuone ja sauna.



Kuva 2. Maadoitettu pistorasia vessassa

Laajennuksen sähköjakelujärjestelmänä on käytetty TN-S -järjestelmää (Kuva 2), ja asennukset on tehty uppoasennuksina. Pukuhuoneen, kylpyhuoneen ja saunan lattiassa on sähköinen lattialämmitys. (Liite 3)

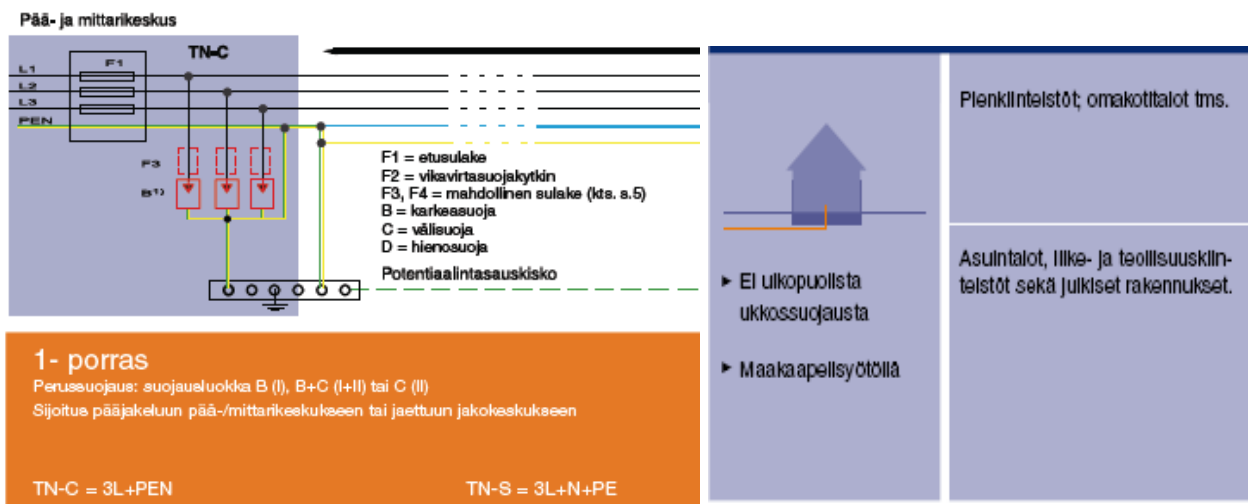
## 3.2 Nykyjärjestelmän ja nykyasennuksien puutteet --> Parannusvaihtoehdot

### 3.2.1 Jakeluverkon puoli

Koska talo liittyy sähköverkkoon AMKA-verkon kautta, pitäisi mittauskeskuksella olla ylijännitesuojaus uuden SFS 6000-standardin mukaan. Ylijännitesuoja on vuoden 2013 alusta alkaen asennettava uusiin rakennuksiin, joihin syötetään sähköä ilmalinjalla, mutta suoja kannattaa asentaa myös vanhoihin rakennuksiin, etenkin jos ne sijaitsevat salama-alttiilla paikalla. Ihmiset, kotieläimet ja omaisuus on suojattava ylijännitteiden, kuten ilmastollisten kytkentäylijännitteiden aiheuttamilta vahingoilta. (SFS 6000, 131.6.2.) Suojalaitteilla tehtävä ylijännitesuojaus perustuu riskienarviointiin. Riskienarvioinnin pohjalta päätellään eri seurausilmiöistä riippuvat suojaustasot, jotka esimerkiksi

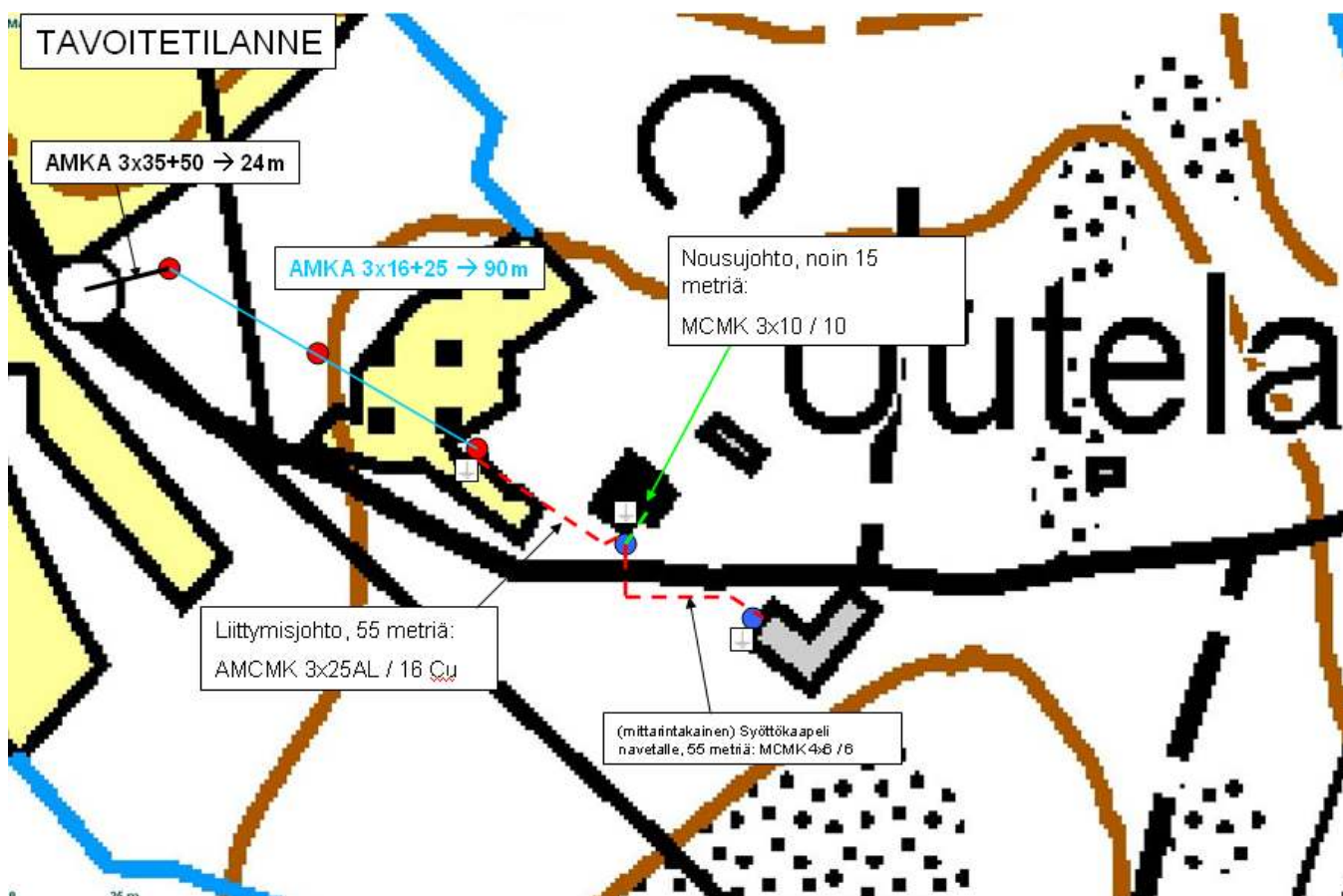
- Vaikuttavat ihmiselämään, esimerkiksi turvajärjestelmiin, sairaaloiden lääkintälaitteisiin
- Vaikuttavat julkisiin palveluihin, esimerkiksi julkisten palveluiden keskeyttämiseen, tietokonekeskuksiin, museoihin
- Vaikuttavat kaupallisiin tai teollisiin toimintoihin, esimerkiksi hotelleihin, pankkeihin, teollisuuteen, liikekeskuksiin, maatiloihin

Seurausilmiöiden a)...c) mukaisilla suojaustasoilla on toteuttava ylijännitesuojaus.



Kuva 3. Ylijännitesuojaus omakotitalon pääkeskukselle, (OBO Bettermann)

Ylijännitesuojauksen puuttumisen lisäksi ei muita teknisiä puutteita verkon puolelta havaittu. On kuitenkin huomioitava, että asukkaiden toiveet tulitiin ottamaan huomioon sähkösaneeraussuunnitelmaa tehdessä ja niillä toiveilla tuli olemaan vaikutusta myös verkon puolelle.



Kuva 4. Sähkön syöttö talolle, tavoitetilanne

Puutarhan yli menevä AMKA toivottiin maakaapeloitavan. (Kuva 4) Talon vieressä olevasta mittauskeskuskreosottipylvästä haruksineen toivottiin myös päästävän eroon.

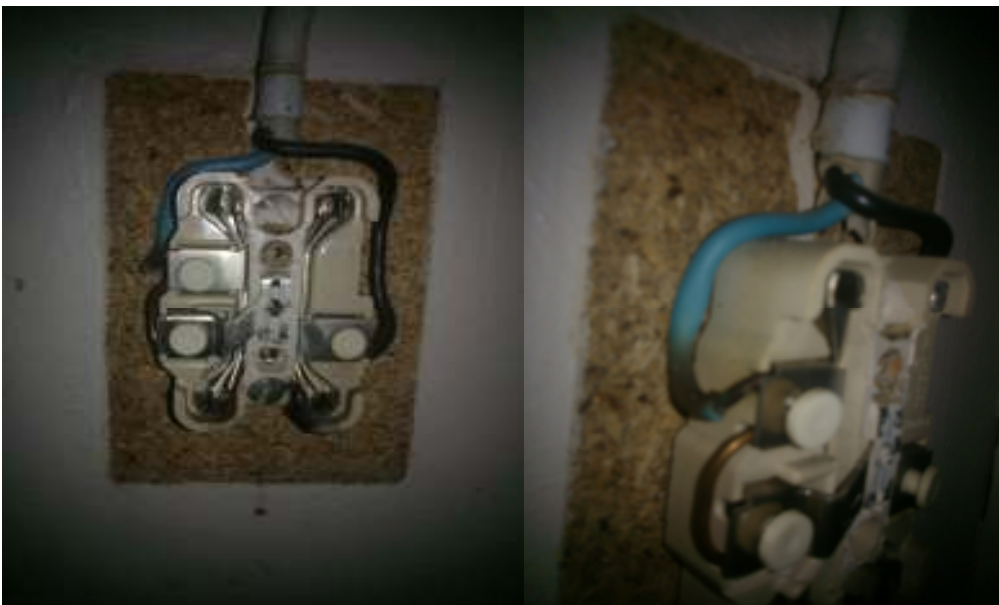
### 3.2.2 Sisäasennukset

Eteisen ryhmäkeskus ja sulaketaulu sijaitsee katon rajassa (Kuva 5). Sulaketta vaihtaakseen on kiivettävä tuolille tai tikkaille. Lisäksi sulaketaulun ryhmien/lähtöjen merkinnät ovat kuluneet, jos niitä ylipäänsä on ollenkaan.



Kuva 5. Vanha ryhmäkeskus katon rajassa

Talon vanhan osan pistorasiajohdotukset on tehty TN-C-S -järjestelmän mukaan, ja ne uusitaan nyt TN-S -sähköjärjestelmän mukaiseksi. Keittiön nollatussa pistorasiassa havaittiin palojälkiä. Johdineriste oli tummunut ja osittain jopa sulanut. Myös itse pistorasiakojeessa oli kuumuus sulattanut rakennetta (Kuva 6).



Kuva 6. Keittiön pistorasia

Sähköliedelle puolikiinteän asennuksen kytkentäkotelo on syytä siirtää remontin yhteydessä takaseinään. Nyt kytkentäkotelo ja MMJ 4 x 2,5 on propattu vanhan puulämmitteisen hellan alalaitaan (Kuva 7).



Kuva 7. Sähkölieden pistorasia

### Valaistus

Valaistus on kauttaaltaan liian heikkoa. Joko valopisteitä on liian vähän tai sitten valaisimen teho ei yksinkertaisesti riitä kyseiseen tilaan. Myös valaistuskytkenneiden toteutus on syytä suunnitella uudestaan, sillä nyt talossa on huoneita, joiden läpi joutuu kävelemään pimeässä, koska valo ei ole saanut sammutettua kuin yhdestä kytkimestä. Tehtiin valaistussuunnitelma. Suunnitelmissa oli uusia valaisimet, johdotukset ja kytkimet.

### Lämmitys

Sähköpatterit, sähköllä toimivat lämmönvaraajat sekä takka ovat pitäneet talon tarvittaessa lämpimänä. Puulla lämmitettävä leivinuuni-mallinen, varaava takka sijaitsee olohuoneessa. Olohuoneessa, keittiössä ja eteisessä on paljas puulattia, kun taas makuuhuoneet ovat

päällystetyt kokolattiamatolla. Maton alla on kuitenkin puulattia. Talossa on 2-kerrosikkunat ja painovoimainen ilmanvaihto. Tutkitaan rakennuksen lämpöeristysrakenteita ja laskettiin lämmitystehontarve eri huoneille. Tarvittaessa lisätään lämmitystehoa. Huonekohtainen lämmönsäätö toteutetaan automaattitermostaatein.

## 4 Mitoitus

### 4.1 Liityntäjohto

Saneerattaessa vanhaa sähköasennusta on syytä mitata nykyinen oikosulkuvirta mittausskeskuksen syötöstä. Myös paikallinen verkkoyhtiö on velvoitettu ilmoittamaan  $I_k$  -arvo, ja asiaa voi myös kysyä heiltä. Tätä mittausskeskuksen  $I_k$  -arvoa käytetään mitoituksen lähtökohdana. Oikosulkuvirran pienuus voi joskus teettää lisätoita suunnittelussa.

Liittymän mitoitusta ja suojauksen suunnittelua varten mitattiin ensiksi yksivaiheiset oikosulkuvirrat nykyisiltä päävarokkeilta.

Saatiin seuraavat mittaustulokset:

Vaihe L1,  $I_k = 380$  A

Vaihe L2,  $I_k = 381$  A

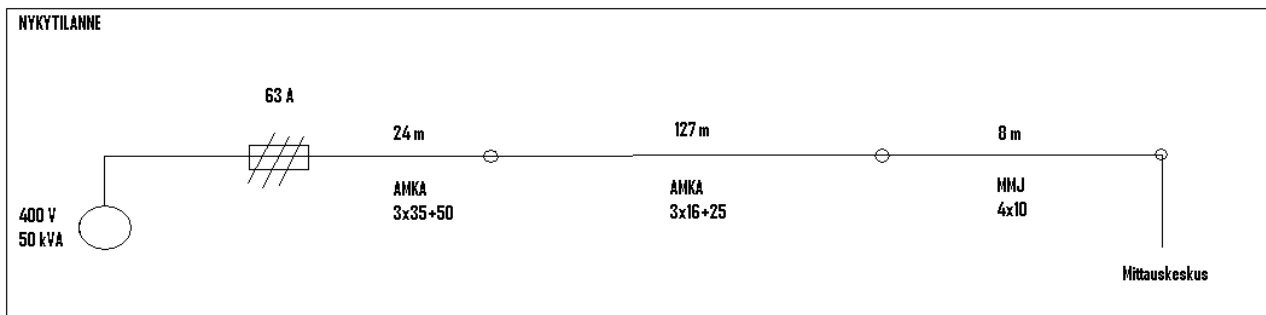
Vaihe L3,  $I_k = 399$  A

Mitaten saadut tulokset täsmäsivät suurin piirtein Imatran Seudun Sähkön ilmoittamaan laskennalliseen yksivaiheiseen oikosulkuvirtaan

$I_{k1} = 356$  A

Tulokset ylittävät reilusti suosituksen vähintään 250 ampeeria pienimmästä yksivaiheisesta oikosulkuvirrasta, joten jakeluverkon erityistä vahvistamista välillä muuntamo-liittymä ei ollut tarpeen miettiä. Seuraavassa on laskien esitetty saneerauksen vaikutus oikosulkuvirtaan suunnitelman mukaan kaapeloituna.

Määritetään verkon kokonaisimpedanssi nykytilanteessa



$$Z_{VERKKO\text{nyky}} = Z_{A35} + Z_{A16} + Z_{MMJ}$$

$$Z_{A35} = (24 + 24)m \cdot \frac{1,089\Omega}{km} = 0,0523\Omega$$

$$Z_{A16} = (127 + 127)m \cdot \frac{2,326\Omega}{km} = 0,5908\Omega$$

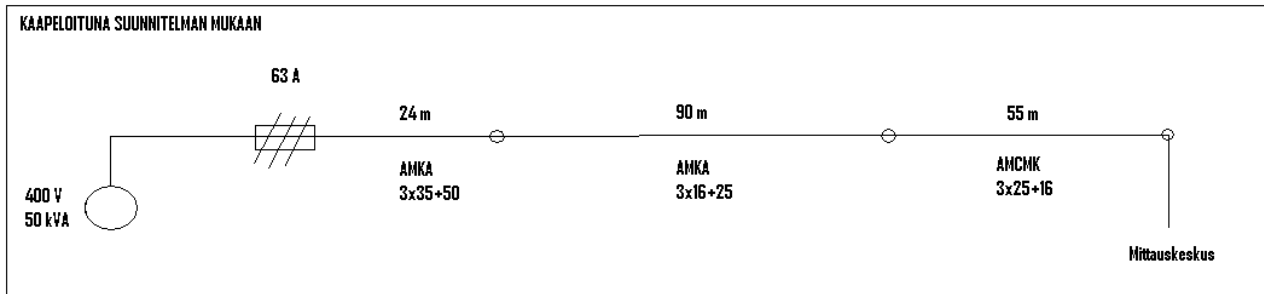
$$Z_{MMJ} = (8 + 8)m \cdot \frac{2,246\Omega}{km} = 0,03594\Omega$$

$$Z_{VERKKO\text{nyky}} = 0,679\Omega$$

Tästä saadaan laskettua oikosulkuvirta mittauskeskukselle

$$I_{kMKnyky} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,679\Omega} = 323,1A$$

Määritetään verkon kokonaisimpedanssi kaapeloituna suunnitelman mukaan



$$Z_{VERKKO uusi} = Z_{A35} + Z_{A16} + Z_{AMC}$$

$$Z_{A35} = (24 + 24)m \cdot \frac{1,089\Omega}{km} = 0,0523\Omega$$

$$Z_{A16} = (90 + 90)m \cdot \frac{2,326\Omega}{km} = 0,4187\Omega$$

$$Z_{AMC} = (55 + 55)m \cdot \frac{1,4\Omega}{km} = 0,154\Omega$$

$$Z_{VERKKO uusi} = 0,625\Omega$$

Tästä saadaan laskettua oikosulkuvirta mittauskeskukselle

$$I_{kMKuusi} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,625\Omega} = 351,0A$$

Huomataan, että vaikka virtareitin pituus kasvaa johtuen esimerkiksi maakaapelin pylvälle



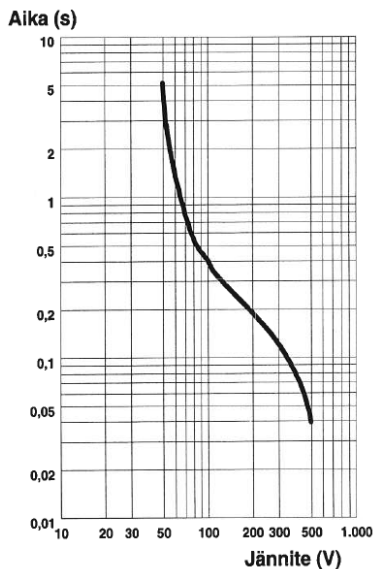
nousun takia, on kaapelin poikkipinnan kasvulla enemmän vaikutusta impedanssiin ja näin ollen myös oikosulkuvirtaan.

Voidaan yleisesti todeta, että mitä enemmän vanhaa AMKA 3x16+25 riippukierrekaapeliliittymä korvataan isompi poikkipintaisella maakaapelilla, tässä tapauksessa AMCMK 3x25+16, johdinpoikkipinnan kasvaessa paranee myös liittymän oikosulkuvirta-arvot.

## 4.2 Suojauksen toteutus

Suojausmenetelmänä käytetään syötön automaattista poiskytkentää. Syötön automaattiseen poiskytkentään perustuvan suojausmenetelmän avulla on tarkoitus estää ihmistä tai kotieläintä joutumasta koskettamaan eristysvian aiheuttamaa vaarallista kosketusjännitettä niin kauan, että siitä aiheutuisi vaaraa. Eristysvian aiheuttama vikavirta ja syntyvä kosketusjännite on poistettava niin nopeasti, ettei se aiheuta vaaraa ihmisille. Suojaukseen tarvitaan suunniteltu vikavirtapiiri ja sopiva suojalaite. Toimiakseen kunnolla suojausmenetelmän on täytettävä seuraavat kaksi ehtoa:

- a) Virtapiirissä on oltava johtava yhteys, suunniteltu vikavirtapiiri, joka mahdollistaa vikavirran kulkemisen. Vikavirtapiirin rakenne riippuu käytetystä maadoitusjärjestelmästä. Tässä tapauksessa käytetty maadoitusjärjestelmä tulee olemaan TN-järjestelmä.
- b) Vikavirta (ja kosketusjännite) on kytkettävä pois sopivalla suojalaitteella. Poiskytkentäaika riippuu eri tekijöistä, kuten kosketusjännitteestä, jonka alaiseksi henkilö tällöin saattaisi joutua, vian todennäköisyydestä ja sen todennäköisyydestä, että henkilö koskettaa laitetta vian aikana. Sallittu kosketusjännite ja sen kestoaika perustuvat tehtyihin tutkimuksiin sähkövirran vaikutuksista ihmiseen. Kuvassa 8.1 on esitetty kosketusjännitteen ja sen sallitun vaikutusajan riippuvuus. (D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 413.1.)



Kuva 8.1. Kosketusjännitteen sallitut vaikutusajat

Enintään 32 A -ryhmäjohdoilla vian täytyy kytkeytyä pois enintään 0,4 sekunnissa. Tätä suuremmilla ryhmäjohdoilla ja kaikilla pääjohdoilla sallitaan enintään 5,0 s vian poiskytkentäaika. Kuvassa 8.2 on esitetty suurimmat sallitut poiskytkentäajat.

Järjestelmä	50 V < $U_0 \leq 120$ V		120 V < $U_0 \leq 230$ V		230 V < $U_0 \leq 400$ V		$U_0 > 400$ V	
	s	s	s	s	s	s	s	s
	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0,8	Huom. 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Huom. 1	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Jos TT-järjestelmässä poiskytkentä saadaan aikaan ylivirtasuojilla ja suojaava potentiaalintasaus on kytketty kaikkiin asennuksen muihin johtaviin osiin, voidaan käyttää TN-järjestelmän poiskytkentäaikoja.

$U_0$  on nimellinen tasa- tai vaihtojännite äärijohtimesta maahan.

Kuva 8.2. Suurimmat sallitut poiskytkentäraajat

Sen lisäksi, että kosketusjännite tulee kytkeä nopeasti pois, vian aikana esiintyvän kosketusjännitteen suuruutta on pyrittävä rajoittamaan. Tämä voidaan tehdä yhdistämällä sähkölaitteen jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat suunnilleen samaan potentiaaliin eli

tekemällä potentiaalintasaus. Suojauksen toimivuuden kannalta on tärkeää, että suojaava potentiaalintasaus on kunnossa SFS 6000-standardin 411.3.1.2 mukaisesti. Myös monet herkät sähkölaitteet toimivat luotettavammin, jos nollauksen asemesta käytetään pääkeskuksesta asti tulevia erillisiä suojajohtimia. Rakennukseen vuonna 1985 tehdyn laajennuksen yhteydessä on tekniseen tilaan tehty potentiaalintasauskisko, johon on kytketty maadoituselektrodin pää. Kiskoon on yhdistetty päämaadoituskisko ryhmäkeskuksesta sekä vesijohdot (Kuva 9). Koska saneerauskohteessa uusitaan sekä johdot että ryhmäkeskus, pitää vaihtosähköjärjestelmissä käyttää lisäsuojana mitoitustoimintavirraltaan enintään 30 mA:n vikavirtasuojaa suojaamaan mitoitusvirraltaan enintään 20 A:n tavanomaisia maallikoiden käyttämiä pistorasioita. (SFS 6000 411.3.3.)



Kuva 9. Potentiaalintasauskisko

SFS 6000-standardin (SFS6000 415.1) mukaan lisäsuojauksena käytettävä vikavirtasuojaus pitää tällä hetkellä laittaa miltei kaikkiin pistorasioihin, poislukien pakastimen ja jääkaapin pistorasiat. Niistä vikavirtasuojaus on syytä jättää pois. Vikavirtasuojakytkimenä on käytettävä toimintavirraltaan enintään 30 mA:n kytkintä. On myös huomioitava, että vikavirtasuojan käyttöä ei hyväksytä yksinomaisena suojausmenetelmänä, eikä se poista tarvetta käyttää jotain standardin SFS 6000-4-411...414 määriteltyä suojausmenetelmää, esimerkiksi edellä mainittua kosketusjännitesuojausta.

Lähtöjen oikosulkusuojauksessa suojaudutaan oikosulkuvirran aiheuttamalta johtimien lämpenemiseltä ja siten palovaaralta. Oikosulkusuojan täytyy kytkeä oikosulku pois, ennen kuin johtimien lämpötila nousee niin suureksi, että johdineristeet sulavat.

Oikosulkusuojaukselle ei ole määritelty yksittäistä poiskytkentäaika, vaan aika riippuu oikosulkuvirran lisäksi johtimien ominaisuuksista (johdinaine ja eriste) sekä poikkipinnasta. (Sähköala.)

Poiskytkentäehtojen tarkastelussa kannattaa ensin selvittää, kuinka laajasti ja missä kohdissa asennusta oikosulkuvirta tulee määrittää. Esimerkiksi yhdessä virtapiirissä riittää oikosulkuvirran määrittäminen suojalaitteesta kauimmaisessa pisteessä. Samoin voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi suojauksen kannalta kaikkein hankalimman virtapiirin arvoja muiden virtapiirien suojauksen toimivuuden selvittämisessä. Oikosulkusuojauksen tarkastelu on työlästä, koska siinä tulee tarkastella kaikkia mahdollisia oikosulkuja eri jännitteisten johtimien välillä sekä johdon loppu- että alkupäässä. Käytännössä oikosulkuvirtaa laskettaessa voidaan tehdä joitain yksinkertaistuksia. Yksivaiheista oikosulkuvirtaa laskettaessa voidaan käyttää kaavaa

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (1)$$

jossa

$I_k$     pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

$c$     on kerroin, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne.

$U$     pääjännite (V)

$Z$     virtapiirin kokonaisimpedanssi

Tällä menetelmällä laskettuna oikosulkuvirran arvon virhe voi olla yleensä korkeintaan 10 prosenttia. Menetelmää voidaan kuitenkin käyttää pienimmän oikosulkuvirran arvioimiseen, koska virheet tapahtuvat aina turvallisempaan suuntaan, eli laskettu oikosulkuvirta on pienempi kuin todellinen. Tärkein yksinkertaistus on se, että osaimpedanssit lasketaan aritmeettisesti yhteen, jolloin todellinen impedanssi on aina laskettua arvoa pienempi ja vikavirta siten suurempi. Johtimen reaktanssi voidaan jättää huomioimatta johtimen poikkipinnan ollessa alle 70 mm<sup>2</sup>. (D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 413.1.)

#### 4.2.1 Nousujohdon ja ryhmäkeskuksen suojaus

Imatran Seudun Sähkön ilmoittaman oikosulkuvirta-arvon avulla saadaan laskettua verkon impedanssiarvo oikosulkutilanteessa kaavalla

$$Z_{VERKKO} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (2)$$

Saadaan

$$Z_{VERKKO} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 356A} = 0,6163\Omega$$

Seuraavaksi on määritettävä ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta  $I_{kRK}$ . Se saadaan selville lisäämällä aiemman verkon impedanssin arvoon mittauskeskuksen ja ryhmäkeskuksen välillä olevan, 15 metriä pitkän MCMK – kaapelin impedanssi. Kyseisen kaapelin impedanssi on 2,19  $\Omega$ /km johdinlämpötilan ollessa 70 astetta. Näin ollen ryhmäkeskuksen impedanssiksi saadaan

$$Z_{RK} = (15 + 15)m \cdot \frac{2,19\Omega}{km} + Z_{VERKKO}$$

$$Z_{RK} = 0,682\Omega$$

ja ryhmäkeskuksen oikosulkuvirraksi

$$I_{kRK} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,682\Omega} = 321,7A$$

Poikkipinta Cu A / mm <sup>2</sup>	Nimellisvirta A	Pienin oikosulkuvirta A (Ik)
1,5	6	60
1,5	10	100
1,5	16	160
1,5	20	200
1,5	25	250
2,5	10	100
2,5	16	160
2,5	20	200
2,5	25	250
4	16	160
4	20	200
4	25	250
4	32	320
6	16	160
6	20	200
6	25	250
6	32	320
6	50	500
6	63	630
10	25	250
10	32	320
10	50	500
10	63	630
16	32	320
16	50	500
16	63	630

Taulukko 1. C-tyyppin johdonsuojakatkaisijan toimintataulukko.

Pääjohdoissa sallitaan 5 sekunnin toiminta-aika. Verrataan ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta-arvoa 321,7 A taulukossa 1 esitettyyn C-tyyppin johdonsuojakatkaisijan toiminta-aikavirtaan 250 A, jolloin huomataan, että suojaus toimii.

#### 4.2.2 Ryhmäjohtojen suojaus

Ryhmäjohtojen automaattisessa poiskytkennässä vaaditaan joko 0,4 s:n tai 5,0 s:n toiminta-aika, riippuen siitä, mitä kuhunkin ryhmään on kytketty. Usein käytännössä täytyy määrittää suurin sallittu johtopituus, kun suojalaitetta edeltävän verkon impedanssi tai oikosulkuvirta on

tunnettu. Sallittu johtopituus voidaan laskea käyttäen kaavaa

$$l = \frac{\left( \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \right) - Z_{RK}}{(2 \cdot z)} \quad (3)$$

jossa

$l$  = johtopituus (km)

$c$  = kerroin 0,95

$U$  = pääjännite (V)

$I_k$  = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

$Z_{RK}$  = impedanssi ennen suojalaitetta

$z$  = suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

Seuraavassa lasketaan  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$  johdotetun pistorasiaryhmän pisin sallittu johtopituus, kun ryhmä on suojattu 16 ampeerin a) B-tyyppin johdonsuojakatkaisijalla b) C-tyyppin johdonsuojakatkaisijalla. Pistorasiaryhmien vaadittu laukaisuaika on 0,4 sekuntia.

a) pienin oikosulkuvirta, jolla B-tyyppin johdonsuojakatkaisin toimii, on 80 ampeeria. (Taulukko 2) Näin ollen suurimmaksi johtopituudeksi saadaan kaavan avulla laskettua

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 80A} \right) - 0,682\Omega}{\left( 2 \cdot 8,770 \frac{\Omega}{\text{km}} \right)} \approx 117m$$

- b) C-tyypin johdonsuojakatkaisin toimii oikosulkuvirran ollessa 160 ampeeria. (Taulukko 2) Näin ollen suurin sallittu johtopituus on

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 160A} \right) - 0,682\Omega}{\left( 2 \cdot 8,770 \frac{\Omega}{km} \right)} \approx 39m$$

Vastaavasti voidaan laskea esimerkiksi 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> johdotetun valaisinryhmän pisimmät sallitut johtopituudet

- a) B-tyypin johdonsuojakatkaisijalla suojattuna

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 50A} \right) - 0,682\Omega}{\left( 2 \cdot 14,62 \frac{\Omega}{km} \right)} \approx 126m$$

- b) C-tyypin johdonsuojakatkaisijalla suojattuna

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 100A} \right) - 0,682\Omega}{\left( 2 \cdot 14,62 \frac{\Omega}{km} \right)} \approx 51m$$

Valaistusryhmille sallitaan 5,0 sekunnin laukaisuaika, mikäli SFS 6002-standardin kohdan 413.1.3.5 ehdot toteutuvat. Muulloin laukaisuaika on oltava 0,4 s myös valaistusryhmillä. Käytettäessä johdonsuojakatkaisijoita 0,4 ja 5,0 sekunnin laukaisuun vaadittu oikosulkuvirta on kuitenkin sama (Taulukko 2).



Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Taulukko 2. B- ja C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat

Pysymällä näiden kullekin poikkipinnalle laskettujen maksimipituuksien alapuolella varmistetaan vikasuojauksen toimivuus kullakin ryhmällä. Ryhmäjohtojen pituus voi tulla rajoittavaksi tekijäksi oikeastaan vain makuuhuoneen pistorasiaryhmällä 13.2. (Liite 11) Suojauksen toiminta voidaan varmistaa vaihtamalla kyseiseen lähtöön b-tyyppin johdonsuojakatkaisija.

Tällä kaavalla on laskettu suojalaitteiden valintataulukot (Liite 4, Liite 5, Liite 6, Liite 7), joista voidaan nähdä sallitut johtopituudet eri suojalaitteille ja eri laukaisuajoilla, kun tunnetaan oikosulkuvirta ennen suojalaitetta. Johtimien impedansseina on käytetty Liitteen 8 taulukon arvoja. (D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista)

## 5 Saneeraussuunnitelma

### 5.1 Työt jakeluverkon puolella

#### 5.1.1 Liityntäjohto ja maakaapelointi

Vanha AMKA -linja päätetään puutarhan pylväälle ja sitä varten asennetaan pääteharus. Maahan kaivetaan uusi syöttökaapeli AMCMK 3x25+16 talon seinään tulevalle uudelle mittauskeskukselle. Suunnitelma on havainnollistettu liitteessä 9. Kaapelinousu pylväälle suojataan metallisella suojaputkella. Suojaputken pään on hyvä olla taivutettu, koska routa voi

liikuttaa maaperää ja kaapelia siten, että kaapelin vaippa vaurioituu suoja-putkea vasten.

Kaapeliksi on valittava maahan asennettavaksi tarkoitettu, mekaanisesti riittävän vahva vaipallinen kaapelityyppi. Yleensä tällaiset kaapelit ovat standardin HD 603 mukaisia nimellisjännitteeltään 0,6/1 kV:n voimakaapeleita. Tässä tapauksessa syöttöjohdoksi valitaan maadoitettavalla metallisella kosketussuojalla, konsentrisella johtimella varustettu kaapelityyppi AMCMK. (SFS 6000 814.2.)

Maahan asennettaessa kaapelit tulee sijoittaa riittävän syväälle tai suojata mekaanisesti erikseen. Asennussyvyys riippuu paikallisista olosuhteista, kuten maan laadusta ja sen routimisesta, maan omistussuhteista ja käyttötarkoituksesta ja esimerkiksi liikenteen määrästä kyseisellä maakaapeliosuudella. Tässä tapauksessa syöttöjohdolle kaivetaan kaapelioja puutarhan poikki. Oja kaivetaan niin, että kaapelin sijoitussyvyudeksi tulee vähintään 0,7 metriä. Avoimesta kaapeliojasta voidaan silmämääräisesti heti havaita ja poistaa mahdolliset isot tai särmiikkäät kivet, jotka voisivat vaurioittaa kaapelin vaippaa. Samoin kaapeliojan täyttömaa pitää putsata teräväreunaisista kivistä. Tarvittaessa kaapeli voidaan suojata joko mekaanisella suojalla, esimerkiksi putkella tai käyttämällä kaapelin ympärillä hienojakoista suojahiekkaa. Maassa olevasta kaapelista tulee varoittaa varoitusnauhalla. Tämä varoitusnauha asennetaan kaapeliojan täyttövaiheessa, noin 0,2 - 0,4 metrin syvyydelle maan pinnasta. (SFS 6000 814.3.)

Kaapeliojaa kaivaessa on syytä ottaa huomioon mahdolliset vesiputket sekä muut maanalaiset johdot, kuten tele- sekä kuitukaapelit. Tiedetään, että kaivolta talolle tuleva muovinen vesiputki kulkee poikittain suunnitellulla sähkökaapelin reitillä, mutta putken asennussyvyys on yli metrin maapinnan alapuolella, joten kaapelioja voidaan kaivaa ja kaapeli asentaa suunnitellulle reitille.

### **5.1.2 Mittauskeskus**

Uudeksi mittauskeskukseksi valitaan Ensto EVEP150-06-2TY. Keskuksessa on vikavirtasuojalla varustetut voimavirtapistorasias sekä kaksi 1-vaiheista pistorasiaa. Keskuksella sisältää myös ylijännitesuojauksen, joka vaaditaan, kun liittymä yhtyy sähköverkkoon AMKA-

linjan kautta.

Pääsulakekokoa on muutettu muutama vuosi sitten 35 A -> 25 A, eikä se näin ollen tarvitse päivitystä. Keskuksen mitat ovat 420 x 870 x 180 mm ja se asennetaan ulkoseinälle. Vanha kreosootti -kyllästeinen pylväs vanhoine mittauskeskuksineen puretaan pois.

## **5.2 Sisäasennukset**

### **5.2.1 Nousujohdon ja ryhmäkeskuksen valinta**

Eteiseen valitaan ryhmäkeskukseksi Enston PESSV165-30 M. Kyseessä on 3-vaiheinen ryhmäkeskus, joka on varustettu johdonsuojakatkaisijalla ja kahdella 4-napaisella 30 mA-vikavirtasuojakytkimellä. Keskuksen mitat ovat 520 x 1100 x 140 mm ja keskus asennetaan pinta-asennuksena samalle seinälle, missä vanhakin keskus oli, mutta uusi keskus tuodaan huomattavasti alemmas, jolloin ryhmäkeskuksella operoiminen, esimerkiksi johdonsuojakatkaisimen tai vikavirtakytkimen ohjaus, onnistuu ilman jakkaralle kiipeilyä. Keskuksen oven saa lukkoon kolmiokara-avaimella.

Nousujohto uusittavalta mittauskeskukselta ryhmäkeskukselta jätetään entiselleen, kaapelina siis MCMK 3x10+10.

### **5.2.2 Johtotiet ja johdotukset**

Käytännön asennusratkaisujen toteutuksissa, kaapelin valinnassa ja asentamisessa on noudatettava valmistajan antamia kaapelin käsittely- ja asennusohjeita. Yleisesti kaapelien ja johtimien tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Kaapelin rakenteen on oltava standardien mukainen tai kaapelin rakenteen on vastattava turvallisuustasoltaan standardeissa vaadittua.
- Kaapelien tai johtimen on oltava nimellisjännitteeltään sopivia siihen järjestelmään, johon se asennetaan.

- Johtimien värien osalta on noudatettava standardin SFS 6000 kohdan 514 vaatimuksia.
- Johtimien poikkipintojen (johtavuuksien) tulee olla riittävän suuria.
- Kaapelin on kestävä asennuspaikkojen ulkoisten tekijöiden vaikutukset. Keskeisiä huomioon otettavia ulkoisia tekijöitä ovat ympäristön lämpötila, vesi ja vieraat kiinteät aineet, korroosiota tai likaantumista aiheuttavat aineet ja mekaaniset vaikutukset. (D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 520.)

Tässä saneeraustyössä johdotukset tehdään pääasiassa pinta-asennuksena seinä- ja kattopinnoille sekä sähkölista-asennuksina. Asennuksissa hyödynnetään osittain vanhoissa rakenteissa jo olemassa olevia reittejä, kuten läpiviennit huoneesta toiseen sekä kattopaneelien saumat.

### **5.2.3 Pistorasiaryhmät**

Pistorasiat ja niiden johdotukset asennetaan uudestaan, TN-S -järjestelmän mukaiseksi. Suko- pistorasiapisteitä lisätään talon joka huoneeseen käyttömukavuuden lisäämiseksi. (Liite 11)

Sähkö-, antenni- ja puhelinpistorasia-yhdistelmäpistorasiat tehdään lista-asennuskotelolla. Kaikki pistorasiat varustetaan vikavirtasuojakytkimillä, lukuun ottamatta pakastimen ja jääkaapin pistorasioita.

### **5.2.4 Valaistus**

Valaistusta suunniteltaessa olivat asukkaiden toiveet tärkeitä. Valaistus päätettiin suunnitella vessaa, saunaa ja pesuhuonetiloja lukuun ottamatta kokonaan uudestaan.

Valaisinpisteet on tarkoitus uusia pinta-asennuksena kattopintaan. Vanhat sokeripala-

liitännäiset lamput korvataan valaisinpistorasiallisiksi valaisinpisteiksi.

Valaistusvoimakkuus kuvaa valolähteen voimakkuutta valaistavalla pinnalla, ja sen yksikkönä käytetään luksia (lx). Valaistusvoimakkuus riippuu muun muassa lampun valovirrasta, valaisimen optisista ominaisuuksista ja etäisyydestä valaistavasta pinnasta. (Lampputieto.)

Yksi luxi on valaistusvoimakkuus, jonka yhden lumenin valovirta antaa tasaisesti jakautuessaan yhden neliömetrin alalle ( $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ ). Mitä kauempana pinta on valolähteestä, sitä pienempi valaistusvoimakkuus on. Valon määrä, joka osuu pintaan, määrittelee esimerkiksi sen, miten helposti nähdään lukea sanomalehteä tai etsiä käsineitä eteisen kaapin pohjalta. Siksi valaistusvoimakkuusarvolle annetaan eri tiloihin käyttötarkoituksen mukaisia suosituksia. (Lampputieto.)

Kotien valaistuksen voimakkuuteen ei ole olemassa standardoituja vaatimuksia eikä suosituksia. Alla esitetyt kodin tilojen valaistusvoimakkuusarvot perustuvat työtilojen valaistussuositukseen sekä näkötehtävien suorittamisen minimivalaistustasoihin yhdistettynä myös energiatehokkuusnäkökulmaan. Luvut ovat lähinnä suuntaa antavia. (Lampputieto.)

#### Eteinen

- Eteisen pystypinnoilla 200 luksia ja lattialla 150 luksia

#### Keittiö

- Keittiön työtasolla noin 300–500 luksia
- Keittiön hyllyjen pystypinnoilla noin 100–200 luksia
- Keittiön ruokailutilan pöydällä säädettävä valaistus 0–500 luksia

Silloin kun pöytää käytetään erityistä näkö tarkkuutta vaativiin toimiin (esimerkiksi askartelu tai ompelu), valaistustasot kannattaa mitoittaa korkealle.

#### Makuuhuone

- Makuuhuoneessa lukemiseen tarkoitettussa paikassa noin 300–500 luksia
- Siivousvalona 30 luksia lattiatasossa
- Vaatehuoneessa valon määrä pystypinnoilla 100–200 luksia

#### Olohuone

- Olohuoneessa lukemiseen tarkoitettussa paikassa noin 300–500 luksia

- Siivousvalona 30 luksia lattiatasossa
- Lisäksi tunnelmavaloa, jonka määrittelyssä valotasot eivät ole tärkeimpiä.
- Säädetty ja useista elementeistä koostuva valaistus antaa mahdollisuuden erilaisten valaistustilanteiden ja tunnelmien luomiseen.

#### Kylpyhuone ja sauna

- Kylpyhuoneessa yleisvalona 50 luksia lattiatasossa
- Lisäksi vaihtoehtoisesti myös tunnelmavaloa, jonka määrittelyssä valotasot eivät ole oleellisia
- Saunassa käytön aikana vain tunnelmavaloa
- Saunassa lisäksi siivousvalona noin 30 luksia lattiatasossa

#### Kodinhoituhuone

- Kodinhoituhuoneen työtasolla noin 300–500 luksia
- Hyllyjen pystypinnoilla noin 100–200 luksia

#### Varastot

- Varastohyllyjen pystypinnoilla noin 100–200 luksia
- Yleisvalona 100 luksia lattiatasossa

Talon valaistuksen suunnittelussa ja toteutuksessa sovelletaan näitä edellä mainittuja arvoja.

#### Olohuone

Valaisinpisteiden sijainti pysyy samana, mutta valaisinpisteet ja valaisimet uusitaan. Olohuoneen valojen ohjaus toteutetaan niin, että molemmilta ovilta pystyy ohjaamaan kumpaa tahansa valaisinryhmistä (Liite 11). Valaisimien väriämpötilan asukkaat toivoivat pysyvän pehmeänä.

#### Makuuhuoneet

Valaisimet uusitaan. Makuuhuoneiden lukuvalot pysyvät jalkalamppu-mallisina irtoversioina, mahdollistaen esimerkiksi sisustuksessa myöhemmin tapahtuvat muutokset.

## Keittiö

Valaisinpisteitä lisätään ja itse valaisimet uusitaan keittiön kaltaisiin työkohteisiin sopiviksi. Keittiön sijainnin ja kulkuväylien takia valot suunnitellaan ohjattavaksi kolmesta eri paikasta kahden vaihtokytkimen ja yhden ristikytkimen avulla. (Liite 11)

### 5.2.5 Lämmitys

Talo on alunparin rakennettu 1910-luvulla. Aikojen saatossa taloon on siis tehty pakostakin useampi remontti, joista ei ole sen kummempia dokumentteja tehty. Korjauksia on varmaankin tehty niin pohjaan / lattiaan, kantaviin rakenteisiin, väliseinärakenteisiin, julkisivuun, kattoon ja niin edelleen. Eri aikoina käytettyjä rakentamistapoja ja vaatimuksia niin rakentamisessa kuin sähköasennuksissa tuli vastaan taloa tarkastellessa. Aikaa tuli vietettyä erilaisissa korjaus- ja saneerausrakentamisille pyhitetyissä foorumeissa. Havaintojen ja eri lähdemateriaalien, pääasiassa ST-kortiston kohdan ST 55.01 Sähkölämmityksen mitoitus, avulla tehtiin oletukset esimerkiksi talon eri osien lämmönläpäisykerroimesta. Käyttämäni kortti on laadittu 1998, joten siinä esiintyvien lämmönläpäisykerroin-arvojen voi olettaa olevan paremmat kuin kohteena olevan talon. Luonnollisesti kyseisen kortin arvot ovat selvästi huonommat, mitä nykystandardit vaativat uusille rakennuksille.

Lämmöntarve laskettiin huonekohtaisesti ja tehtiin suunnitelma suoran sähkölämmityksen patterien uusimisesta laskelmien mukaan. Liitteeseen 10 on laskettu kunkin huoneen lämpöhäviöt lämmön johtumisen, ilmanvaihdon ja vuotovirtojen takia.

Talo sijaitsee laskelmissa käytettyjen mitoittavan sisä- ja ulkolämpötilan ilmastoalueella numero kaksi. Talon rakenteiden ja lämmöneristevahvuuksien arvioinnissa oli osittain tehtävä oletuksia, koska rakennuskuvia, saati taso- ja leikkauskuvia, ei ollut enää saatavilla. Laskelmissa käytetyt lämmönläpäisykerroimet eli U-arvot on valittu näiden arvioiden mukaan. Esimerkiksi seinärakenteet on arvioitu tehdyn seuraavalla tavalla, pinnat lueteltuna ulkopuolelta sisäänpäin:

- lautaverhous

- ilmarako
- tuulensuoja
- mineraattivilla
- höyrysulku
- sisäverhous

Eristepaksuudeksi on arvioitu 100 mm, ja näin ollen seinän lämmönläpäisykerroimeksi tulee  $0,42 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

Laskelmista saatiin seuraavat taulukossa 3 (Liite 10) esitetyt tulokset.

Lämmön johtumisesta koituva lämmöntarve  $\Phi_{\text{joht}}$  on yhteensä noin 5500 Wattia.

Ilmanvaihdon lämmöntarvetta määritettäessä otetaan huomioon vuotoilman aiheuttama lämmöntarve  $\Phi_{\text{vuotoiv}}$ . Koska talossa ei ole hallittua, koneellista ilmanvaihtoa, mutta taloa kuitenkin ajoittain tuuletetaan, kerrotaan vuotoilman aiheuttama lämmöntarvearvo puolitoistakertaiseksi. Likimääräiseksi arvoksi saadaan

Lämmityksen tarve,  $IV = 741 \text{ W} \times 1,5 \approx 1100 \text{ W}$

Koko rakennuksen lämmityksen tarpeeksi saadaan  $5500 \text{ W} + 1100 \text{ W} = 6600 \text{ W}$

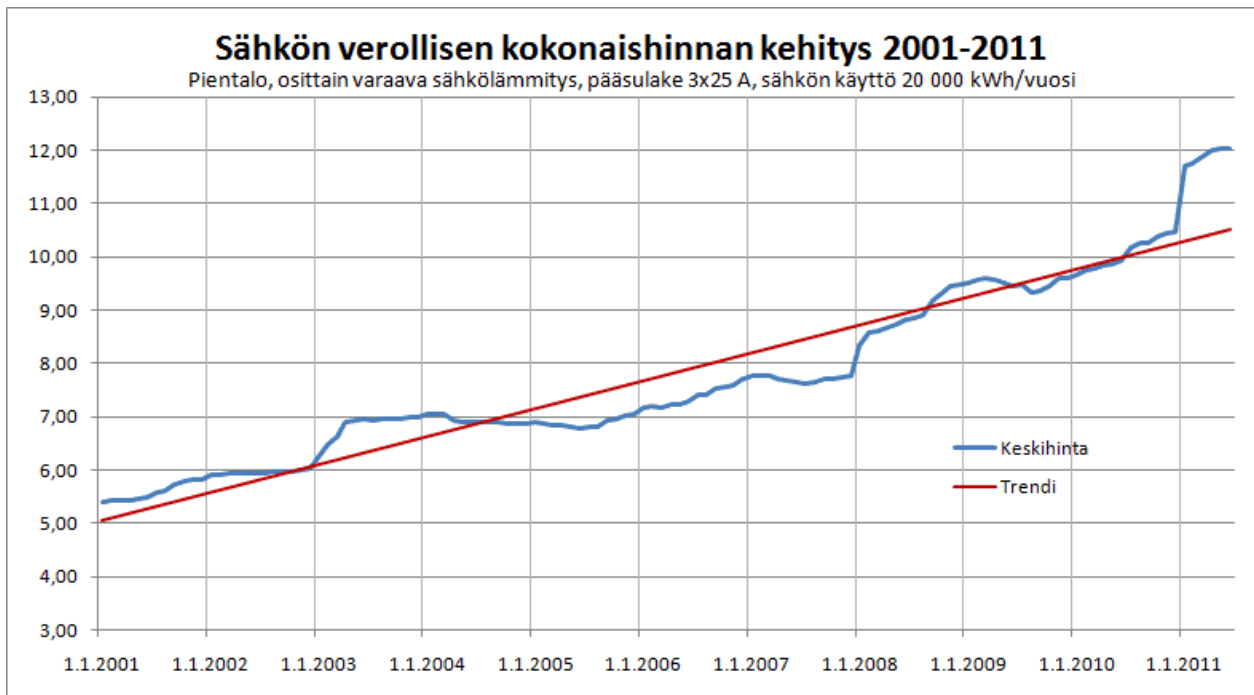
On kuitenkin huomioitava, että vaikeudet arvioida oikeaa lämmönläpäisykerrointa eri rakenteille voi vääristää tulosta huomattavasti. Saatu arvo 6600 Wattia koko rakennuksen lämmöntarpeeksi viittaisi siihen, että taulukkoon 3 oletetut lattian, seinän katon, ikkunan ja oven U-arvot on oletettu liian hyväksi. Lämmöntarvelaskennan perusteella lämmitystä tulisi karsia nykyiseen verrattuna. Näin ei kuitenkaan tehdä, koska lämmitystä ei ole koettu ollenkaan ylimitoitetuksi, vaan sopivaksi. Sähkölämmittimet uusitaan vanhoja lämmitystehoja mukailleen. Sähköpattereiden yhteenlaskettu teho pyritään pitämään lähellä nykyistä kokonaistehoa 9000 W. (Liite 11)



Kuhunkin huoneeseen uusitaan uudet termostaattiset sähköpatterit. Olohuoneen useampaa patteria ohjataan yhdellä termostaatilla. (Liite 11)

Taulukossa 3 on esitetty sähkön verollisen kokonaishinnan kehitys vuodesta 2001 vuoteen 2011. Lämmityksen toteuttamisen suoralla sähkölämmityksellä käydessä jatkuvasti kalliimmaksi, on syytä harkita asentaa ilmalämpöpumppu, joka toimii oikein käytettynä ja asennettuna hyvänä suoran sähkölämmityksen täydentäjänä yhdessä takan kanssa. Ilmalämpöpumppuyksikkö olisi käytännössä asennettava olohuoneeseen. Ilmalämpöpumppua varten varataan olohuoneen nurkkaukseen pistorasiapaikka. Myös ryhmäkeskukseen jää vikavirtasuojalla varustettu katkaisin ilmalämpöpumppua varten. (Liite 12)

Lämmityksen toteuttamista muilla lämmitystavoilla, kuten maalämpöjärjestelmällä, ei tällä hetkellä lähdetä toteuttamaan, sillä talon ollessa vain osittaisessa viikonloppukäytössä, ja talvisin pidettäessä pohjalämpönä noin 15 °C, jäävät suoran sähkölämmityksen kokonaiskustannukset hieman tavanomaista asumiskäytön kulutuksen kustannuksia pienemmiksi. Maalämpöpumpun hinta määrittää osan maalämpöremontin kokonaiskustannuksista (kokonaiskustannus sisältää porauksen, kytkennät ja maalämpöpumpun sekä asennustyöt), jotka pyörivät 12 000 ja 17 000 euron välillä, mutta vain olettaen, että talossa on olemassa vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, kuten patterit tai lattialämmitys, ja kyse on normaalikokoisesta rakennuksesta. Parhaiten maalämmön rinnalle sopii lattialämmitys, joka on valettu betoniin, joten rakennusvaiheessa olevaan taloon kyseisen järjestelmän laittaminen on yksinkertaisempaa kuin valmiiseen taloon. (Geodrill.) Koska talossa ei ole vesikiertoista järjestelmää, tulisi talon lämmitysjärjestelmän laajamittaisesta remontista huomattavia lisäkuluja.



Taulukko 3. Sähkön verollisen kokonaishinnan kehitys 2001-2011

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyöprosessini pääsi käyntiin syksyllä 2012, jolloin keksin aiheeksi talon sähkösaneeraussuunnitelman tekemisen. Työ alkoi talon sähköasennusten nykytilan kartoittamisella, jossa ilmeni monta korjauksen tarpeessa olevaa kohdetta. Haastavuutta työhön toi vanhojen asennusten sähkökuvien ja dokumenttien puute. Käytännössä oli itse pohdittava, minkä aikaisia asennuksia talossa on ja mitä asennustapoja niissä on käytetty. Työssä tuli tutustuttua vanhoihin asennustapoihin ja niiden poikkeavuuksiin nykyvaatimuksiin nähden. Työn tärkein tavoite oli suunnitella taloon TN-S – sähköjärjestelmä ja lisätä näin talon sähköturvallisuutta. Muutoksia tehtiin samalla myös pistorasioiden sijoitteluun, valaistuksen määrään ja niiden ohjauskytkentöihin.

Työssä suunniteltiin myös lämmityksen uusinta. Tämä vaati erityistä tutustumista talon rakenteisiin, eri rakenteiden lämmönläpäisykertoimiin ja rakennusmääräyskokoelman määräyksiin. Lämmitystehontarpeen määrittäminen osoittautui todella vaikeaksi. Laskuissa käytettyjä eri arvoja jouduttiin olettamaan niin paljon, että lasketut lämmitystehontarvearvot jäivät matalimmiksi, mitä nykyiset lämmittimet ovat teholtaan. Sähköpatterit päätettiin uusia saman tehoisina.

Mahdollisena jatkotutkimuksen aiheena kohteessa pitäisin energiatehokkuuden parantamista.

Opinnäytetyöni tuloksena valmistui talon sähkösaneeraussuunnitelma.

## **Kuvat**

Kuva 1. Sähkönsyöttö talolle, nykytilanne, s. 8

Kuva 2. Maadoitettu pistorasia vessassa, s. 9

Kuva 3. Ylijännitesuojaus omakotitalon pääkeskukselle, (OBO Bettermann), s. 10

Kuva 4. Sähkönsyöttö talolle, tavoitetilanne, s. 11

Kuva 5. Vanha ryhmäkeskus katon rajassa, s. 12

Kuva 6. Keittiön pistorasia, s. 12

Kuva 7. Sähkölieden pistorasia, s. 13

Kuva 8.1. Kosketusjännitteen sallitut vaikutusajat, s. 18

Kuva 8.2. Suurimmat sallitut poiskytkentäraajat, s. 18

Kuva 9. Potentiaalintasauskisko, s. 19

## **Taulukot**

Taulukko 1. C-tyyppin johdonsuojakatkaisijan toimintataulukko, s. 22

Taulukko 2. B- ja C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat, s. 25

Taulukko 3. Sähkön verollisen kokonaishinnan kehitys 2001-2011, s. 34

## Lähteet

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2007. SFS Käsikirja 600 pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Helsinki

SFS 6000 Standardisarja

Sähköturvallisuusmääräykset

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2006. D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy

[www.lampputieto.fi](http://www.lampputieto.fi)

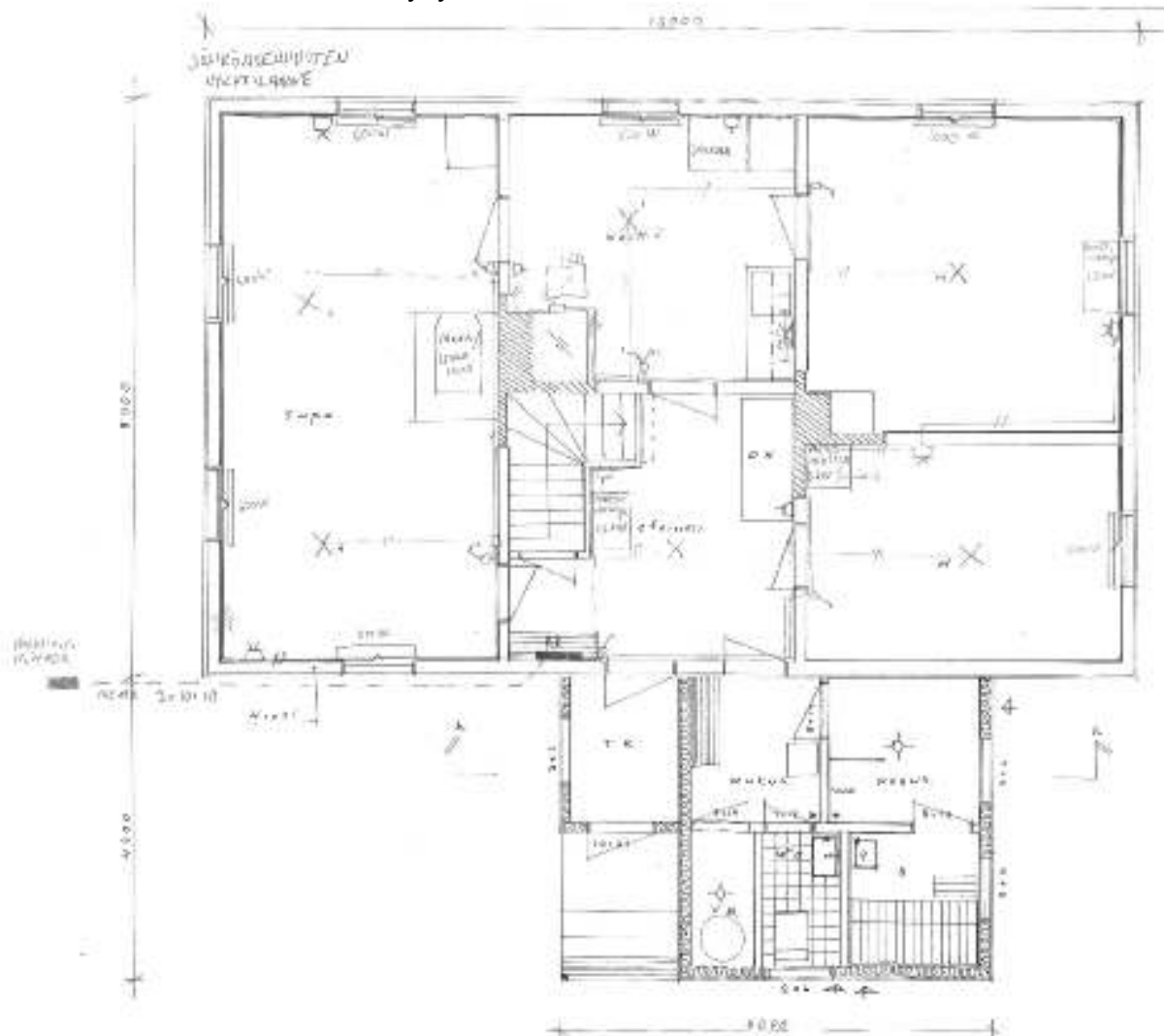
[http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/sahkoteknikka/fi\\_FI/vika-ja\\_oikosulkusuojaus](http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/sahkoteknikka/fi_FI/vika-ja_oikosulkusuojaus). Luettu 10.2.2013

[http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/sahkoinfo-lehti/s\\_turvateknikka/fi\\_FI/salama\\_ja\\_ylijannitesuojaus/](http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/sahkoinfo-lehti/s_turvateknikka/fi_FI/salama_ja_ylijannitesuojaus/). Luettu 10.4.2013

OBO Bettemann

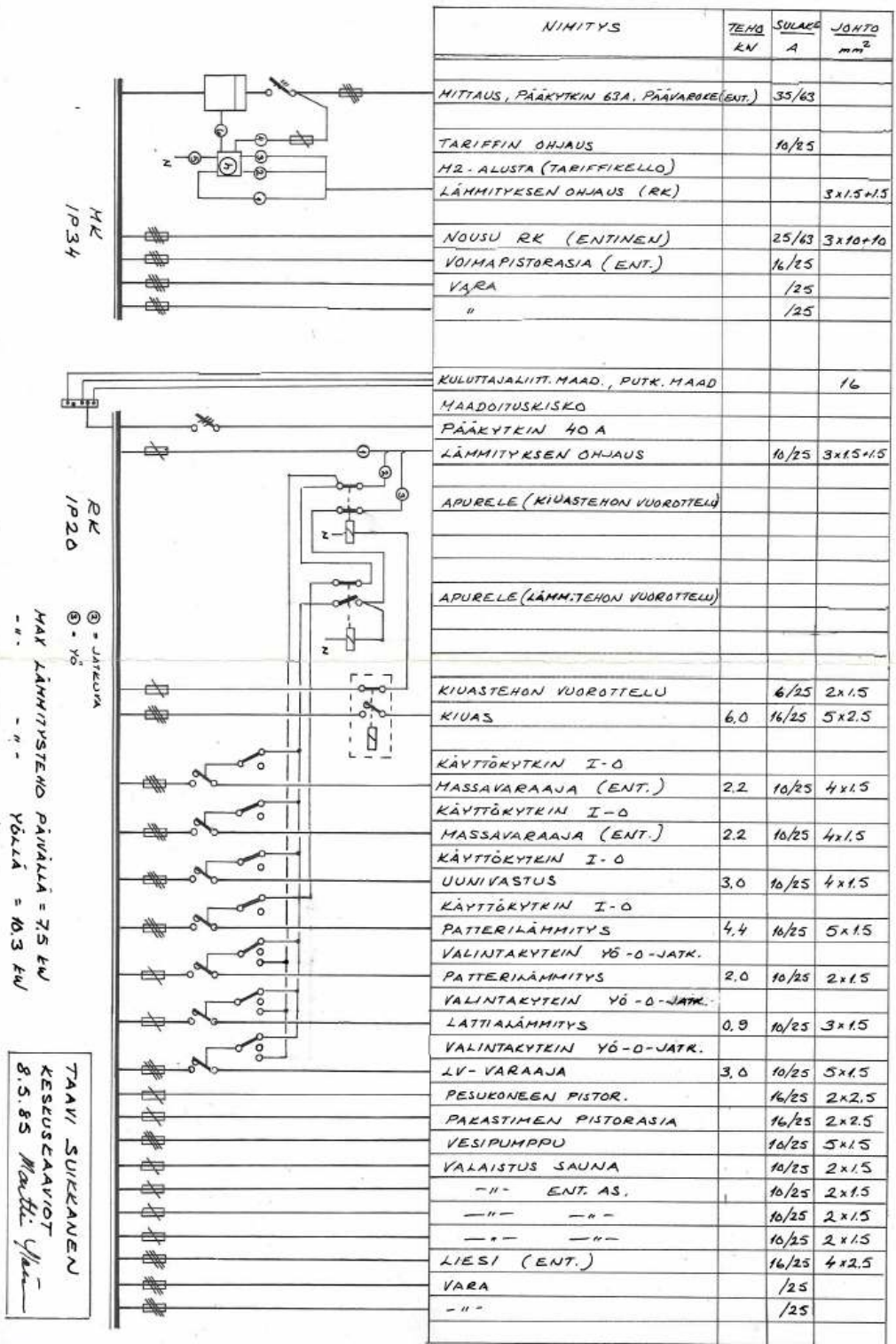
<http://www.geodrill.fi/maalampopumpun-hinta>. Luettu 14.4.2013

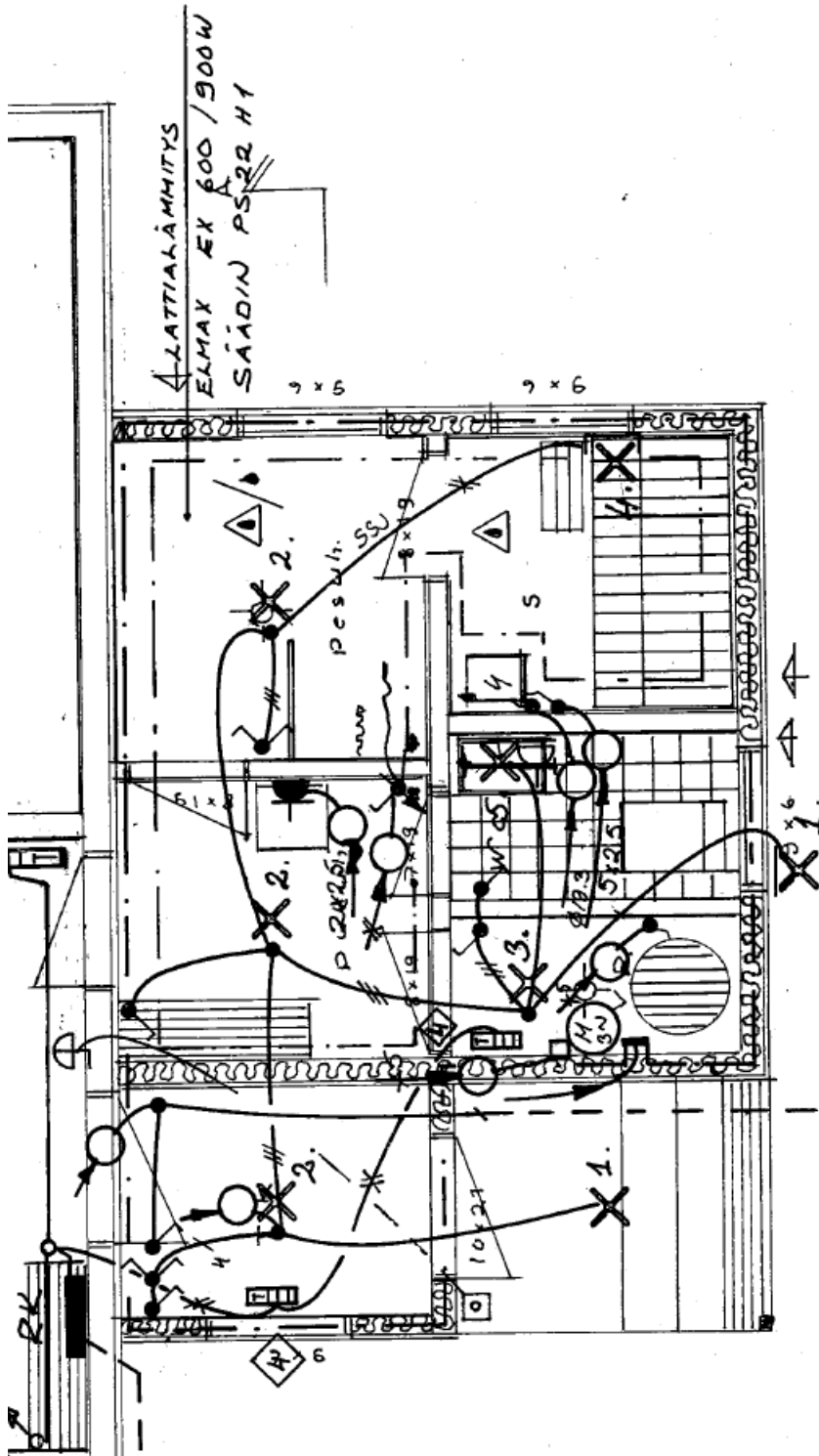
LIITE 1 Sähköasennusten nykytilanne



LIITE 2

Vanha keskuskaavio







LIITE 4 gG sulakkeen 0,4s toimintataulukko

Poikki- pinta Cu	Nimel- lilvirta A	Pienin oiko- sulku- virta A	Suurin johtopituus (m), kun impedanssi ennen suojalaitetta on seuraava (mΩ) (vastaava oikosulkuvirta A suluissa)							
			10 (22000)	100 (2200)	300 (730)	500 (440)	1000 (220)	1500 (146)	2000 (110)	3000 (73)
1,5	6	46,5	161	157	151	144	127	110	92	58
1,5	10	82	91	88	81	74	57	40	23	-
1,5	16	110	67	64	57	51	34	16	-	-
1,5	20	145	51	48	41	34	17	-	-	-
2,5	10	82	151	146	135	124	95	67	38	-
2,5	16	110	113	108	96	85	56	28	-	-
2,5	20	145	85	80	69	57	29	-	-	-
2,5	25	180	68	63	52	40	12	-	-	-
4	16	110	181	172	154	136	90	45	-	-
4	20	145	137	128	110	92	46	1	-	-
4	25	180	110	102	83	65	19	-	-	-
4	32	270	73	65	46	28	-	-	-	-
6	16	110	271	258	231	204	135	67	-	-
6	20	145	205	193	165	138	70	1	-	-
6	25	180	165	152	125	98	29	-	-	-
6	32	270	109	97	70	42	-	-	-	-
6	50	470	62	50	22	-	-	-	-	-
6	63	550	53	40	13	-	-	-	-	-
10	25	180	269	249	204	160	48	-	-	-
10	32	270	178	158	114	69	-	-	-	-
10	50	470	101	81	37	-	-	-	-	-
10	63	550	86	66	22	-	-	-	-	-
10	80	840	55	35	-	-	-	-	-	-
16	32	270	282	251	180	110	-	-	-	-
16	50	470	161	129	58	-	-	-	-	-
16	63	550	137	105	34	-	-	-	-	-
16	80	840	88	56	-	-	-	-	-	-
16	125	1450	49	18	-	-	-	-	-	-

Taulukko 4. Suurimmat johtopituudet käytettäessä kosketusjännitesuojaukseen automaattista poiskytkentää, joka toteutetaan gG-tyyppin sulakkeilla vaaditun poiskytkentäajan ollessa korkeintaan 0,4 s.

LIITE 5 gG sulakkeen 5,0s toimintataulukko

Poikki- pinta Cu  A/mm <sup>2</sup>	Nimel- lisivirta  A	Pienin oikosul- kuvirta  A    <sub>κ</sub> =	Suurin johtopituus (m), kun impedanssi ennen suojalaitetta on seuraava (mΩ) (vastaava oikosulkuvirta A suluissa)							
			10 (22000)	100 (2200)	300 (730)	500 (440)	1000 (220)	1500 (146)	2000 (110)	3000 (73)
1,5	6	28	267	264	257	250	233	216	199	165
1,5	10	46,5	161	157	151	144	127	110	92	58
1,5	16	65	115	112	105	98	81	64	47	12
1,5	20	85	87	84	78	71	54	36	19	-
2,5	10	46,5	268	263	251	240	211	183	154	97
2,5	16	65	191	186	175	163	135	106	78	21
2,5	20	85	146	141	130	118	90	61	33	-
2,5	25	110	113	108	96	85	56	28	-	-
4	16	65	307	298	280	262	216	171	125	34
4	20	85	234	226	208	189	144	98	53	-
4	25	110	181	172	154	136	90	45	-	-
4	35	165	132	124	106	87	42	-	-	-
6	16	65	459	447	420	392	324	256	187	51
6	20	85	351	338	311	284	215	147	79	-
6	25	110	271	258	231	204	135	67	-	-
6	35	165	198	186	158	131	63	-	-	-
6	50	250	118	106	78	51	-	-	-	-
6	63	320	92	80	52	25	-	-	-	-
10	25	110	441	421	377	332	221	110	-	-
10	35	165	323	303	258	214	102	-	-	-
10	50	250	193	173	128	84	-	-	-	-
10	63	320	150	130	85	41	-	-	-	-
10	80	425	112	92	48	3	-	-	-	-
16	35	165	512	480	409	339	163	-	-	-
16	50	250	305	274	203	133	-	-	-	-
16	63	320	238	206	135	65	-	-	-	-
16	80	425	178	146	76	5	-	-	-	-
16	125	715	104	72	2	-	-	-	-	-

Taulukko 5. Suurimmat johtopituudet käytettäessä kosketusjännitesuojaukseen automaattista poiskytkentää, joka toteutetaan gG-tyypin sulakkeilla vaaditun poiskytkentäajan ollessa korkeintaan 5,0 s.

## LIITE 6

## B-tyyppin johdonsuojakatkaisin toimintataulukko

Poikki- pinta Cu  A/mm <sup>2</sup>	Nimel- lilivirta  A	Pienin oikosul- kuvirta  A  $I_{k=}$	Suurin johtopituus (m), kun impedanssi ennen suojaaluetta on seuraava (mΩ) (vastaava oikosulkuvirta A sulussa)							
			10 (22000)	100 (2200)	300 (730)	500 (440)	1000 (220)	1500 (146)	2000 (110)	3000 (73)
1,5	6	30	249	246	239	233	215	198	181	147
1,5	10	50	149	146	139	132	115	98	81	47
1,5	16	80	93	90	83	76	59	42	25	-
1,5	20	100	74	71	64	57	40	23	6	-
1,5	25	125	59	56	49	42	25	8	-	-
2,5	10	50	249	244	233	221	193	164	136	79
2,5	16	80	155	150	139	128	99	70	42	-
2,5	20	100	124	119	108	96	68	39	11	-
2,5	25	125	99	94	83	71	43	14	-	-
4	16	80	249	241	223	204	159	113	67	-
4	20	100	199	191	173	154	109	63	17	-
4	25	125	159	151	132	114	69	23	-	-
4	32	160	124	116	97	79	33	-	-	-
6	16	80	373	361	334	306	238	170	101	-
6	20	100	298	286	259	231	163	95	26	-
6	25	125	238	226	199	171	103	35	-	-
6	32	160	186	173	146	119	50	-	-	-
6	50	250	118	106	79	51	-	-	-	-
6	63	315	93	81	54	26	-	-	-	-
10	25	125	388	368	324	279	168	57	-	-
10	32	160	303	283	238	194	82	-	-	-
10	50	250	193	173	128	84	-	-	-	-
10	63	315	152	132	88	43	-	-	-	-
16	32	160	480	448	378	307	131	-	-	-
16	50	250	306	274	203	133	-	-	-	-
16	63	315	242	210	140	69	-	-	-	-

Taulukko 6. Suurimmat johtopituudet käytettäessä kosketusjännitesuojaukseen automaattista poiskytkentää, joka toteutetaan B-tyyppin johdonsuojakatkaisijoilla. Pituudet pätevät sekä poiskytkentäaikaan 0,4 s että 5,0 s.

LIITE 7 C-tyypin johdonsuojakatkaisin toimintataulukko

Poikki- pinta Cu  A/mm <sup>2</sup>	Nimel- lilvirta  A	Pienin oikosul- kuvirta  A	Suurin johtopituus (m), kun impedanssi ennen suojaalaitetta on seuraava (mΩ) (vastaava oikosulkuvirta A suluissa)							
			10 (22000)	100 (2200)	300	500	1000	1500 (146)	2000	3000
1,5	6	60	124	121	114	107	90	73	56	22
1,5	10	100	74	71	64	57	40	23	6	-
1,5	16	160	46	43	36	29	12	-	-	-
1,5	20	200	37	34	27	20	3	-	-	-
1,5	25	250	29	26	18	12	-	-	-	-
2,5	10	100	124	119	107	96	68	39	11	-
2,5	16	160	77	72	61	49	21	-	-	-
2,5	20	200	61	56	45	34	5	-	-	-
2,5	25	250	49	44	32	21	-	-	-	-
4	16	160	124	115	97	79	33	-	-	-
4	20	200	99	90	72	54	8	-	-	-
4	25	250	79	70	52	34	-	-	-	-
4	32	320	61	53	35	16	-	-	-	-
6	16	160	185	173	146	119	50	-	-	-
6	20	200	148	136	108	81	13	-	-	-
6	25	250	118	106	78	51	-	-	-	-
6	32	320	92	80	52	25	-	-	-	-
6	50	500	58	46	18	-	-	-	-	-
6	63	630	46	33	6	-	-	-	-	-
10	25	250	193	173	128	84	-	-	-	-
10	32	320	150	130	85	37	-	-	-	-
10	50	500	95	75	30	-	-	-	-	-
10	63	630	75	55	10	-	-	-	-	-
16	32	320	238	206	135	65	-	-	-	-
16	50	500	151	119	48	-	-	-	-	-
16	63	630	119	87	17	-	-	-	-	-

Taulukko 7. Suurimmat johtopituudet käytettäessä kosketusjännitesuojaukseen automaattista poiskytkentää, joka toteutetaan C-tyypin johdonsuojakatkaisijoilla. Pituudet pätevät sekä poiskytkentäaikaan 0,4 s että 5,0 s.

LIITE 8 Kaapelien impedanssit

Johtimien poikkipinta A/mm <sup>2</sup>	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi X	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

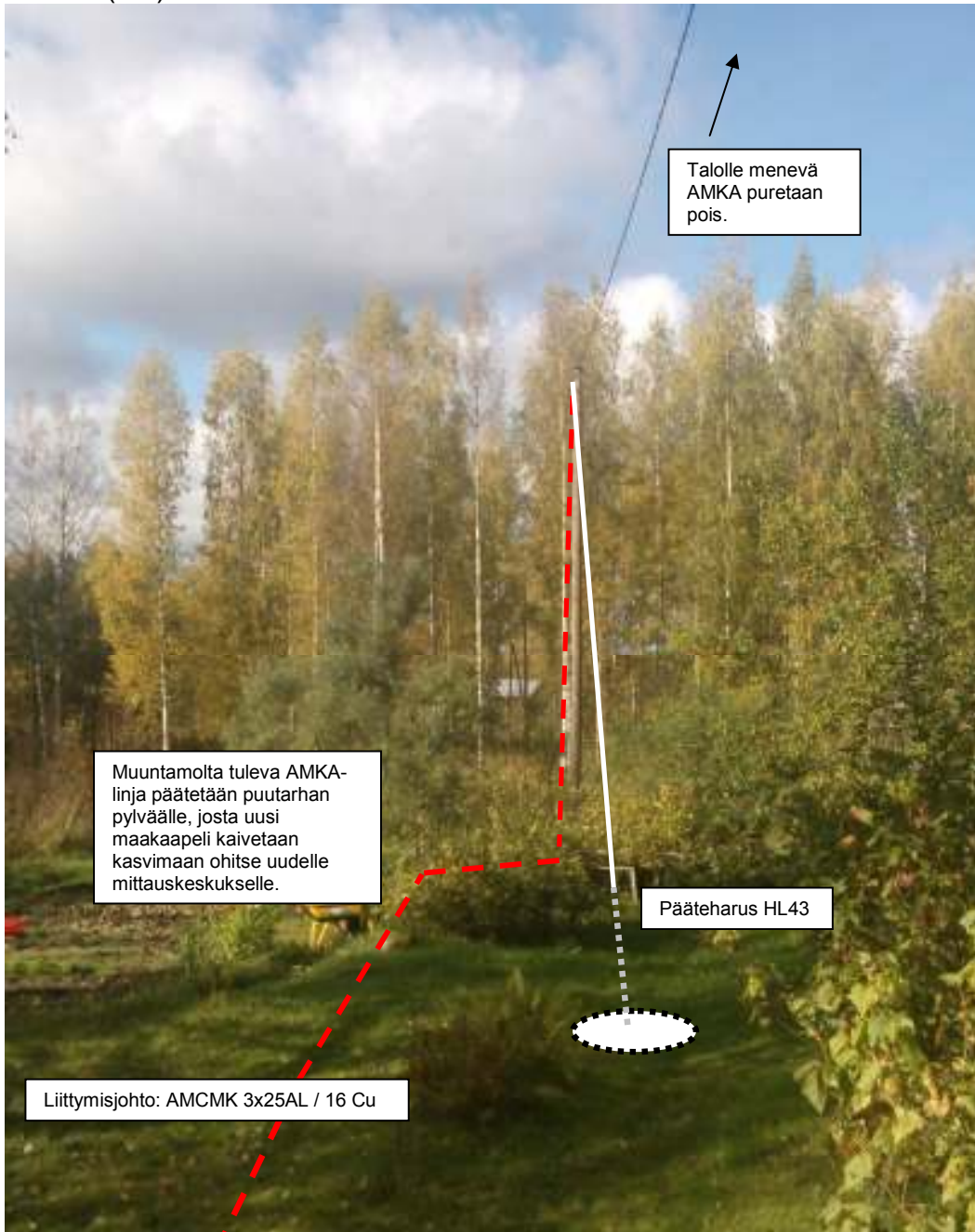
Taulukko 8. Kaapeleiden impedanssit ( $\Omega$ /km) johdinlämpötilassa 80 °C.

# LIITE 9 (1/5) Kaapelointi työkartta



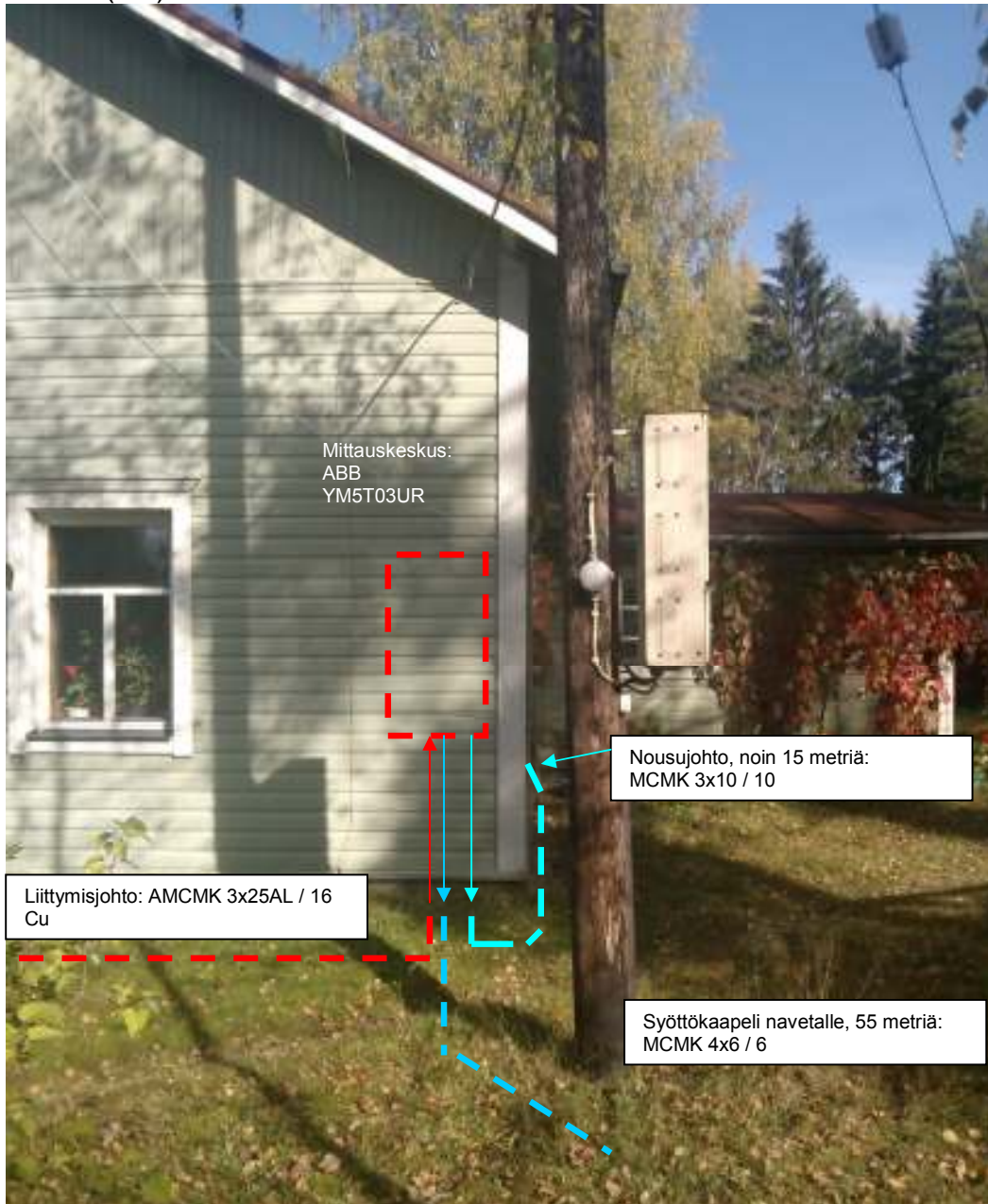


LIITE 9 (2/5)



Työpiste 1.

LIITE 9 (3/5)



Työpiste 2: Uusi mittauskeskus asennetaan seinään, vanha puretaan pylväineen pois.



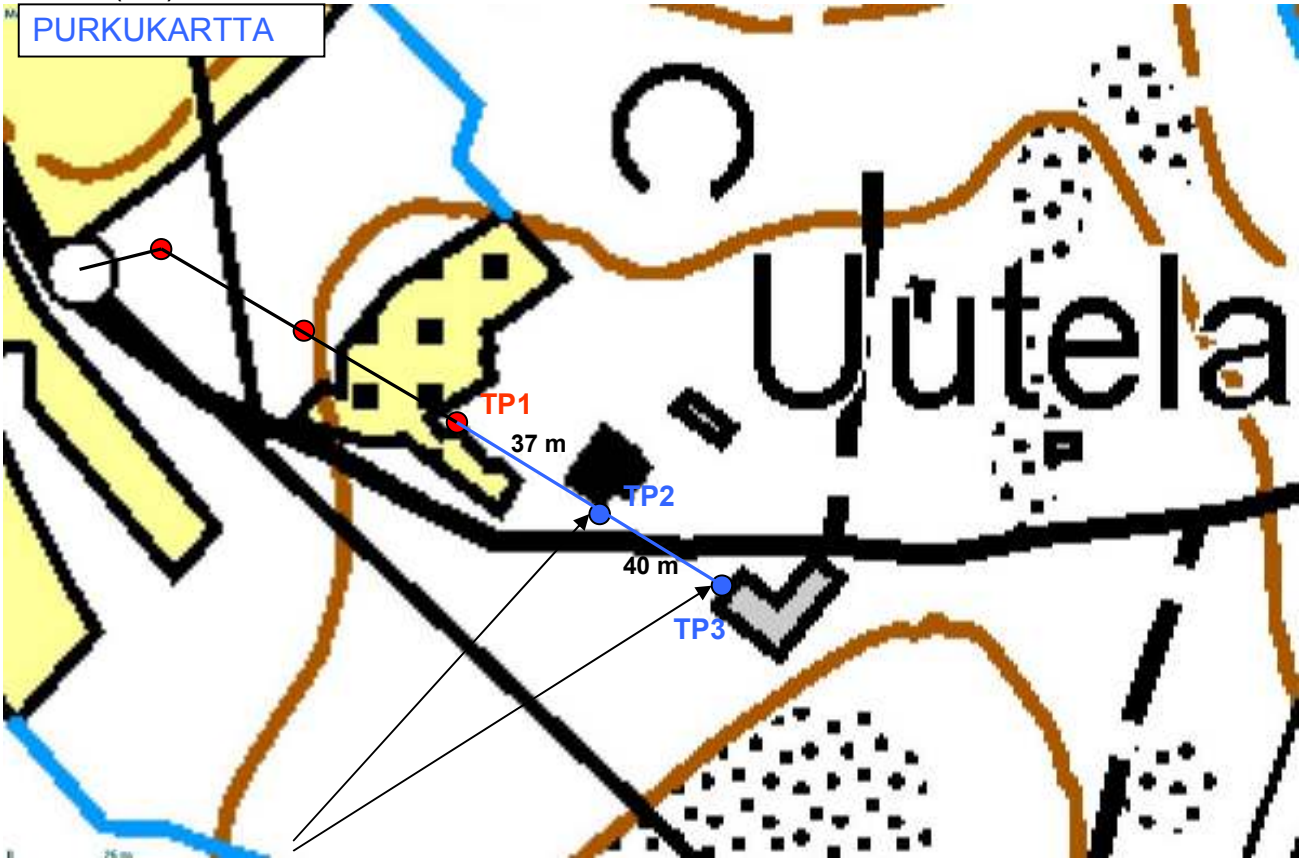
LIITE 9 (4/5)



Työpiste 3.

LIITE 9 (5/5)

PURKUKARTTA



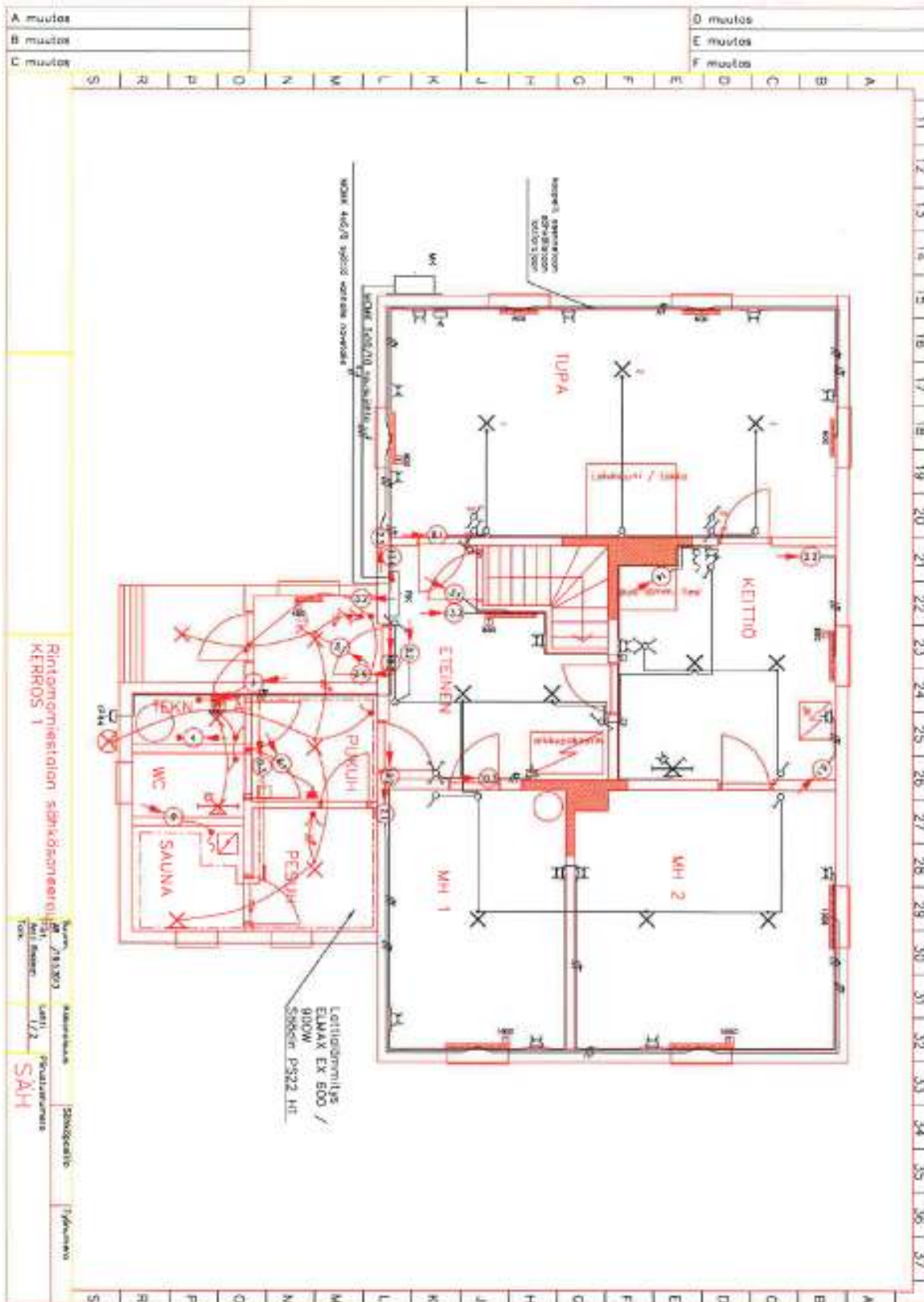
Puretaan kaksi pylvästä sekä noin 80 metriä AMKAA.

Lämmöntarvetaulukko

	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä	Vaihtojärjestelmä
	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6	U-7	U-8	U-9	U-10	U-11	U-12	U-13	U-14	U-15	U-16	U-17	U-18	U-19	U-20	U-21	U-22	U-23	U-24
Yhteiskokona	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
U-1																								
U-2																								
U-3																								
U-4																								
U-5																								
U-6																								
U-7																								
U-8																								
U-9																								
U-10																								
U-11																								
U-12																								
U-13																								
U-14																								
U-15																								
U-16																								
U-17																								
U-18																								
U-19																								
U-20																								
U-21																								
U-22																								
U-23																								
U-24																								
U-25																								
U-26																								
U-27																								
U-28																								
U-29																								
U-30																								
U-31																								
U-32																								
U-33																								
U-34																								
U-35																								
U-36																								
U-37																								
U-38																								
U-39																								
U-40																								
U-41																								
U-42																								
U-43																								
U-44																								
U-45																								
U-46																								
U-47																								
U-48																								
U-49																								
U-50																								
U-51																								
U-52																								
U-53																								
U-54																								
U-55																								
U-56																								
U-57																								
U-58																								
U-59																								
U-60																								

Taulukko 9. Lämmöntarvetaulukko.

LIITE 11 Sähköpiirustus: 1. KERROS



Rintamiesasiantuntijan sähkösuunnitelma  
KERROS 1

Nimi: 213303  
Malli: 173  
SÄH  
Aikavälitys: Suunnittelu  
Sähkösuunnitelma  
Tyyppi: Suunnitelma

# LIITE 12 Sähköpiirustus: 2. KERROS

