

Jan Viitala

**Rintamamiestalon sähköseuraus ja omatuotantosähkön syöttö
sisäjohtoverkkoon**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2017**

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2017	Tekijä/tekijät Jan Viitala
Koulutusohjelma Sähkötekniikka		
Työn nimi Rintamamiestalon sähkö saneeraus ja omatuotantosähkön syöttö sisäjohtoverkoon		
Työn ohjaaja Kaarlo Jylhä-Ollila	Sivumäärä 57 + 3	
Työelämäohjaaja		
<p>Opinnäytetyössä tarkastellaan miten käytännössä toteutetaan sähkö saneeraus rintamamiestalotyyppiseen kohteeseen. Opinnäytetyössä kerrotaan mitä erikoispiirteitä rintamamiestalo pitää sisällään, työtä valmisteltaessa ja suorituksen aikana. Omatuotantosähkön käyttöön esitellään muutama idea, jotka ovat helposti toteutettavissa, keskuksen syöttöjen järjestelyn avulla.</p> <p>Opinnäytetyö voi toimia ohjeena ammattihenkilölle, joka kohtaa työssään vastaavan kohteen. Sähkölaitteiden kierrättäminen on myös tietyin rajoituksin mahdollista. Tässä tapauksessa jakokeskus on hankittu käytettynä ja sitä täydennetään tarpeita vastaavaksi.</p> <p>Maallikolle ohjeen lukeminen avaa sen mitä muutostyö pitää sisällään, mitä ennakovalmisteluja voi tehdä itse työn nopeuttamiseksi ja mihin aika työn suorituksessa kuluu.</p>		
Asiasanat Sähkö saneeraus, sähköasennustyö, sähkön pientuotanto		

Centria University of Applied Sciences	Date May 2017	Author Jan Viitala
Degree programme Electrical engineering		
Name of thesis Electricity renovation of the wooden house and supply of self-supplying electricity to the inner conduit		
Instructor		Pages 57 + 3
Supervisor Kaarlo Jylhä-Ollila		
<p>This thesis deals with the electrical renovation of a wooden house from the 1950's. The electricity distribution and the electrical equipment at that time are described.</p> <p>The installation process based on electrical design of today's requirements is shown. Possibilities for installing small-scale electric power generation units are also described.</p> <p>This thesis can be utilized by professionals as well as homeowners. It helps in making project plans for the same kind of renovation projects.</p>		
Key words Electrical Renovation, electrical installation, small-scale electric power generation		

LYHENTEET

MMJ	Yleisin sähköasennusjohto
MPLM	Pinta-asennuksiin tarkoitettu sähköasennusjohto
MCMK	Maakaapeli
ML	Sähköasennusjohdin
PK	Pääkeskus
JK	Jakokeskus
RK	Ryhmäkeskus
MEB	Päämaadoituskisko
SEB	Lisämaadoituskisko
RF	Radiotaajuinen signaali
PVC	MMJ-kaapelin eristemateriaali
CADS	Arkkitehti ja talotekniikka suunnitteluohjelmisto
Laukaisukäyrä	Johdonsuojakatkaisimen selektiivisyyden määrittävä suure
DIN-kisko	Komponentti asennuksiin tarkoitettu asennusrima
VVSK	Vikavirtasuojakytkin
Arduino	Avoimeen laitteistoon perustuva elektroniikka-alusta/micro-ohjain ja ohjelmointiympäristö

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
LYHENTEET
SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
2 KOHTEEN PERUSTIEDOT JA TAUSTATIETOJA.....	3
2.1 Päärakennuksen tiedot.....	3
2.2 Lämmitysmuoto ja energiankulutus.....	4
2.3 Rakennuksien järjestelmien tila ja jatkosuunnitelmat.....	4
3. SÄHKÖKESKUKSET JA LIITTYMÄKAAPELI.....	6
3.1 Liittymä ja mittarikeskus.....	6
3.2 Nousujohto ja ryhmäkeskus.....	8
3.3 Uuden ja vanhan keskuksen ja ryhmälähtöjen erot.....	9
4. MAADOITUKSET.....	11
4.1 Yhteenveto maadoituksista.....	11
4.1.1 Sähköturvallisuusmaa, ennen ja nykyään.....	11
4.1.2 Ukkossuojaus ja sähkölaitteiden suojaus.....	11
4.1.3 RF-maa.....	12
4.2 Potentiaalintasaus.....	13
4.3 Käytännön toteutus maadoituksessa.....	13
5. JOHDOT JA JOHTIMET.....	15
5.1 Yleistä kaapeleista	15
5.2 Kaapelien mitoitus	16
5.3 Muiden sähkökaapeleiden mitoitus omakotitaloissa.....	19
6 TULPPASULAKKEET JA JOHDONSUOJAKATKAISIMET.....	20
6.1 Tulppasulake.....	20
6.2 Johdonsuojakatkaisija.....	23
6.3 Vikavirtasuojakytkin.....	25
.....	26
7. PIENTALOON SOVELTUVAT SÄHKÖNTUOTANTOLAITTEISTO.....	27
7.1 Aurinkopaneeli.....	28
7.2 Tuulivoimala.....	28
7.3 Vesivoimala.....	29
7.4 Agregaatti.....	29

7.5 Akusto	30
7.6 Oman sähköntuotantojärjestelmän kytkentä käyttöön.....	31
8. MITEN TYÖ ETENEE KÄYTÄNNÖSSÄ RINTAMAMIESTALON SÄHKÖSANEERAUKSESSA.....	32
8.1 Suunnittelu ja kartoitus.....	32
8.2 Keskukset.....	33
8.2.1 Keskuksen irrotus.....	33
8.2.2 Uuden ryhmäkeskuksen asennus.....	34
8.2.3 Keskuksen viimeistely.....	36
8.3 Johtojen ja kalusteiden vaihto.....	37
8.4 Mittaukset.....	40
9. OMAN SÄHKÖNTUOTANNON KYTKEMINEN SISÄJOHTOVERKKOON.....	42
9.1 Omatuotantojärjestelmän kuvaus, aurinkovoimala.....	43
9.2 Omatuotantojärjestelmän kuvaus, tuulivoimala.....	47
10. YHTEENVETO.....	51
LÄHTEET.....	
LIITTEET	

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Pääsulakkeen koon vaikutus vaadittavaan oikosulkusirtaan. Taulukko suuntaa antava, nykyisin oikosulkuvirran miniminä pidetään jo 25 ampeerin sulakkeella 250 A.

TAULUKKO 2 Tulppasulakkeiden ja pohjakoskettimien väritunnukset ja varokansien koot

KUVAT

KUVA 1 Vanha pääkeskus ja sen laajennusosa

KUVA 2 Vanhan pääkeskuksen sulakemerkinnät ovat epäselvät, koska käsiala on persoonallinen ja osa merkintälapuista on tummunut. Oikeanpuoleisimmat pystyrivissä olevat sulakkeet ovat vanhat pääsulakkeet.

KUVA 3 Vanha pääkeskus irroitettu, keskuksen alla levyn pala, joka saattaa sisältää asbestia.

KUVA 4 Tyypillinen 70-luvun loppupuolen alumiinivaippainen sähköjohto

KUVA 5 Tyypillisiä sähköjohtimien värejä 60-luvulla

KUVA 6 Tavanomainen näky 50-luvun talossa

KUVA 7 Useimmiten omakotitalon automaattisen poiskytkennän laskentajärjestyksen laskennassa oleva ryhmä on tämän kuvan kaltainen.

KUVA 8 Kuvassa kolme erikokoista tulppasulaketta ja niille sopivat varokepset

KUVA 9 Tulppasulakkeen toiminta-aika suhteessa ylivirtaan.

KUVA 10 Kahvasulakkeen oikosulkurajoitus, tulppasulakkeella samantapainen

KUVA 11 Kahvasulakkeen virta-aikakäyrä, tulppasulakkeella samantapainen

KUVA 12 Johdonsuojakatkaisijan laukaisukäyrä eri laukaisukäyrillä (B, C, D)
KUVA 13 Kahden 250 watin aurinkopaneelin teho parhaimmillaan, mittaus DC-tehomittarilla
KUVA 14 Aurinkopaneelit 2 x 250 W ulkorakennuksen katolla kiinteästi asennettuna
KUVA 15 Osa 7,2 Ah 12 V pienakuilla muodostetusta 24 voltin akustosta
KUVA 16 Pienikokoinen 12 V 7,2 Ah UPS-akku
KUVA 17 Vanha pääkeskus avattuna
KUVA 18 Johdonsuojakatkaisimet ja nolla- ja suojamaakiskot keskuksessa
KUVA 19 DIN-kiskoasenteinen ohjaukello johdonsuojakatkaisimien kanssa
KUVA 20 Vanha maadoittamaton pistorasia
KUVA 21 Uusi maadoitettu suojakosketinpistorasia
KUVA 22 Aurinkopaneli 250 wattia
KUVA 23 Keskuksen varustelukomponentteja omatuotantosähkön jakelun toteuttamiseksi
KUVA 24 Aurinkopaneelien teline
KUVA 25 Auringon seurantajärjestelmän säätömoottorit
KUVA 26 Ista breeze i1500 pienoistuulivoimala
KUVA 27 Maston korkeuden vaikutus tuulivoimalan toimintaan
KUVA 28 Vasemmalla alkuperäinen 107 cm turbiinin lapa ja oikealla 190 cm uponal-putkesta valmistettu turbiinin lapa

1. JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan, miten rintamamiestalo-tyyppisen omakotitalon sähkösaneeraus käytännössä on mahdollista toteuttaa. Työn toteutus on tehty siten, että normaali asuminen on mahdollista työn aikana. Kohteessa edetään huone kerrallaan. Liikkeelle lähdetään kauimmaisesta huoneesta, koska näin toimien johdot pinta-asennuksessa järjestyvät luonnollisesti paikoilleen. Välttämättömät johdotukset uusitaan ja posliiniset asennustarvikkeet vaihdetaan yhdenmukaisiin uusiin muovisiin asennustarvikkeisiin.

Keskuksen kokoamisessa otetaan huomioon tämän hetkiset ja mahdolliset tulevat tarpeet. Keskus johdotetaan uudelleen, ja johdonsuojakatkaisijat järjestellään uudeelleen. Keskus varustetaan vikavirtasuojilla, kontaktoreilla, releillä ja ohjauskelloilla. Keskukselta piirretään keskuskaavio CADS-ohjelmalla, ja keskukseseen sijoitetaan asianmukaiset tunnuksat. Vanha keskus puretaan kahdessa osassa. Ensin puretaan entinen pääkeskusosa ja seuraavaksi laajennusosan johdot siirretään yksi kerrallaan uuteen ryhmäkeskukseen.

Kiinteistön rakennuksista ei ole käytettävissä (olemassa olevia) kuvia, joten rakennuksista piirretään CADS-ohjelmalla tasokuvat ja asemapiirros. Päärakennukseen laaditaan sähkösuunnitelma, samoin talousrakennuksiin. Asemapiirroksen sijoitetaan rakennukset, ulkona ovat sähköpisteet ja maakaapelit. Saneerauksen tuloksena sähköistykset saatetaan vastaamaan tämän päivän vaatimuksia. Erikoisuutena kohteeseen rakennetaan osittain varmennettu verkko, joka sähkökatkojen yhteydessä varmistaa osan valoista ja pistorasioista. Akuston varaukseen tullaan käyttämään tuulivoimaa tai aurinkovoimaa. Silloin kun edellisiä ei ole saatavissa, akkujen ylläpitovarauksen hoitaa verkkoyhtiön sähkö. Sisäjohtoverkko rakennetaan siten, että kaikki omatuotantosähkön jakelu sen kautta voidaan järjestää mahdollisimman tehokkaasti ja helposti.

Opinnäytetyössä vertaillaan samalla sitä, miten 1950-luvulla tehty suunnittelu ja käytännön toteutus poikkeavat siitä, miten sähkötyöt tehdään nykyisin. Koska alkuperäisistä sähkötöistä ei ole olemassa mitään dokumentteja, on vertailu jouduttu

tekemään siten, että purkuvaiheessa on tutkittu miten asennukset on käytännössä toteutettu. Osa asennuksista on purettu ja tehty uudelleen aiemmin. Niitten kuvaus on sisälletty kertomaan.

2 KOHTEEN PERUSTIEDOT JA TAUSTATIETOJA

2.1 Päärakennuksen tiedot

Perinteisen mallinen, rintamamiestalotyypinen asuinrakennus sijaitsee Ylivieskassa, asemakaava-alueella Raudaskylällä. Talo on rakennettu vuonna 1957. Päärakennusosa on noin 60 asuinneliön kokoinen. Alakerta on n. 7 m x 7 m. Yläkerran huone on talon mittainen, noin 3 m leveä, vintti mukaan luettuna.

Perusosaa on laajennettu jo rakennusvaiheessa parinkymmenen asuinneliön lisäosalla, jossa sijaitsevat eteinen, sauna ja pesutilat. Laajennusosan päässä on autotalli, joka toimii nykyään varastona. Iso osa tiloista on peruskorjattu, ja tiloja on modernisoitu ajanmukaiseksi. Vesi- ja viemärijärjestelmät on uusittu lähes kokonaisuudessaan, kiinteistö on liitetty viemäriverkkoon vuonna 2015.

Ulkoa rakennus on lähes alkuperäinen. Ulkovuori on alkuperäinen. Vesikattona toimii nyt peltikatto, joka on asennettu huopakatteen päälle arviolta 1970-luvulla. Päärakennuksesta ja lisärakennuksista ei ole mitään virallisia piirustuksia. 1950-luvulla rakentaminen on ollut lupien ja kuvien suhteen huomattavasti vapaamuotoisempaa kuin nykyisin. Ylivieskassa on alettu ylläpitämään asemakaavakuvia 1960-luvulta lähtien. Tontillani ei sijaitse kaupungin asemakaavakuvassa toistaiseksi yhtään rakennusta, kaupunki kävi kartoittamassa rakennukset vuoden vaihteessa.

2.2 Lämmitysmuoto ja energiankulutus

Päälämmitysmuoto on suora sähkölämmitys. Päärakennuksessa on kaksi kamiinaa ja puuhella. Lähes jokaisen ikkunan alla on elektronisella termostaatilla varustettu sähkölämmitin. Sähkölämmittimien kokonaisteho on 4900 wattia. Pesuhuoneessa on lattialämmitys arvioidulta teholtaan 400 W. Arvio perustuu mitattuun resistanssiin 128 ohmia. Sauna lämpenee puukiukaalla. Lämmin käyttövesi varastoidaan 55-asteisena 200 litran varaajaan, joka lämpenee myös sähköllä. Sen vastukset ovat 3 x 1 kW. Sähköliittymänä on 3 x 25 A, vuosikulutus on alle 10 MWh. Polttopuuta kuluu, talvesta riippuen, viitisen pinokuutiota.

Puun sisältämä energiamäärä koivupuuta käyttäessä on 8500 kWh (taulukko 1) (halkoliiteri.com energialaskuri). Tuosta määrästä saadaan hyödynnettyä lämmöksi kaminoilla, puuhellalla ja kiukaalla arviolta 60 % (taulukko 2), eli 5100 kWh (halkoliiteri.com energialaskuri). Savuhormi on sijoitettu talon ajanhengen mukaisesti talon keskelle. Piippu varastoi tulisijojen lämmityksessä muodostuvaa lämpöä ja luovuttaa sitä ympäristöönsä, aistinvaraisesti tarkasteltuna noin vuorokauden. Huoneiden lämpötila pyritään pitämään keskimäärin 18 asteisena. Lämpötilan nostaminen asteella lisää energian kulutusta 5 % (energianet.fi energian säästö). Pesutilat lämmitetään lämpimämmäksi kiukaan avustuksella, kun on pesupäivä.

2.3 Rakennuksien järjestelmien tila ja jatkosuunnitelmat

Kiinteistön muut osat ovat kokeneet siis suurimmalta osin perusparannuksen, vesi- ja viemärijärjestelmät ovat uusittuja. Painovoimainen ilmanvaihto tullaan tulevaisuudessa korvaamaan lämmöntalteenottolla varustetulla ilmanvaihtokoneella, joka on tarkoitus

asentaa jälkiasennus tyyppisesti. Putkistot tullaan sijoittamaan sisätiloihin. Toteutukseen käytetään kahta pienempää ilmavaihtokonetta, päärakennukseen oma ja lisäosaan oma kone. Sähköjärjestelmä on asuinrakennuksen osalla ainut järjestelmä, johon ei ole toistaiseksi tehty isompaa, kokonaisvaltaista parannusta. Opinnäytetyön myötä sähköjärjestelmä päivittyy tämän päivän vaatimusten mukaiseksi, ja sen ansiosta omatuotantosähköjärjestelmien kytkeminen on helppoa.

3. SÄHKÖKESKUKSET JA LIITTYMÄKAAPELI

3.1 Liittymä ja mittarikeskus

Sähkönjakelu tapahtuu siten, että sähköliittymäkaapeli MCMK 16 mm² kytkeytyy jakokaapin viereen sijoitettuun omaan kaappiinsa. Muutin etälukumittarin vaihdon yhteydessä sähkön mittauksen, pääsulakkeen ja pääkytkimen jakokaapin viereen ulos. Uusi paikka mahdollistaa sen, että kiinteistön liittymäkaapeli ja sisällä oleva ryhmäkeskus saadaan kokonaan sähköttömäksi. Keskuksen ja syöttökaapelin vaihto onnistuu nyt ilman sähkölaitoksen paikalle tuloa.

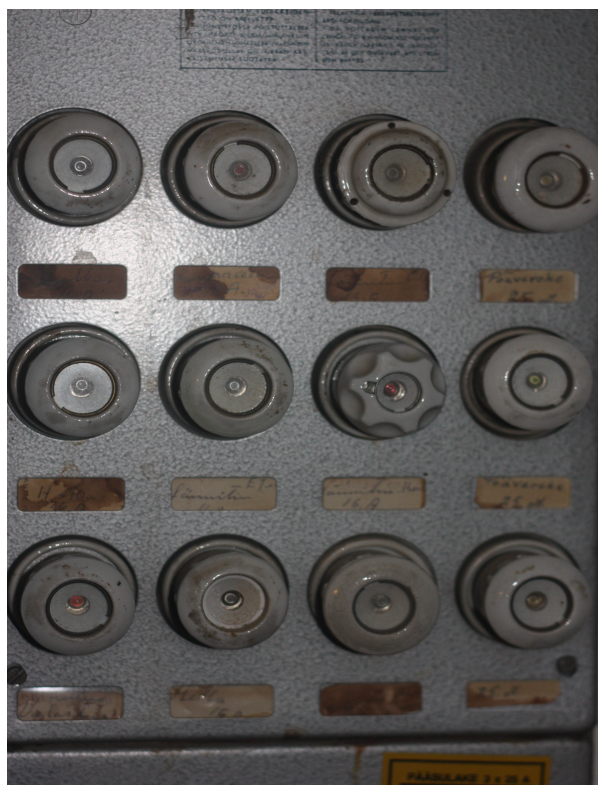
Mittarikeskuksen kotelo on vesitiivis. Kaapelit on tuotu sinne alakautta, maan alla, kumisen yleislaipan läpi. 16 mm² kaapelin käyttö antaa liittymälle mahdollisuuden nostaa sulakekokoja 63 ampeeriin. Mittarikeskuksessa liittymäkaapeli kytkeytyy pääkytkimelle, josta johdotus menee seuraavaksi etäluettavalle kulutusmittarille, jonka jälkeen on sähkökeskuksen syötön 3 x 25 A johdonsuojakatkaisija.



KUVA 1. Vanha pääkeskus ja sen laajennusosa

Johdonsuojakatkaisija on C-laukaisukäyrällä. Johdonsuojakatkaisijan tyyppiä pitäisi muuttaa. Kuomituksen ollessa päällä ison 3-vaiheisen hitsauskoneen päälle kytkeminen laukaisee toisinaan johdonsuojakatkaisijan. D-käyrällä oleva johdonsuojakatkaisija olisi todennäköisesti edellä kuvatun ongelman ratkaisija. Pääsulakkeen tehtävä on suojata maan alla kulkeva nousujohto. Pääsulakkeilta lähtee nousujohto kiinteistölle.

Mittarikeskus on peltirakenteinen noin leveydeltään 40 cm, korkeudeltaan 40 cm ja syvyydeltään 15 cm kokoinen. Keskuksen kansi on tiivistetty kumitiivisteellä. Kansi on ruuvikiristeinen, se kiristetään nurkistaan pohjakoteloon. Kotelon sisällä on DIN-kisko, johon on kiinnitetty pääkytkin ja pääsulakkeet. Kotelon alaosassa on suojapelti kaapeleille. Se ulottuu vähän matkaa maan alle.



KUVA 2. Vanhan pääkeskuksen sulakemerkinnät ovat epäselvät, koska käsiala on persoonallinen ja osa merkintälapuista on tummunut. Oikeanpuoleisimmat pystyrivissä olevat sulakkeet ovat vanhat pääsulakkeet.



KUVA 3. Vanha pääkeskus irroitettu.
Keskuksen alla on levynpala, joka saattaa sisältää asbestia.

3.2 Nousujohto ja ryhmäkeskus

Päärakennuksen seinässä on rasia, johon tulee nousukaapeli ja 16 mm^2 maadoituskupari, joka on sijoitettu samaan kaapeliojaan nousujohdon kanssa. Nousujohtona on maakaapeli MCMK 4 x 6. Kaapeli on kaivettu maan alle noin 80 cm syvyyteen. Kaapelin ylösnousussa on kaapelin suojana metallinen kouru noin 2 metrin korkeuteen saakka. Rasiassa kaapeli muuttuu $4 \times 6 \text{ mm}^2$ MMJ-kaapeliksi. Maadoituskupari kytkeytyy ryhmäkeskuksen maadoituskiskoon MK 16 mm^2 välityksellä. Ryhmäkeskukselta tapahtuu sähkön jakelu sähköryhmille. Ryhmät on suojattu uusissa asennuksissa ryhmäkohtaisilla johdonsuojakatkaisijoilla, pistorasiaryhmät on suojattu lisäksi vikavirtasuojakytkimillä. (STUK sähkönsiirto ja voimajohdot)

Sisällä oleva uusi ryhmäkeskus on kuivan tilan keskus, kotelointiluokka on IP30. Kaapeleille on varattu läpivientejä keskuksen jokaiselle sivulle. Läpivienneille varattujen aukkojen koko on noin $11,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$, aukon laidoilla on ruuvi kiinnityksille valmiit

kohdat. Aukoissa on paikallaan suoja Pellit, jotka irtoavat sisäänpäin lyömällä, kiinnitysruuvien kohdat avataan samalla tavalla.

Keskus muodostuu kahdesta erikokoisesta modulista. Ylempi ja samalla isompi osa pitää sisällään johdonsuojakatkaisijat, nolla- ja suojamaakiskot. Kaikki komponentit ovat kiinnitettyinä DIN-kiskoihin. Kotelo on kooltaan noin 45 cm x 45 cm x 10 cm. Alempi, tekniikkaosasto on korkeudeltaan matalampi, kooltansa noin 45 cm x 30 cm x 10 cm. Tekniikkaosastossa on pohjaan kiinnitetty DIN-kisko, johon voi kiinnittää tarvittavia komponentteja. Sen alla on toinen DIN-kisko, jossa on maadoitus- ja nollakisko, keskuksen pääkytkin, muutama riviliitin ja 6 x 10 A johdonsuojakatkaisijat. Keskus on alunperin oululaisen Sähköseilonen ky:n valmistama. Tyyppikilvestä löytyy keskuksen mitoitusarvo 80A, tyyppinumero, nimellisjännite 400 V AC, kotelointiluokka IP30 ja nimellistaajuus 50 Hz.

3.3 Uuden ja vanhan keskuksen ja ryhmälähtöjen erot

1950-luvulla ei omakotitalojen sähköasennustöitä ole suunniteltu samalla tavalla kuin nykyään, tämän voi todeta näkemänsä perusteella. Kiinteistöni tapauksessa alkuperäisessä keskuksessa on ollut yhteensä 12 tulppasulaketta (kuva 2), näistä 3 on ollut pääsulakkeita. Ryhmäsulakkeiksi on siis jäänyt 9 sulaketta. Keskuksen purkamisen yhteydessä sain käsityksen siitä, miten nämä 9 sulaketta oli jaettu ryhmille. Osaan huoneista olen tehnyt peruskorjauksen yhteydessä sähkötyöt uusiksi, näiden osalta kerron, miten ne oli alunperin tehty.

Sekaryhmille, jotka sisälsivät valopisteitä ja pistorasioita, oli otettu 4 kpl 10 ampeerin sulakeita käyttöön. Ryhmitys oli toteutettu siten, että päärakennuksen yläkerta ja alakerta, lisäosa ja ulkovalaistus, jokainen saivat oman sulakkeensa. Päärakennuksen alakerran

osalla oli neljä pistorasiaa valaistusryhmässä, käytännössä yksi jokaisessa huoneessa. Valopisteitä oli yksi huonetta kohti. Yläkerran valaistusryhmässä oli alunperin yksi valopiste ja porrasvalot, pistorasioita oli yksi. Ulkovaloryhmässä oli yksi pistorasia talon ulkoseinässä etupihan puolella, pistorasialta ryhmä jatkui autokatoksen valoille ja pistorasialle. Lisäksi ulkovaloryhmässä oli talon päädyssä alunperin autotalliksi suunnitellun tilan valaistus ja pistorasia sekä vielä liiterin valo. Päärakennuksen lisäosan valaistusryhmässä oli valopisteiden lisäksi yksi pistorasia, joka sijaitsi tuulikaapissa. Sähkölämmitykselle oli varattu päärakennuksen osalle yksi 16 A sulake. Vanhat lämmittimet, yhteensä 4 kpl olivat muistin mukaan 800-wattisia, joten niiden yhteisteho on ollut 3200 W. Toinen 16 A sulake vastasi lisäosan ja yläkerran pattereiden syötöstä, teho yhteensä 1600 W. 1-vaiheinen lämminvesivaraaja on todennäköisesti ollut alunperin kytkettynä yläkerran lämmitysryhmään. Loput kolme sulaketta oli mennyt sähkölieden kytkentään.

Keittiöremontin yhteydessä keittiö sai 3 kpl työtasovalaisimia, joissa on 2-osaiset pistorasiat päissä. Seinille keittiöön tuli lattian rajaan 2 kpl pistorasioita. Makuuhuoneeseen lisäsin yhden pistorasian. Yläkerran asennukset uusin sen peruskorjauksen yhteydessä. Yläkertaan tuli neljä valopistettä ja viisi pistorasiaa.

Vanhan pääkeskuksen (kuva 1) olen tehnyt muutoksia asumisen aikana. Keskuksessa oli 7 kappaletta vapaita sulakkeita, jotka otin käyttöön, kun jaoin ryhmityksiä. Keskuksen laajennusosaan oli kytketty alun perin 3-vaiheinen lämminvesivaraaja (3 kpl 10 A), kiuas (3 kpl 10 A), lattialämmitys (10 A) ja pyykinpesukoneen pistorasia (16 A). Yhteensä siis 8 sulakkeista oli käytössä. Pyykinpesukone, kuivausrumpu sekä pesuhuoneen ja saunan sähkölämmittimet saivat jokainen oman sulakkeensa (10 A) sähkökiukaan väistyttyä. Pyykinpesukoneen pistorasia jäi entiselle paikalleen muuhun käyttöön. Vapaat seitsemän sulakepaikkaa täytyivät seuraavasti. Lisäsin ulos 3-vaiheisen ulkopistorasian (3 kpl 16 A). Autokatos, vanha autotalli ja ulkopistorasiat saivat myös omat sulakkeensa (3 kpl 10 A). Lisäsin yhden pistorasiaryhmän sisätiloihin, viimeiselle vapaalle sulakkeelle.

4. MAADOITUKSET

4.1 Yhteenvedo maadoituksista

Maadoituskuparilla on kiinteistöni tapauksessa käytännössä kolme tehtävää:

- varmistaa suojamaadoituksen toiminta, jos PEN-johdin on poikki
- toimia sähkölaitteiden ja muun omaisuuden suojana salamaniskujen varalta
- toimia radiotaajuisten energian maana.

4.1.1 Sähköturvallisuusmaa, ennen ja nykyään

Nousukaapeliojassa olevan maadoituskuparin pituus on noin 20 metriä, joka on ollut aikanaan minimivaatimus käyttömaadoituselektrodille. Nykyään myös pientalojen kohdalla on alettu kiinnittämään huomiota parempaan maadoitukseen. Maadoitus tehdään nyt rakennettaviin taloihin siten, että perustuksen juureen kierretään 16 mm² perusmaadoituselektrodi silmukkamaisena. Vastaava on ollut julkisrakentamisessa käytössä jo pitkään. Elektrodi muodostaa perustan suojamaadoitukselle. Kaikki kiinteistön metalliset osat pyritään yhdistämään maadoituskiskoon suoraan tai potentiaalintasauskiskon kautta.

4.1.2 Ukkossuojaus ja sähkölaitteiden suojaus

Maadoituselektrodi varmistaa vikatapauksissa yhteyden maahan, yksivaiheisten laitteiden suojaksi. Jos vikatapauksessa verkkoyhtiön syöttöjohdosta syystä taikka toisesta puuttuu PEN-johdin, jännite lähtee vaeltamaan vinokuormituksen suuntaisesti. Tämä voi aiheutua johdinkatkoksesta tai huonosta liitoksesta. Sähkölaitteen kuoren

potentiaali voi pahimmassa tapauksessa nousta ilman nollajohdinta hyvinkin korkeaksi, teoriassa jopa vaiheiden välisen jännitteen suuruiseksi eli 400 volttiin.

Maadoituselektrodi toimiessaan oikein suojaa sähkölaitteet. Radiolaitetila tulee varustaa SEB-kiskolla, johon laitekohtaiset maadoitukset yhdistetään luotettavasti. Antennien ulkojohtimet on myös syytä liittää samaan kiskoon. Mikäli antennin rakenne on sellainen, ettei keskijohdin ole galvaanisesti yhteydessä vaippaan, on syytä irrottaa kaapeli ukonilman uhatessa ja kesäaikaan poistuttaessa pitemmäksi aikaa radioasemalta. Pelkkä kaapelien irrottaminen suojaa laitteet, mutta salama voi tulla edelleen koaksiaalisen sisäjohtinta pitkin sisälle. Irrotetuille antenninkaapelille on hyvä rakentaa oma maadoitus. Kaapelien ukkos-suojausmaadoittamisen käytön helpottamiseksi kannattaa rakentaa sellainen lisäosa, johon irroitettavat kaapelien liittimet voi kiertää paikalleen. Lisäosassa antennikaapelin ulko- ja sisäjohtin kytkeytyvät oikosulkuun ja suojamaadoitukseen. Liitokset on syytä tehdä huolella, suorassa salamaniskussa pienikin ylimenoresistanssi liitoskohdassa voi sytyttää liitoksen palamaan.

4.1.3 RF-maa

RF-maa on eri asia kuin suojamaadoitusmaa. RF-maadoitusta tarvitaan silloin kun käyttäjällä on käytössä radiotaajuinen lähetin. RF-maan tarkoitus on imeä antennijärjestelmästä palaava RF-energia mihin. Antennijärjestelmää ei saa parhaimmallaan sovituksella toimimaan siten, että kaikki lähettimestä syötettävä teho kuluisi/säteilisi ulos antennista. Palaava RF-teho voi aiheuttaa häiriöitä elektroniikkalaitteissa. Erityisen altis häiriöille on tietokone. Jos RF-häiriö pääsee sähköverkkoon galvaanisesti, häiriytyvä laite voi sijaita kaukanakin häiriölähteestä. Lähettimen maadoitus on tehtävä mahdollisimman lyhyellä maadoituskaapelilla. Radiotaajuinen signaali kulkee johtimen pinnalla virranahitoilmion (skin effect) vuoksi, joten maadoituskaapelina voi käyttää joissakin tapauksissa esimerkiksi kupariputkea. Radioaseman kaikkien laitteiden rungot on kytkettävä yhteiseen potentiaaliseen tasauspisteeseen, jolta radiotaajuinen teho ei säteile hallitsemattomasti ympäristöönsä.

4.2 Potentiaalintasaus

Potentiaalintasauksen tehtävänä on ehkäistä jännite-erojen muodostumista samanaikaisesti kosketeltavissa olevien sähköä johtavien kappaleiden välillä (suojaava potentiaalintasaus). Radioaseman suojaus on erikoistiloissa käytettävä suojaustapa (lisäpotentiaalintasaus), jolla halutaan parantaa turvallisuutta, mutta samalla suojaus parantaa aseman toiminnallista suojausta eli potentiaalintasaus parantaa aseman häiriönsuojausta.

4.3 Käytännön toteutus maadoituksessa

Tontillani sijaitseva masto on huoltotilassa noin 14 metrin pituinen ja täydessä mitassa 24 metriä. Antennirakennelmat, joita on käytössä, voivat olla lanka-antennityyppisiä, jolloin ne loittonevat antennimastosta kymmenien metrien päähän. Antennilankana käytän killua eli vanhaa puhelinparikaapelia. Antennikäytössä killun ominaisuudet ovat hyvät. Lanka on kestävä, hyvin sähköä johtavaa, ja sitä saa edullisesti. Lanka-antennin päät vedetään yleensä mahdollisimman ylös maasta, puita käytetään usein apumastoina. Langan päät ovat erityisen alttiita salaman kerääjiä, joten radioaseman puolella tulee huolehtia maadoituksesta, ukkosen varalta. Toisaalta matalalle sijoittaessa antennilangat aiheuttavat sivullisille sähköiskun vaaran, useissa antennirakenteissa jännite on korkein langan päässä. Jos ei ole mahdollista sijoittaa langan päitä riittävän ylös kosketuksen varalta, on langan päät syytä eristää sähköiskun estämiseksi.

Teleskooppimaston juurelta lähtee kolme, noin 15 metrin pituista maadoitusta eri suuntiin mastosta. Näiden maadoitusten toteutukseen on käytetty paljasta 6 mm² kuparia. Kuparit on kaivettu maan alle, yksi kupareista on kaivettu tontin laidalla kulkevan, hulevesien pois ohjaukseen tarkoitetun ojan pohjalle. Muutamaan kohtaan on lisätty 60 cm pituinen metallinen maadoitustanko (kuparinen, halkaisijaltaan 10 mm vesijohtoputki), jotka on yhdistetty vaihtoliittimellä maadoituskupariin. Maston juurella

oleva maadoitus yhdistyy 16 mm² muovipinnoitetulla monisäikeisellä MK-johtimella omalle kiskolleen (SEB), josta maadoitus on yhdistetty kaikkiin radioamatöörilaitteistojen antenneihin, radiolähttimiin ja vastaanottimiin omilla laitekohtaisilla johtimilla. Päärakennuksen kaikki metallirakenteet mukaan lukien peltikatto, kupariputkistot, antura-/perustusraudoitukset, radioamatöörilaitteistojen antenni-/mastorakennelmat ja tv-antenni on yhdistetty maadoituskiskoon (joko MEB tai SEB). (sähköala.fi ukkossuojaus, Radioamatöörilehti 1/2017 Tomi Helpiö OH2ID sivut 11-15, Wikipedia maadoitus, Loiste Rakentajan opas, tukes.fi Sähköturvallisuusopas, wikipedia koaksiaalikaapeli)

5. JOHDOT JA JOHTIMET

5.1 Yleistä kaapeleista

Päärakennuksessa käytetyt vanhat sähkökaapelit ovat pääasiassa alumiinivaippaisia (kuva 4). Alumiinivaipan alla on kerros eristävää harmaata muoviseosta, ja johdinkuparit on eristetty muovipäällysteellä. Johtimien värit ovat vanhoissa kaapeleissa ennen 1970-lukua (kuva 4) erilaiset kuin tämän päivän kaapeleissa (kuva 5 ja 6). Väreinä on yleisesti ollut käytössä mm. keltainen, punainen, musta, harmaa, vihreä. Muitakin värejä on saattanut olla käytössä. 1970-luvulla johdinmerkinnät ovat muuttuneet, nämä värit (kuva 5 ja kuva 6) ovat olleet käytössä 2002 vuoteen saakka. Samalla kaapelin kuori on muuttunut kokonaan muovieristeiseksi (PVC). MPLM on edelleen alumiinivaippainen, sitä käytetään pinta-asennustoissa. MMJ ajaa saman asian, se pitää vain oikaista ennen



KUVA 4: Tyypillinen 1970-luvun loppupuolen alumiinivaippainen sähköjohto

kiinnittämistä. 1970-luvun puolivälin jälkeisen merkintätavan johdot on toteutettu miltei samoilla väreillä kuin tämän päivänkin johdot. Isoimpana poikkeuksena on se, että ennen musta oli ensimmäinen vaihe, nykyään se on ruskea. Toinen merkittävä muutos oli se, että musta-valkearaitainen korvaantui vaalean harmaalla.



KUVA 5: Tyypillisiä sähköjohtimien värejä 1960-luvulla

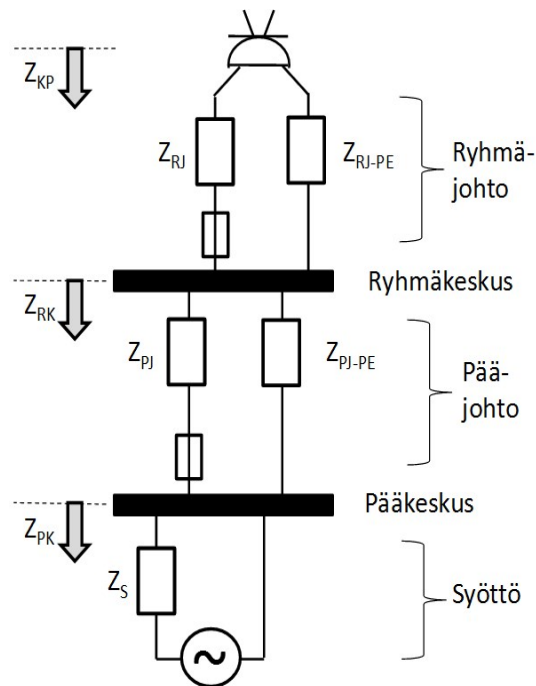


KUVA 6: Tavanomainen näky 1950-luvun talossa

5.2 Kaapelien mitoitus

Laitekohtaisessa kaapelin mitoituksessa tulee ottaa huomioon omakotitalossa ainakin laitteen nimellisteho, käyttöjännite ja kaapelin pituus. Laitteeksi voi katsoa omakotitalouksissa mm. sähkölieden, lämminvesivaraajan, sähkökiukaan, sähkölämmitinryhmät ja isommat lämpöpumppupaketit. Johdon kuormitettavuus ei

kotitalouksissa olosuhteiden puolesta ole ongelma juuri muualla kuin saunassa. Muitakaan kuormitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ei ole samalla tavalla kuin teollisuudessa, julkisrakentamisessa tai kerrostalorakentamisessa. Korjauskertoimia kaapelin mitoituksessa ei näin ollen tarvita kovinkaan paljon. Kaapelivedot jäävät kotitalouksissa yleensä lyhyiksi, kaapelit kulkevat vierekkäin suhteellisen lyhyitä matkoja, eristeen läpivientejä vältetään, asennustapa pysyy usein lähes samana koko rakennuksessa, hankalia kuormituskojeita ei ole ja olosuhteet ovat saunaa lukuun ottamatta kaapelien kannalta normaalit.



KUVA 7: Useimmiten omakotitalon automaattisen poiskytkennän laskentajäestyksen laskennassa oleva ryhmä on tämän kuvan kaltainen. http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat_2016_aineisto/Kiinteiston_sahkoverkko/Osa2_Johdon_mitoitus_k2016.pdf

Pistorasia- ja valaisinryhmissä kaapelit mitoitetaan siten, että ylikuormitussuoja (sulake)

TAULUKKO 1. Pääsulakkeen koon vaikutus vaadittavaan oikosulkusirtaan. Taulukko suuntaa antava, nykyisin oikosulkuvirran miniminä pidetään jo 25 ampeerin sulakkeella 250

A. http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat_2016_aineisto/Kiinteiston_sahkoverkko/Osa2_Johdon_mitoitus_k2016.pdf

Pääsulake	Oikosulkuvirta vähintään
25 A	110 A
35 A	165 A
50 A	250 A
63 A	320 A

tä
ilta
i

muuta kuin ryhmäkohtaisia sähköpisteiden määriä ja järkevää ryhmittelyä. Kauimmaiset sähköpisteet, jotka mitataan käyttöönottotarkastuksessa löytyvät yleensä ulkorakennuksista, jotka sijaitsevat pihapiirissä, aivan asuinrakennuksen tuntumassa. Pisimmät ryhmäjohdon mitat jäävät yleensä ottaen alle 100 metrin, joten kaapelin pituuskerrointa ei juuri tarvita. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että 10 A sulake suojaa 1,5 mm² ryhmäjohdon, 16 A sulake 2,5 mm² ryhmäjohdon, 25 A sulake 6 mm² ryhmäjohdon jne. Ongelmaksi voi muodostua kuitenkin se, että liittymäpisteessä ei saavuteta riittävää oikosulkuvirtaa. Liittymäpisteessä pitäisi nykyään löytyä 25 A liittymän takaa 250 A oikosulkuvirtaa, mutta 110 A on ehdoton minimi. (reka.fi kaapelin mitoitus, oamk.fi kiinteistön sähköverkko, johdon mitoitus)

5.3 Muiden sähkökaapeleiden mitoitus omakotitaloissa

Omat sähköntuotantojärjestelmät saavuttavat mittavammassa määrin myös omakotitaloudet. Näiden järjestelmien kaapelien mitoituksessa käytetään erilaisia perusteita kuin verkkoyhtiön kaapelien mitoituksissa. Tuotantojärjestelmät ovat yleensä pienois-jännitteisiä, joten ongelmaksi muodostuu jännitteen alenema ja iso virta. Jännitteen kokonaisalenema olisi hyvä saada omatuotantojärjestelmässä alle 5 prosenttiin. Tällöin laitteiston kokonaishyötysuhde saadaan hyväksi. Oikosulkusuojauksessa voi käyttää autosähköjärjestelmistä tuttuja komponentteja eli lasiputkisulakkeita ja lattasulakkeita. Kriittisimpiä paikkoja suojauksen suhteen ovat akusto ja itse tuotantolaitteiston kaapelointi. (oamk.fi asennusopas, jkauppi.fi kuparikaapelin poikkipintalaskuri)

6 TULPPASULAKKEET JA JOHDONSUOJAKATKAISIMET

6.1 Tulppasulake

Vanhassa keskuksessa olivat käytössä tulppasulakkeet (kuva 9), pääsulakkeina ja ryhmäkohtaisina sulakkeina. Tulppasulake on kertakäyttöinen. Sillä ei ole huollon tarvetta, palanut sulake vaihdetaan yksinkertaisesti uuteen. Tulppasulake kestää pientä ylivirtaa kohtalaisen hyvin. Esimerkiksi raskaissa moottorikäynnistyksissä sulake ei pala helposti. Tulppa- ja kahvasulakkeilla on erinomainen virrankatkaisukyky, ne soveltuvat kohteisiin joissa vaaditaan kymmenien kiloampeerien virrankatkaisukykyä. Sulakkeita on kahden tyyppisiä, hitaita ja nopeita. Näiden erona on niiden selektiivisyys ylikuormitustilanteessa.



KUVA 8: Kuvassa kolme erikokoista tulppasulaketta ja niille sopivat varokepesät

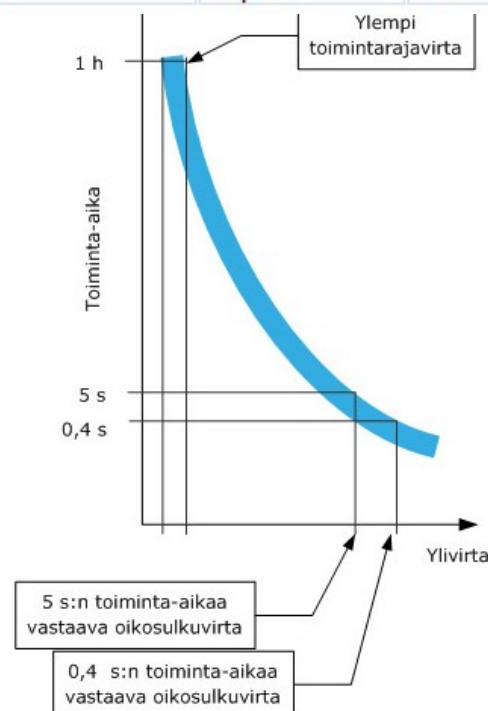
Tulppasulakkeilla on kolme varokekannen kokoa DI, DII ja DIII. Näistä tyypillisin on omakotitaloissa koko DII. DIII-koko löytyy pääsulakkeena, mikäli sähköliittymän koko on yli 25 A. Pohjakoskettimella estetään ylisuuren sulakkeen vaihto varokkeeseen. Jos

isommat sulakkeet ovat päässeet loppumaan, voidaan hätätapauksessa korvata palanut sulake pienemmällä. Teollisuudessa tulppasulake pitää puolensa pitkään, koska se kestää hyvin huonojakin olosuhteita ja sillä on hyvät virrankatkaisuominaisuudet.

TAULUKKO 2.: Tulppasulakkeiden ja pohjakoskettimien väritunnukset ja varokansien

koot. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>

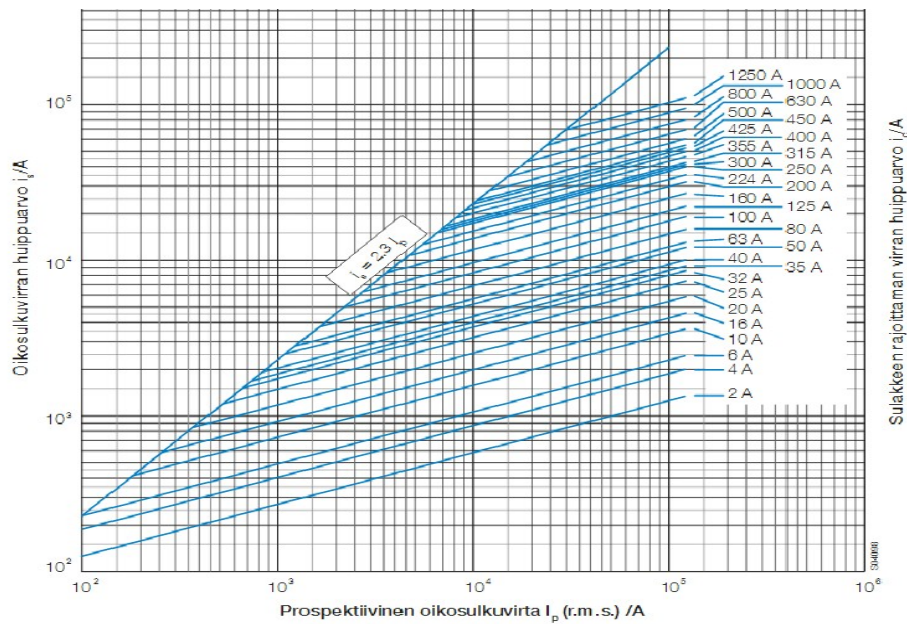
Mitoitusvirta I_N	Tunnusväri	Varokekannen koko
6 A	vihreä	DII
10 A	punainen	DII
16 A	harmaa	DII
20 A	sininen	DII
25 A	keltainen	DII
35 A	musta	DIII
50 A	valkoinen	DIII
63 A	kupari	DIII



KUVA 9: Tulppasulakkeen toiminta-aika suhteessa

ylivirtaan. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>

Tulppasulakkeen on täytettävä toiminta-aika vaatimukset tietyillä ylivirta-arvoilla. Pientä ylivirtaa sulake saa kestää pitkiäkin aikoja, mutta kun virta-arvo ylittää tietyn pisteen sulakkeen on toimittava määrättyssä ajassa (kuva 11, 12 ja 13).



KUVA 10: Kahvasulakkeen oikosulkurajoitus, tulppasulakkeella ominaisuus on samantapainen

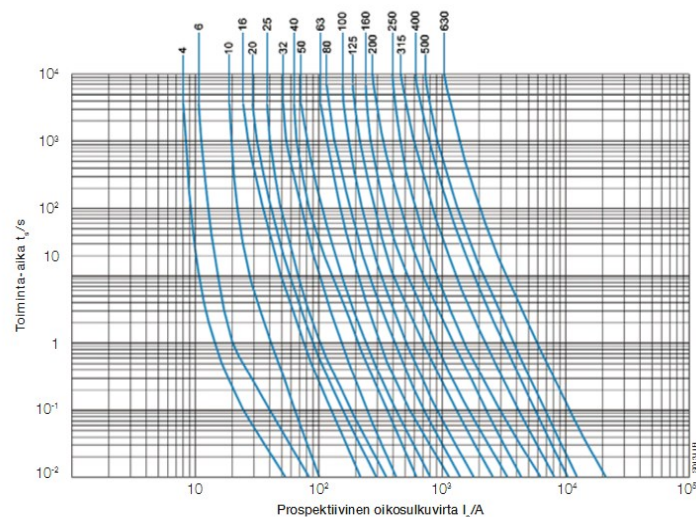
<https://library.e.abb.com/public/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/1SCC317002C1801.pdf>

6.2 Johdonsuojakatkaisija

Johdonsuojakatkaisijat ovat syrjäyttäneet kotitalouksissa, uudisrakentamiskohteissa tulppasulakkeet. Muutoksen läpimurto lienee tapahtunut 1990-luvulla.

Johdonsuojakatkaisija on monikäyttöinen. Kun esiintyy ylivirtaa ja se toimii, riittää kun käyttäjä virittää uudelleen, kun vika on korjattu tai vikaantunut laite on poistettu sähköverkosta. Johdonsuojakatkaisijoiden valmistajia on lukuisia. Keskuksen kokoonpanovaiheessa ja varsinkin korjaustyötä suoritettaessa on syytä varmistua siitä, että johdonsuojakatkaisijat kiinnittyvät käytettävään vaihekiskoon oikein.

Johdonsuojakatkaisijoiden mitoissa on pieniä eroavaisuuksia. Tästä johtuen johdonsuojakatkaisijoiden vaihtotyössä voi törmätä siihen, ettei vaihekisko mene kunnolla paikalleen, kun eri valmistajien johdonsuojakatkaisijoita yritetään kytkeä samaan vaihekiskoon. Tiettyjen valmistajien johdonsuojakatkaisijat käyvät samalle

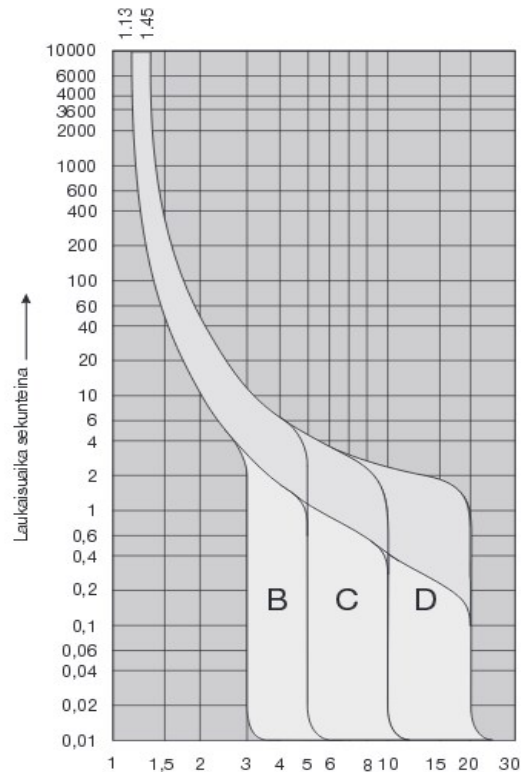


KUVA 11 Kahvasulakkeen virta-aikakäyriä, tulppasulakkeilla käyrät ovat samantapaiset

<https://library.e.abb.com/public/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/1SCC317002C1801.pdf>

vaihekiskolle, vaikka ulkonäkö poikkeaa huomattavasti. Tämä vaikutus on vain esteettinen, teknisesti asiassa ei ole mitään ongelmaa.

Laukaisukäyrät: B / C EN 60 898
D IEC 947-2



KUVA 12 Johdonsuojakatkaisijan
laukaisukäyrä eri laukaisukäyrillä (B, C, D)
[http://www.utu.eu/sites/default/files/attach
ments/johdonsuojakatkaisijat-tekniset-
tiedot-11fi0211.pdf](http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/johdonsuojakatkaisijat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf)

Johdonsuojakatkaisijalla on kaksi toimintatapaa, terminen ja magneettinen laukaisu. Oikosulkutilanteessa tapahtuu magneettinen laukaisu ja ylikuormitustilanteessa terminenlaukaisu. Tulppasulakkeita isompien tehohäviöitten vuoksi johdonsuojakatkaisijoilla valmistettu keskus on mitoittettava fyysisesti suuremmaksi ja väljemmäksi, jotta muodostuva hukkalämpö pääsee tuulettumaan paremmin pois ja johdonsuojakatkaisijat toimivat oikealla tavalla. Omakotitaloluokan keskuksissa isompi koko ei muodostu useinkaan ongelmaksi. Kun aletaan vaihtamaan vanhan tulppasulakekeskuksen tilalle johdonsuojakatkaisijoilla varustettua keskusta on syytä varmistua, että uusi keskus mahtuu vanhan tilalle. Mikäli keskus ei sovi entiselle

paikalleen, voi muutostyön suuruus paisua huomattavastikkin. Johdonsuojakatkaisin on valittava käyttökohteen mukaan. Laukaisukäyriä on kolmea eri tyyppiä, B, C ja D. Oikean suojan valintaan vaikuttavat kuorman tehokerroin, epälineaarisuus ja mahdollinen käynnistysvirta. B-käyrällä rajavirta jää pienimmäksi ja sulake toimii toiminta-aika virran funktiona. B-käyrän johdonsuojakatkaisija sopii resistiivisille kuormille, sellaisia ovat mm. liesi, sähkölämmitys ja lvv. C-käyrällä toimiva johdonsuojakatkaisija on kotitalouksissa yleisin. Se käy kaikille tavanomaisille kuormille, pienet moottorit, valaistus ja pistorasiat. D-käyrän sulake voi tulla kysymykseen kun kuormalla on suuri käynnistysvirta. Tällaisia kuormia ovat esim. suuret moottorit ja isot muuntajat.

6.3 Vikavirtasuojakytkin

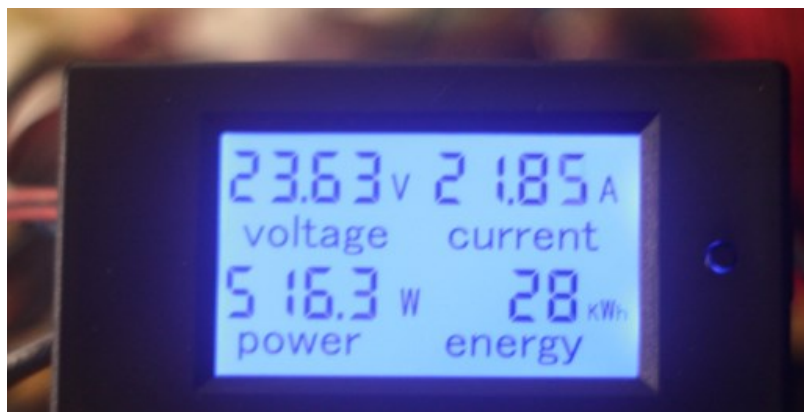
Pistorasioiden ryhmälähdöt tulee suojata vikavirtasuojalla (VVSK). Vikavirtasuoja toimii samalla henkilösuojalaitteena. Vikavirtasuoja toimii myös tulipalon suojana sähkölaitteen vikatapauksessa. Pienjännitestandardi SFS6000 on muuttumassa ja uudistettu standardi vaatii vikavirtasuojauksen myös valaistusryhmille. Tällöin ainoat vikavirtasuojaa vaille jäävät sähköryhmät ovat kiinteäasenteisien laitteiden ryhmät (omakotitaloissa mm. sähköliesi, lämminvesivaraaja, lämpöpumput, iv-kone ym.), myös jääkaappi luetaan kiinteäasenteiseksi, vaikka ne ovat pistotulppaliitännäisiä.

Vikavirtasuojan tehtävä on suojata sähkölaitteen käyttäjää sähköiskulta. Laukaisuvirran raja on 30 mA, joka testataan käyttöönottotarkastuksen yhteydessä. VVSK:n toiminta perustuu vaihejohtimessa (L) kulkevan virran vertaamiseen nollajohtimessa (N) kulkevaan virtaan. Mikäli vaiheen ja nollan välinen virta-arvo poikkeaa yli 30 mA, vikavirtasuoja katkaisee sähkön virtapiiristä. Hyväksyttävä toiminta-alue on 10,5 – 30 mA ja toiminta-ajan maksimiaika on 300 ms. VVSK on siis hyvin herkkä suojavaite ja sen toiminta pitää tarkistaa vähintään kerran vuodessa, testaus tapahtuu painamalla vikavirtasuojakytkimessä olevaa test-painiketta.

Vikavirtasuoja kytketään keskuksessa suojattavien ryhmäsulakkeiden etupuolelle. Kaikkien suojattavien ryhmien nollajohdot tulee viedä oikean VVSK:n läpi ja kaikkien johtimien virtojen tulee kulkea oikeaan suuntaan. Keskukseen asennettavan VVSK:n saa kytkeä toimintaan vain sähköalan ammattilainen. Maallikolle on olemassa pistorasiaan liitettävä henkilösuojakytkin, jolla voi suojata yksittäisen pistorasian takana olevat sähkölaitteet sähköiskun vaaralta. Toimimaton vikavirtasuojakytkin tulee korvata ehyellä. VVSK on ottanut vähitellen lisää jalansijaa osana omakotitalojen sähkölaitteiden ja henkilöiden suojauksessa.

7. PIENTALOON SOVELTUVAT SÄHKÖNTUOTANTOLAITTEISTO

Oman sähköntuotantolaitteiston peruskomponentteihin kuuluvat minimissään jokin sähköä tuottava komponentti, siirtolinja ja kulutuskoje, jossa tuotettu sähköenergia hyödynnetään. Yksinkertaisimmillan laitteisto voi olla esim. aurinkopaneeli, jonka tuottama energia hyödynnetään suoraan puhaltimen pyörittämiseen aurinko-ilmalämmitysyksikössä. Kun aurinko paistaa, ilma yksikön sisällä lämpenee, ja se puhalletaan tällöin huonetilaan. Aurinkopaneelin teho voidaan syöttää myös sähköverkkoon. Kehittyneimmät laitteistot siniaalto-verkkoinverttereineen ovat laajoja kokonaisuuksia. Tästä huolimatta ne toimivat niin itsenäisesti, ettei kuluttaja huomaa niiden olemassa oloa muutoin kuin pienetyneenä sähkölaskuna.



KUVA 13 Kahden 250 watin aurinkopaneelin teho parhaimmillaan, mittaus DC-tehomittarilla

7.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli on yksi laite, jolla kuluttaja voi pienentää helposti sähkölaskuaan. Paneeleita on saatavilla hyvin, ja niiden hinnat ovat kotitalouskuluttajankin mahdollisuuksien rajoissa. Aurinkovoimalan voi rakentaa miltei mihin tahansa. Ympäristön on kuitenkin oltava riittävän avara, jotta laitteistosta saa parhaimman hyödyn. Paneelien toimintaa kannattaa tehostaa auringon mukaan kääntyvällä telineellä. Laitteistosta saatava teho kasvaa varsinkin kesäaikaan, kun aurinko on esillä Ylivieskankin leveysasteella lähes vuorokauden ympäri. Rakentamiseen riittää useimmiten toimenpideilmoitus.



KUVA 14 Aurinkopaneelit 2 x 250 W ulkorakennuksen katolla kiinteästi asennettuna

7.2 Tuulivoimala

Tuulivoimala on toinen yleinen tapa tuottaa sähköä pienimuotoisesti. Olosuhteet eivät kuitenkaan suosi tuulivoimaa yhtä usein kuin aurinkovoimaa. Ympäristöä on tutkittava tarkemmin ennen tuulivoimalan perustamis päätöstä, jotta vältetään pettymyksiltä. Tuulivoimalan perustaminen vaatii enemmän panostamista kuin aurinkovoimala.

Monikaan valmiina myytävä voimala ei sovi sellaisenaan sisämaan olosuhteisiin. Rannikko-olosuhteisiin valmistetun tuulivoimalan muokkaaminen sisämaan olosuhteita vastaavaksi vaatii asiaan perehtymistä. Lujuuslaskenta ja turbiinin valmistaminen on osattava, jotta voimalan saa turvallisesti toimintaan ja tuottamaan. Sisämassa turbiinin on oltava heikomman tuulen vuoksi huomattavasti isommaksi mitoitettu. Tuulivoimalan hinta tehoon suhteutettuna voi jäädä huomattavasti alhaisemmaksi kuin aurinkovoimalan hinta, jos yksikön sijaintipaikka on otollinen. Tuulivoimalan masto vaatii useimmiten luvan.

7.3 Vesivoimala

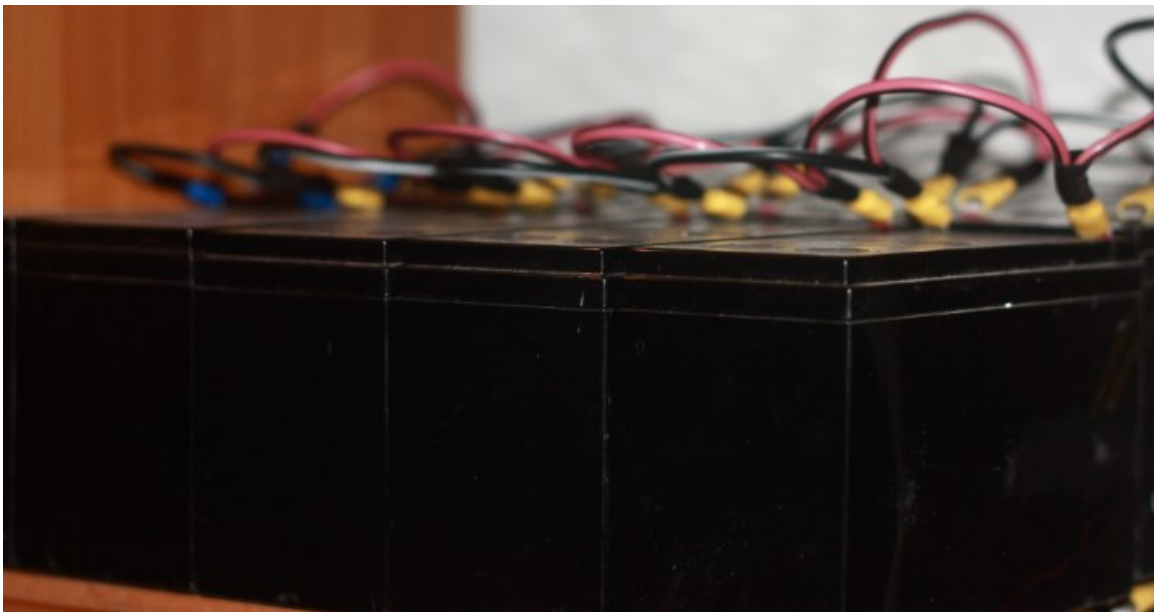
Pienisvesivoimala on yksi (edullinen) tapa tuottaa sähköenergiaa omaan käyttöön, mikäli lähistöllä kulkee puro, jossa virtaava vesimäärä on riittävä. Markkinoilla on valmiita voimaloita, jotka ovat periaattessa patoa vaille valmiita paketteja asennukseen. Vesivoimalalla voi tuottaa sähköä ympäri vuoden tasaisesti. Laitteet ovat myös kestäviä, tasaisen kuormituksen ansiosta. Padon rakentaminen saattaa vaatia luvan ympäristökeskukselta.

7.4 Agregaatti

Polttomoottoriagregaattilla on helppo tuottaa hyvälaatuista sähköä. Agregaatin voi ostaa valmiina, tai sen voi rakentaa myös itse. Valmiit agregaatit ovat bensiini- tai dieselkäyttöisiä ja 1- tai 3-vaihesähköä tuottavia. Agregaatilla tuotettu sähkö ei ole kovin edullista, mutta sähkökatkon sattuessa agregaatin avulla saadaan palautettua sähkö takaisin tärkeisiin ja kriittisiin paikkoihin. Polttomoottorilla sähköä tuottaessa ei useinkaan hyödynnetä moottorin palamisessa syntyvää hukkalämpöä. Lämmönvaihdin voidaan asentaa pakoputkeen, ja lämmintä vettä tulee sivutuotteena.

7.5 Akusto

Akustoon saadaan varastoitua sähköenergiaa tasasähkön muodossa. Varastoitua sähköä voidaan käyttää vaihtovirtalaitteissa, kunhan se ensin vaihtosuunnataan invertterillä. Akusto on kallis hankkia ja sen ylläpito maksaa. Tilan on oltava tuuletettu ja lämmin, akkuja on varattava ja huollettava jatkuvasti. Tästä huolimatta 10 vuotta on akulle pitkä aika. Akkujen säilytystilan on oltava hyvin tuuletettu, sillä akkuja varattaessa muodostuu räjähdysriskiä kaasua ja tilojen lämpötila on pidettävä suhteellisen matalana. Akuista saattaa vuotaa syövyttävää happoa akkutilaan. Materiaali valinnat on tehtävä harkiten, tilojen tulee olla myös helposti puhdistettavissa. Akustoon ei saada varastoitua kovin isoa energia määrää, esim. 100 Ah 12 voltin akun sisältämä energia 1200 VAh, jaksaa käyttää tavanomaista jääkaappi-pakastinta noin vuorokauden. Akusto on silti usein osana omassa sähköntuotantojärjestelmässä.



KUVA 15 Osa 7,2 Ah 12 V pienakuilla muodostetusta 24 voltin akustosta



KUVA 16 Pienikokoinen 12 V 7,2 Ah UPS-akku

7.6 Oman sähköntuotantojärjestelmän kytkentä käyttöön

Periaatteessa on kaksi erilaista tapaa hyödyntää omatuotantosähköä, saarekekäyttö ja verkkokäyttö. Verkkoon syöttävä järjestelmä kytketään sähköyhtiön verkon rinnalle syöttämään verkkoinvertterin kautta sähköä sähkölaitteille. Jos kuluttajan oma kuormitus on pienempi kuin sähköntuotantolaitteiston teho, ylijäämänsähkö syötetään sähköyhtiön verkkoon. Verkkoinvertteri on arvokas laite, mutta sen avulla on helppo kytkeä omatuotantolaitteisto olemassa olevaan kiinteistön sähkönjakelujärjestelmään.

Saarekekäytössä sähkön käyttö on järjestettävä eri tavalla. Oma sähkönjakelupiiri omatuotantosähkölle on yksi vaihtoehto. Toinen käyttökelpoinen keino on jakaa sähköä olemassa oleviin ryhmiin, vaihtokärjellisen kontaktorin avulla. Saarekekäyttö mahdollistaa edullisempien inverttereiden käytön, mutta kaikkein edullisimpien inverttereiden tuottamaa sakara-aaltovaihtosähköä ei voi käyttää missä tahansa kulutuskojeessa. Saarekejärjestelmä on järkevä varustaa useammalla invertterillä, joista osa tuottaa puhdasta siniaaltoa ja elektroniikkaa sisältäville kuormille, osa sakara-aaltoa muille kuormille. Saarekekäytössä kaikki tuotettu sähkö kannattaa hyödyntää itse. Kun tuotanto ylittää kulutuksen, kannattaa ylijäämänsähkö ajaa vaikkapa vastuksen kautta veteen lämmöksi.

8. MITEN TYÖ ETENEE KÄYTÄNNÖSSÄ RINTAMAMIESTALON SÄHKÖSANEERAUKSESSA

8.1 Suunnittelu ja kartoitus

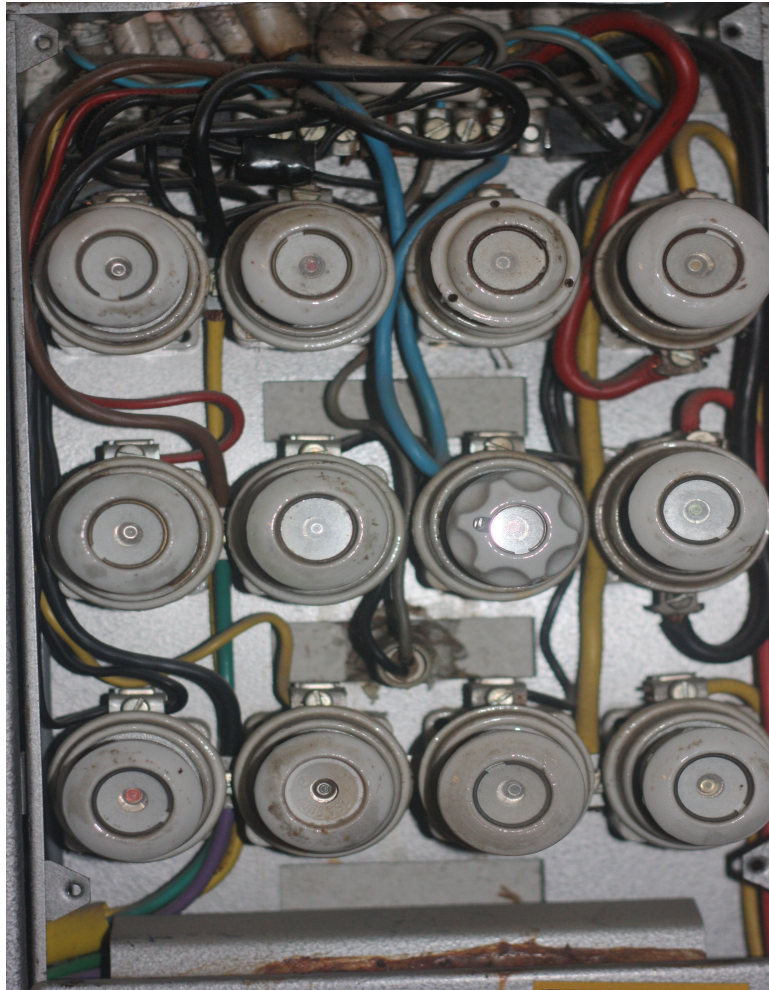
Työ kannattaa aloittaa huolellisella suunnittelulla. Ensimmäiseksi kannattaa tutkia, mitkä olemassa olevat asennukset on järkevä jättää käyttöön ja mitkä osat kannatta uusia kokonaisuudessaan. Sekaryhmiä (valaistus + pistorasiat) ei kannata jättää kuin perustelluista syistä. Seuraavaksi kannattaa laatia sähkösuunnitelma, työn aikaiset tasokuvat, keskuskuvat ja asemapiirros.

Ulkona kulkutiet on syytä valaista. Sisätiloissa jokainen huone vaatii vähintään yhden valaisinpisteen, ja keittiössä käytetään työtasovalaistusta. Kasveille on hyvä varata ikkunoiden läheisyyteen valaisinpistorasioita. Sellaisiin paikkoihin, joissa sähkölaitteita on käytössä tai tarvitaan, kannattaa sijoittaa riittävä määrä pistorasioita. Ulkonakin on vakioituneita paikkoja, missä käytetään erilaisia sähkötyökaluja, lämmittimiä ja roikkavalaisimia. Näiden paikkojen läheisyyteen, rakennuksien seinille on syytä asentaa sähköpiste. Sulakkeet kannattaa mitoittaa tässä vaiheessa. Johdinpoikkipinta-alat kannattaa pitää mahdollisimman pienenä, kulujen pitämiseksi kurissa. Käytössä olevien laitteiden tyyppikilvet antavat käsityksen laitteen kytkentätehosta. Kuvien ja suunnitelmien valmistuttua voi aloittaa varsinaisen asennustyön.

8.2 Keskukset

8.2.1 Keskuksen irrotus

Aloitin sähkösanerauksen vanhan pääkeskuksen poistolla. Valmistelevana työnä tietokoneilla olevat keskeneräiset työt kannattaa tallentaa ja sammuttaa lopuksi pc. Avasin molempien sisällä olevien vanhojen keskusten kannet ja ilmoitin muille tulevasta sähkökatkoksesta hyvissä ajoin ennakkoon.



KUVA 17 Vanha pääkeskus avattuna

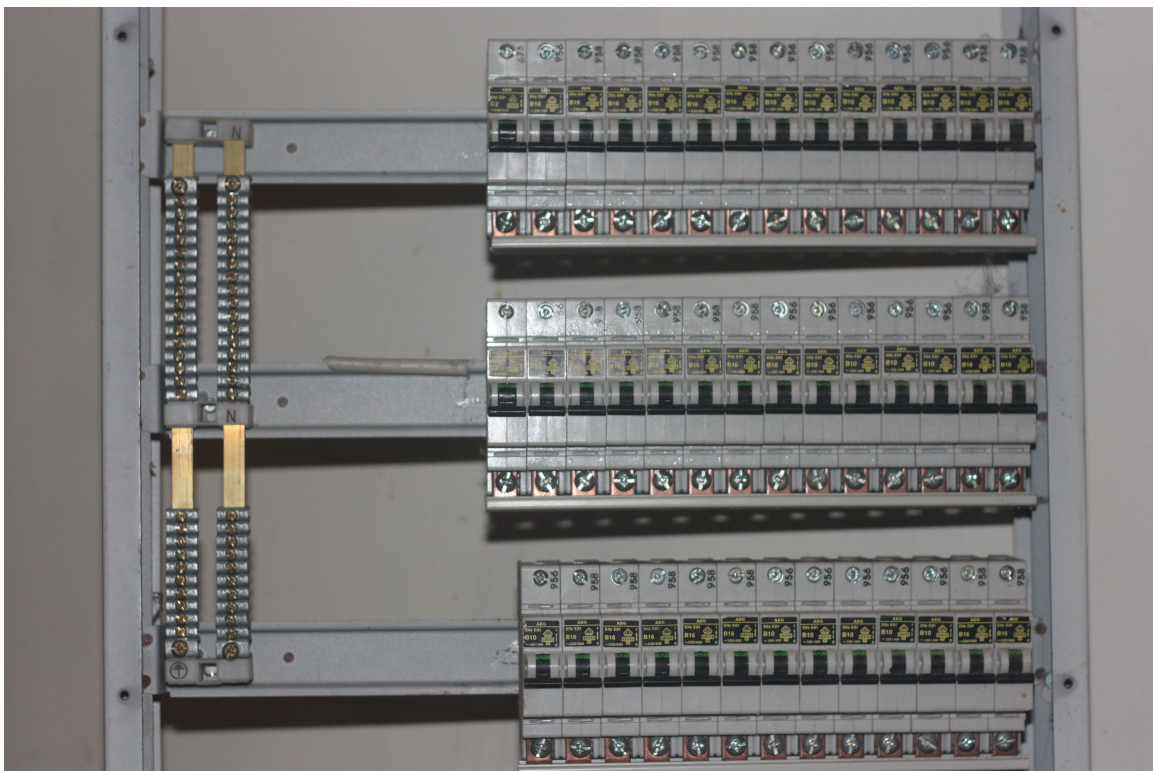
Keskuksen poistossa ja uuden kytkennässä tarvittavat tarvikkeet ja työkalut kannattaa mieltiä ja ottaa esille etukäteen. Työn onnituneeseen läpivientiin tarvitaan ainakin: ruuvimeisselit, kuorintaveitsi, kuorimapihdit, sivuleikkurit, jännitteenkoetin, akkuporakone kärkeen ja terineen, otsalamppu, ruuveja, johtimia, liittimiä, narua, teippiä, tussi ja rappuset. Uusi ryhmäkeskus kannattaa valmistella tässä vaiheessa. Keskukselta kannattaa aukoa kaikki kannet, mitata ja avata syötön läpivienti ja tarkistaa mittaamalla keskuksen kiinnityskohdat, jotta keskuksen saa asettumaan tukevasti uuteen sijoituspaikkaansa. Mikäli kiinnityskohtien kohdalle ei satu hyvää tukevaa kiinnitysalustaa, kannattaa keskuksen kohdalle leikata vanerilevystä sopivan kokoinen kiinnitysalusta.

Seuraavaksi kytkin sähköt pois, uuden mittarikeskuksen pääkytkimestä. Tarkistin ryhmäkeskukselta jännitteenkoettimella, että sähkö on pois jokaiselta vaiheelta. Vanhan tulppakeskuksen purku on helpointa aloittaa poistamalla vanha sähkönkulutusmittari. Mittarin alla on keskuksen suojapeltejä ja keskuksen kiinnitysruuveja. Mittarin poiston jälkeen voi alkaa löysäämään syöttö- ja ryhmäjohtoja. Jos apuvoimia ei ole käytettävissä, keskus kannattaa ankkuroida koukun ja narun välityksellä kattoon, naru tiukalle ja toinen pää jalan alle. Kun kaikki johdot on irrotettu ja keskuksen kiinnitysruuvit on irti, keskusta voi alkaa hivuttamaan irti siten, että johtimet vahingoittuvat mahdollisimman vähän. Jalan alta on helppo antaa vähitellen löysää naruun. Kun johtimet ovat kokonaisuudessaan irti keskukselta, keskus roikkuu narun varassa ja se on helppo laskea narun avulla lattialle asti. Keskuksen alta paljastui erillinen levy, joka saattaa sisältää asbestia. Irrotin tuon levyn erityistä varovaisuutta noudattaen, suljin levyn palan muovipussiin ja vein pussin ulos. Levy on mahdollisesti asbestipitoista ongelmajätettä ja se tulee toimittaa jätekeskukselle.

8.2.2 Uuden ryhmäkeskuksen asennus

Asennusvalmiseen ryhmäkeskukseen kannattaa ensimmäisenä kiinnittää köysi, tämä siis silloin, jos apuvoimia ei ole käytettävissä. Narun avulla keskus nostetaan lähelle lopullista asennuskorkeuttaan. Syöttökaapelin läpivienti avataan viimeistään tässä

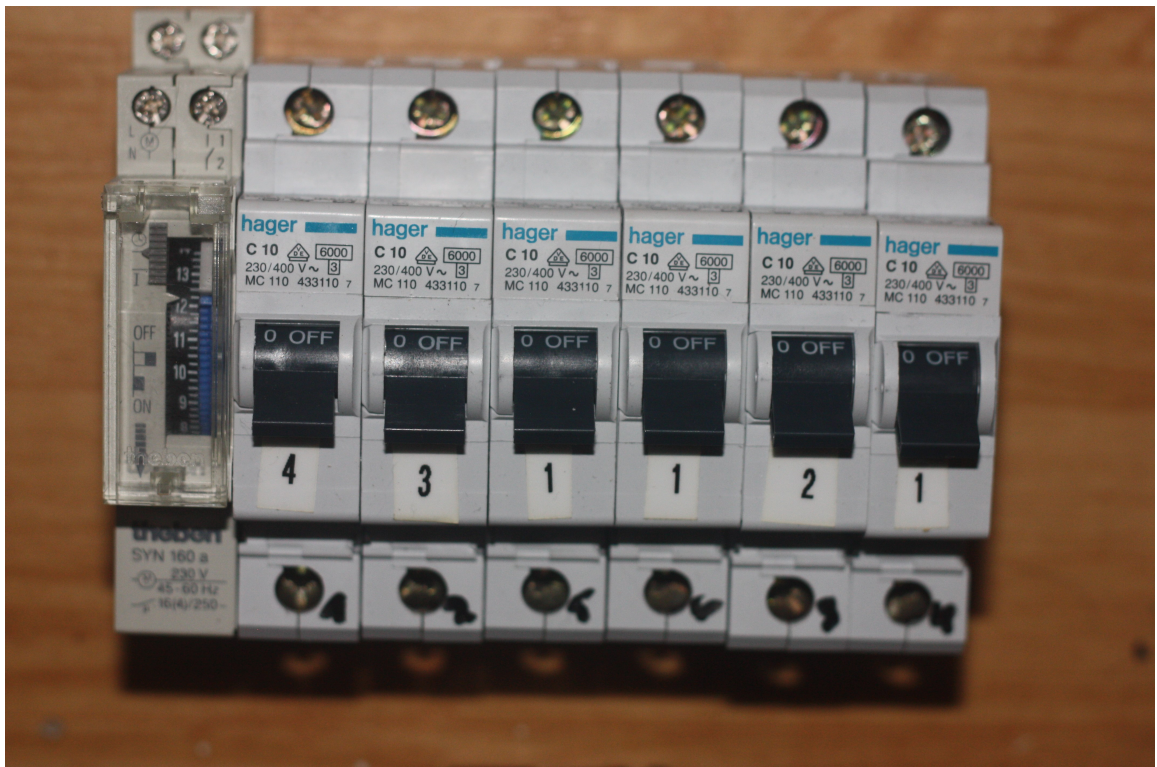
vaiheessa, ja kaapeli työnnetään läpivientitiivisteen läpi keskukseen. Muut kaapelit ovat ohuempia, ja ne saa asennettua myöhemminkin helposti. Keskus nostetaan lopulliseen korkoonsa ja kiinnitetään luotettavasti alustaansa kiinni. Syöttökaapeli kytketään kiinni pääkytkimelle. Ryhmäkeskuksen pääkytkimen on hyvä olla tässä vaiheessa asennossa nolla. Kaikki johdonsuojakatkaisijat on syytä laukaista ja tämän jälkeen sähkön voi kytkeä mittarikeskukselta ryhmäkeskuksen pääkytkimelle saakka. Mittasin jännitteenkoettimella jännitteet ryhmäkeskuksen pääkytkimeltä ja käänsin sähköt päälle.



KUVA 18 Johdonsuojakatkaisimet ja nolla- ja suojamaakiskot keskuksessa

Seuraavaksi aloitin ryhmäjohtojen kytkemisen takaisin keskukseen. Ensimmäisenä kytkin vanhan tulppasulakekeskuksen laajennusosan syötön kiinni keskukseen ja palautin sähkön niille ryhmille. Sitten siirryin vanhan pääkeskuksen ryhmäjohtoihin. Nyt oli hyvä vaihe merkitä johtoihin, mitä ryhmäjohton takana on. Pätkä maalarinteippiä ja tussi ovat

hyvä apuväline tässä hommassa. Kaikki vanhan pääkeskuksen johdot ovat purkuun meneviä, mutta nyt sai käsityksen siitä, miten sähkötyöt oli aikanaan tehty. Ryhmittely ei ollut kovin järkevää. Sulakkeita olisi pitänyt olla alunperinkin noin puolet enemmän, jotta asennukset olisi saatu tehtyä hyvin. Kuormituksessa ei ollut otettu huomioon vinokuormitusta. Ryhmien muodostamisessa ei oltu otettu huomioon sitä, että esimerkiksi yhden sulakkeen palaminen aiheutti koko päärakennuksen alakerran valaistuksen pimenemisen. Kaikkien ryhmäjohtojen kiinnityksen jälkeen tutkin, että sähkö oli palautunut jokaiselle kulutuskojeelle. Vaihtotyö oli tältä osin ohi.



KUVA 19 DIN-kiskoasenteinen ohjauskello johdonsuojakatkaisimien kanssa

8.2.3 Keskuksen viimeistely

Uusien ryhmäjohtojen asennuksen jälkeen alkaa keskuksen lopullinen asennustyö. Tässä vaiheessa kaikki ryhmäjohdot ovat merkittyjä ja kaapeleiden kytkeminen lopullisiin paikkoihin on helppoa. Kaapelien merkintään käytin tussia ja merkinnät jäävät näkyviin keskuksen sisäpuolelle. Sulaketaskujen tekstit voi tulostaa normaalilla A4 tulostimella,

kun löytää sopivan ryhmittelyn arkille. Tulostettu teksti on helppolukuista, ja tulostettu jälki kestää aikaa. Jos aika syö tekstin lukukelvottomaksi, voi tulostaa uudet liuskat sulakkeiden merkkitaskuihin. Jokainen sulake on merkittävä, tiedoiksi on syytä laittaa ryhmänumero, käyttökohde ja sulakkeen koko. Ylimääräiset sulakkeet merkitään: varalla. Varalla olevia sulakkeita on yleisen ohjeen mukaan oltava julkisrakentamisessa 30 %. Kotitalouksien keskuksien kohdalla kuitenkin riittää, että on muutama vapaa molempia tavanomaisia kokoja, eli 10 A ja 16 A. Keskuksen viereen asennetaan kiinteästi tasku paperisille kuville/dokumenteille ja CD:lle, jossa samat tiedot ovat sähköisessä muodossa. Kuvien tulee vastata todellisuutta, eli työn aikana tehdyt muutokset tulee olla korjattuna lopullisiin sähkökuviin.

8.3 Johtojen ja kalusteiden vaihto

Uutta sähköpiirustusta kannattaa tutkia sillä silmällä, että johdotukset tulevat pinta-asennustyössä siististi ja järjestykseen. Johtojen vaihtotyössä kannattaa edetä ryhmä ja huone kerrallaan. Näin toimien asennustyössä syntyvä sotku pysyy pienemmällä alueella ja kokonaisuus on helpommin hallittavissa. Läpiviennit kannattaa porata edeltäkäsin. Kaapelien kiinnityksessä kiinnikeväli (merkki vasaran varteen) ja kiinnikkeiden suunta on hyvä pitää samana. MMJ-kaapelin pinta-asennustyön helpottamiseksi kaapelia on syytä purkaa nipulta valmiiksi auki. Jos kaapelinipusta ei poista kierrettä (kelalle pyöritetyssä kaapelissa ei ole kierrettä), kaapelin asennus suoraan on haastavaa. Yksi helppo tapa on purkaa kaapelia nipulta on seuraavassa: ota kaapelin pää käteen siten, että vapaata kaapelia jää noin 50 -70 cm roikkumaan. Taita roikkuvan osan käden puoleiseen kohtaan 90 asteen kulma. Lähde vetämään kaapelia nipulta ja pyöritä samalla (kaapelin pää tulee pyöriä oikeinpäin) kädellä vapaata päätä niin (kaapelin pään tulee pyöriä potkurin tavalla), että nipulta tuleva kierre poistuu. Kaapelien hankintavaiheessa on hyvä arvioida tarvittava kaapelin määrä ja kysyä tarjous isommasta erästä, usemmalta eri toimittajalta. MMJ-kaapelia saa mitan mukaan, 50 metrin nippuina ja 150-300 metrin pienois-kertakäyttökeloilla. Isommat määrät toimitetaan asiakkaan tilauksen mukaan puukeloilla, tällöin kaapelin pituus voi olla kilometrejäkin. Vanhoissa pinta-asennuksissa

oli käytetty hakamaisia metallisia kiinnikkeitä. Alumiinivaippaiseen kaapeliin saa taivutettua mutkat kohtalaisen jyrkiksi ja kaapelin kulmapaikoista tulee näin ollen siistit. Käsien taivuttamalla kaapeli voi mennä luttuun, jos yrittää taivuttaa mutkan liian jyrkäksi. MMJ-kaapeli kiinnitetään muovisilla (TC) kiinnikkeillä. Mutkat on helpointa taivuttaa käsin. Vanhoissa asennuksissa jakorasiat olivat posliinisia, joissa pohjaan on kiinteästi asennettu viisi kierrettävää liittintä. Liittimien alla saa pysymään luetettavasti maksimissaan neljä johdinta. Viisi liitinpaikkaa rajoittaa rasian käyttömahdollisuuksia. Johtimet täytyy pitää myös kohtuullisen lyhyinä, jotta rasian kansi mahtuu kiinni. Uusissa asennuksissa käytin kytkentäliittiminä waco-liittimiä ja jakorasioina AP9-jakorasioita. Waco-liittimiä on saatavissa 3...8 napaisena. Liittimen voi valita johdinmäärän mukaan. Muovirasia on posliiniseen verrattuna väljä. Mahdolliset myöhemmät lisäykset ja muutostyöt ovat helppoja toteuttaa. Yhteen rasiaan ei yleensä tuoda viittä kaapelia enempää. Jos määrä ylittyy, käytetään kahta rasiaa tai tarvittaessa useampia rasioita.

Kalusteiden asennuksessa on huomioitava, että vähintäänkin samassa tilassa pistorasiat ja kytkimet asemoituvat samalle korkeustasolle. Keittiö on poikkeus. Kytkimien korkeudet on hyvä pitää samana koko kiinteistössä. Näin hämärässä kytkimen löytyminen helpottuu. Kosteissa tiloissa ja ulos tehtävissä asennuksissa tulee noudattaa suojaetäisyyksiä ja kalusteiden suojausluokan ja vesitiiveyden tulee täytyä. Ulkona, katetuissa tiloissa voi käyttää läpättömiä pistorasiakalusteita. Katetulla tilalla tarkoitetaan sellaista tilaa, jossa on seinät ja katto (esim. lasitettu terassi). Kauimmainen pistorasia tulee tässä projektissa tontin laidalla olevalle rengaskaivolle. Pumppaan kesäisin pesu- ja kasteluvettä kaivosta, joten pistorasialle on selkeä tarve. Kaivon pistorasian asennusta varten olen juntannut maahan puutolpan, johon pistorasian saa kiinnitettyä tukevasti. Täysin sään armoille jääville sähkölaitteille ja kojeille on viisainta tuoda kaapeli alakautta. Vaihtoehtoisesti on käytettävä kiristettäviä vesitiiviitä liittimiä.

Vanhat kalusteet olivat pääasiassa posliinisia. Kytkimet olivat pyöreitä, pienellä painikkeella varustettuja. Pistorasiat olivat muovisia ja posliinisia, seassa oli muutama maadoittamatonkin. Pistorasioita oli aikojen saatossa vaihdeltu, joten kokonaisuus ei

ollut yhtenäinen. Yksi yhteinen piirre vanhoissa pistorasia-asennuksissa kuitenkin oli. Syöttö oli kaksinapainen ja suojamaadoitus oli toteutettu pistorasian sisällä nollaamalla.



KUVA 20 Vanha maadoittamaton pistorasia

Selkeitä pistorasiaryhmiä ei ollut. Ryhmät oli toteutettu pääsääntöisesti sekaryhminä, eli ryhmässä oli muitakin sähkölaitteita (valaistus, lämmitys). Uusissa asennuksissa valaistus-, lämmitys- ja pistorasiaryhmät ovat erillisiä. Pistorasiaryhmät on suojattu vikavirtasuojilla. Syöttöjohdot ovat kolme- tai viisinapaisia, jokainen kaapeli sisältää käytännössä suojamaajohtimen. Kalusteet ovat samanlaisia, saman valmistajan sarjaa.



KUVA 21 Uusi maadoitettu
suojakosketinpistorasia

8.4 Mittaukset

Asennustöiden päätyttyä on aika mitata kaikki asennukset, eli suorittaa käyttöönottotarkastus. Mittauksessa selvitetään mm. suojajohdon jatkuvuus, jännitemittaukset ja eristysresistanssimittaus. Aistin varainen tarkistus tehdään samalla, eli silmämääräinen asennusten tarkastelu. Tulosten on oltava standardit täyttäviä, joskus eteen voi tulla tilanteita, joissa esimerkiksi vikavirtasuojia joudutaan vaihtamaan liian pitkän poiskytkentäajan vuoksi. Erityisen hankala tilanne on silloin, jos oikosulkuvirtamittauksissa ilmenee, että syötön automaattinen poiskytkentäaika ei täyty. Jos verkkoyhtiön syötön oikosulkuvirta on pääkytkimeltä mitattuna esimerkiksi alle 110

A, saattaa suojattavien ryhmien sulakekokoa joutua muuttamaan pykälällä pienempään, jotta poiskytkentä saadaan asianmukaiseksi. Mittaustulokset tulostetaan mittarilta ja arkistoidaan muiden sähköpiirustusdokumenttien kanssa samaan paikkaan.

Sähköasentajaurani alkutaipaleella 1990-luvun lopulla ei tehty vastaavanlaisia mittauksia. Käytännössä esimerkiksi pistorasiaryhmät tarkistettiin tarkoitukseen valmistetulla testerillä, joka näytti lampuilla pistorasian kytkennän. Se on edelleen käyttökelpoinen laite. Sähkölaitos kiersi tarkistamassa uudisrakennuskohteet. Tarkastaja mittasi satunnaisesti pistorasioista oikosulkuvirran ja tarkisti suojajohtimen jatkuvuuden.

9. OMAN SÄHKÖNTUOTANNON KYTKEMINEN SISÄJOHTOVERKKOON

Osa vaihtovirtageneraattoreista tuottaa suoraan kulutuskojeille sopivaa vaihtosähköä. Tavallisemmin pienimuotoinen sähköntuotantojärjestelmä tuottaa tasasähköä, joka pitää muuttaa sähkönkulutuslaitteille sopivaksi vaihtosähköksi. Tasasähköä on helppo varastoida akustoon, josta sitä saadaan käyttöön, kun tuotantolaitteisto ei tuota sähköä. Invertterin avulla tasasähkö saadaan muunnettua kulutuskojeille sopivaksi. Inverttereitä on (periaatteessa) kahdenlaisia. Halvemmat mallit tuottavat sakara-aaltoa ja kalliimmat mallit tuottavat puhdasta siniaaltoa. Sakara-aalto käy sellaisenaan vastustyyppisille kuormille, kuten esimerkiksi: perinteinen sähköliesi, kiuas, vesivaraaja, sekä mekaanisella termostaatilla varustetut sähkölämmittimet ja lattialämmitykset. Puhdas siniaalto käy kaikille sähkölaitteille. Ainoat rajoitukset tulevat sellaisten laitteiden käytölle, joilla on suuri käynnistymisteho, eli isohkot moottorit ja pakkamuuntajat.

Invertterin tuottama sähkö pitää saada jaettua mahdollisimman hyvin. Paras keino sähkön jakelulle on käyttää olemassa olevaa sisäjohtoverkkoa. Kun on tiedossa että kohteeseen tulee sähkön omatuotantoa, kannattaa jo suunnitteluvaiheessa rakentaa ryhmät siten, että omatuotantosähkön jakelu on mahdollisimman helposti toteutettavissa sen kautta. Verkon rinnalla toimiva invertteri on helpoin tapa käyttää omatuotantosähkö kulutuskojeissa, mutta verkkoinvertterin hinta on korkea, minimissäänkin satoja euroja. Vaihtorele mahdollistaa edullisimmilla inverttereillä tuotetun sähkön käytönvuorottelun siten, että silloin kun omatuotantosähköä on, se saadaan hyödynnettyä omaan käyttöön.

Omatuotantosähkö kannattaa aina käyttää kokonaan itse. Verkkoyhtiöt maksavat verkkoon syötetystä sähköstä parhaimmillaankin saman hinnan, jonka kuluttaja maksaa verkkoyhtiölle heidän toimittamasta sähköstä. Useimmiten verkkoon syötetty sähkö vähennetään kulutuksesta. Joissakin tapauksissa verkkoyhtiö saattaa periä pientuottajalta sähkön siirron hinnan myös toisinpäinkin, jolloin saavutettu tuotto kutistuu.

9.1 Omatuotantojärjestelmän kuvaus, aurinkovoimala

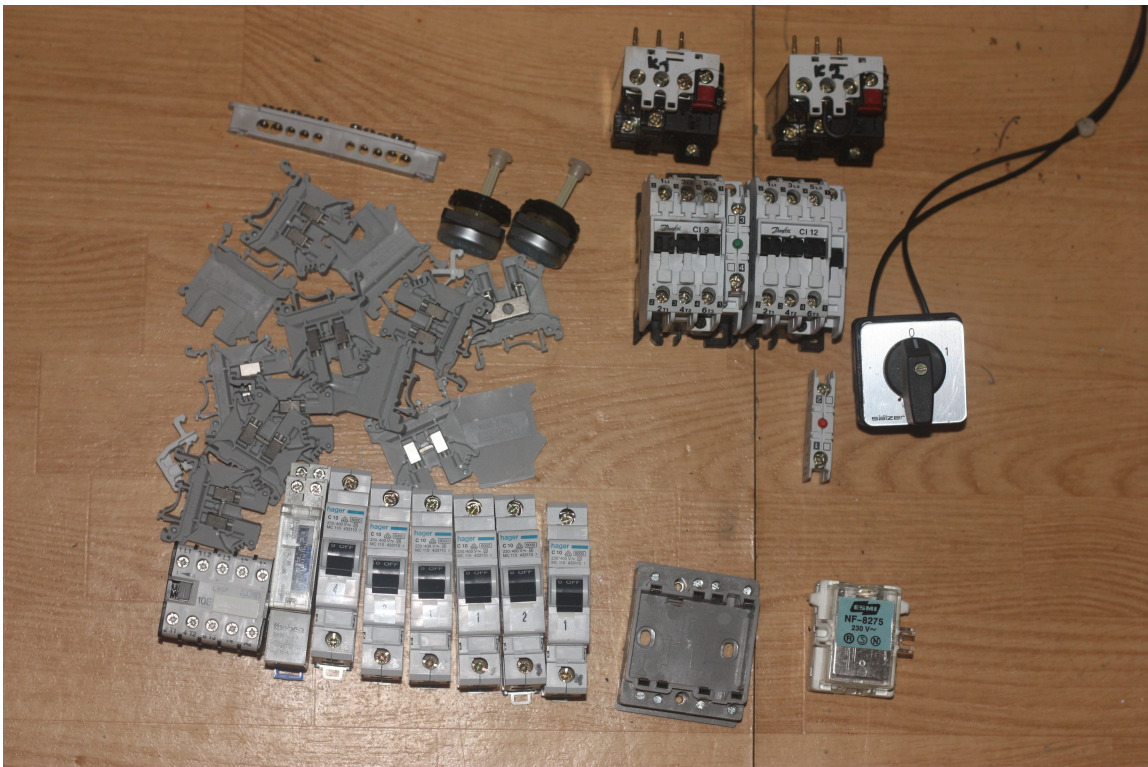
Pienen, kaksi 250 W aurinkopanelia sisältävän nykyisen sähköntuotantolaitteiston käyttö on helpointa järjestää esimerkiksi seuraavalla tavalla. Aurinkopanelit varaavat akustoa, joka syöttää invertterin kautta sähkön arkkupakastimelle. Talvella, kun aurinkoenergiaa ei ole riittävästi tarjolla, varaaja varaa akuston. Aurinkopanelien vuosituoton pystyy arvioimaan, joten kulutuskojeen pystyy tällä perusteella valitsemaan melko sopivaksi. Akustoa aurinkosähköjärjestelmään tulee noin 2000 VAh. Kaksi 250 watin panelia tuottaa vuositasolla noin 300 – 400 kWh.



KUVA 22 Aurinkopaneli 250 wattia

<https://www.karkkainen.com/verkkokauppa/monikide-250w-aurinkopaneeli#spca>

Sopiva kulutuskoje kahden 250 watin aurinkopaneelin tuotolle on esimerkiksi pakastin. Pakastimen kulutus on helposti selvitettävissä pistorasiaan liitettävällä energiankulutusmittarilla. Pitempi mittausjakso antaa luotettavemman kuvan laitteen kulutuksesta. Oma 200 litran arkkupakasimeni vie noin 1 kWh/vuorokaudessa, joten 2000 VAh:n akusto täytenä pitää pakastimen toiminnassa reilun vuorokauden. Sähkökatkon sattuessa akuston sähköä voi käyttää myös muille sähkölaitteille. Asian voi yksikertaisimmillaan hoitaa kaksiasentoisella kytkimellä.



KUVA 23 Keskuksen varustelukomponentteja omatuotantosähkön jakelun toteuttamiseksi

Normaalisti kytkimen ollessa asennossa yksi on käytössä normaali verkkosähkö. Asennossa kaksi eli sähkökatkon aikana, sähkö otetaan omatuotantojärjestelmän akustosta. Varmistettua sähköä voidaan sähkökatkon aikana syöttää esimerkiksi yhteen pistorasiaan ja yhteen valaistusryhmään. Keskuslämmitystalossa sähköä riittäisi myös kiertovesipumpulle ja automatiikalle, jos lämmitysjärjestelmä on varustettu energiavaraajalla.



KUVA 24 Aurinkopaneelien teline

Aurinkopaneelit ovat tällä hetkellä kiinteästi asennetut, 45 asteen kallistuskulmassa etelään suunnattuna. Seurantajärjestelmän teline on tätä kirjoitettaessa metalliosiltaan maalausta vaille valmis. Auringon seurantajärjestelmän toteutuksessa käytän kierretankosäätöä. Elevaatiokulmaa voi säätää 0 - 45 astetta. Pyörähdys tulee noin 120 astetta, kierretangon käyttö rajoittaa toiminnan tuohon. Tuo 120 asteen pyörähdys mahdollistaa auringon seuraamisen, sen ollessa korkeimmillaan välillä kaakko – länsi. Tästä on jo huomattu hyöty kiinteään järjestelmään verrattuna. Kierretankoja pyöritetään

12 voltin tasavirtamoottoreilla. Ne ovat auton sähköikkunan-nostinmoottoreita, joita ohjaa Arduino relekortin välityksellä. Arduinolla laadin ohjelman, joka saa potentiometreiltä asentotiedon. Käytännössä aamulla paneeli on pysty-asennossa ja auringon noustessa elevaatiokulma säätyy auringon nousun mukaan.



KUVA 25 Auringon seurantajärjestelmän säätömoottorit

Aurinko nousee idästä ja paneeli odottaa niin kauan, että aurinko on sen kohdalla ja alkaa seurata aurinkoa, sen kulkua kohti länttä. Itse rakentamalla seurainjärjestelmä ei tule maksamaan paljon. Sen aiheuttamat kustannukset on kuitattu nopeasti, parantuneen tuotannon ansiosta. Pienestä järjestelmästä kannattaa ottaa kaikki mahdollinen tuotto irti.

9.2 Omatuotantojärjestelmän kuvaus, tuulivoimala

Isomman sähköntuotantolaitteiston tuottaman sähkön käyttö mahdollisimman tehokkaasti vaatii enemmän tekniikkaa ja järjestelyjä. Esimerkiksi tuuligeneraattori tuottaa hyvissä olosuhteissa jo huomattavasti enemmän sähköä kuin muutama aurinkopaneli.

Tuulivoimaa on lisäksi tarjolla paremmin silloin, kun sähkön käyttöä on enemmän, eli talvisin. Iso akusto tasoittaa sähkön tuotannosta johtuvaa heilahtelua. Ilmakuvasta päätellen tonttini sijoittuu kohtalaisen hyvin tuulivoiman hyödyntämistä ajatellen.

Omalla tontilla on jonkin verran puustoa, mutta naapurien tonteilla on vähemmän puita (hakkuuaukko, pelto, joitakin pihapuita). Tuulivoimalan sijoituspaikan voi kuitenkin valita siten, että ympäröivä puusto ei haittaa kuin yhdeltä noin 30 asteen sektorilta tuulen virtausta. Vallitseva tuulen suunta on Suomessa yleisesti länsi – lounas. Tonttini rajautuu, Kalajokilaaksolle tuttuun tyyliin, jokivarsien laidoilla kulkevaan peltoaukeaan, joka on tonttini kohdalla vajaan kilometrin levyinen.

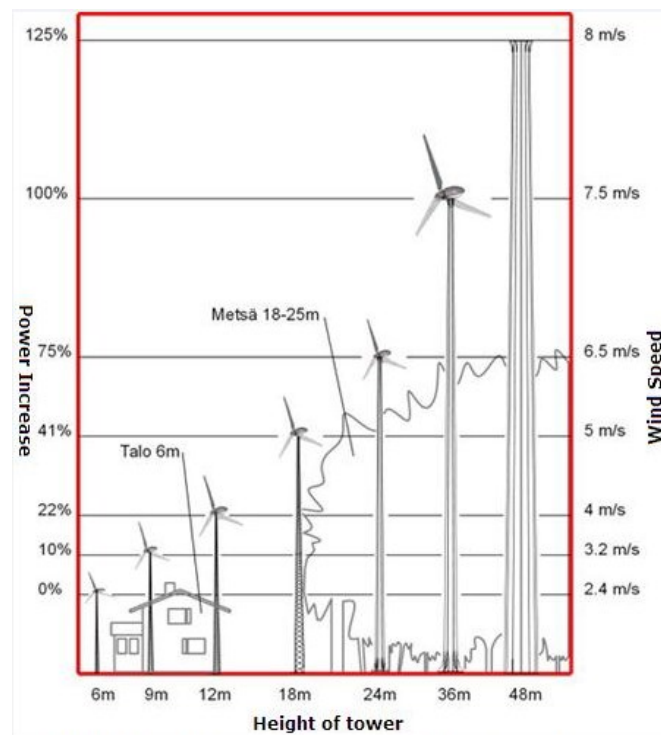


KUVA 26 Ista breeze i1500
pienoistuulivoimala
<http://istabreeze.fi/tuulivoimalat/>

Omatuotantojärjestelmäni tulee täydentymään 1,5 kW:n 24 voltin tuuligeneraattorilla, jonka olen hankkinut Ebaysta. Myllyn valmistaja on Altinel energi, tuotenimi on Ista Breeze i1500. Generaattorina toimii kestopagneettimoottori. Alkuperäisillä lavoilla roottorin halkaisija on 2,25 metriä. Huipputeho 1,5 kW saavutetaan valmistajan mukaan 12,5 m/s tuulessa, joten jo tästä voi päätellä, ettei mylly sovellu sellaisenaan sisämaan

olosuhteisiin. Siipien pyyhkäisyypinta-ala on $3,98 \text{ m}^2$. Keskituulen varovaisena arvona sisämaassa voi käyttää $3,5 \text{ m/s}$, voimalan maston ollessa 20 metrin luokkaa. Tällä arvolla laskien voimalan teho on

$$P = 0,5 \times 0,35 \times 3,98 \text{ m}^2 \times 3,5 \text{ m/s}^2 = 38 \text{ W.}$$



KUVA 27 Maston korkeuden vaikutus tuulivoimalan toimintaan

<http://lampopumput.info/foorumi/index.php?topic=13928.0>

Tuotto sisämaa-olosuhteissa omilla siivillä jää olemattomaksi. Käytännön kokeiluissa voimala ei lähde tuotantoon 10 metrin mastossa navakassakaan tulessa. Käynnistymis tuulennopeudeksi valmistaja on ilmoittanut 3 m/s , mutta vielä 10 metrin korkeudella tuuli on liian turbulენტtista, etteivät lavat saa riittävästi yhtenäistä tuulta voimakseen. Edellä kuvatusta johtuen tuulivoimalan lavat menevät vaihtoon. Kokeilujen ja laskelmien

perusteella myllyn siiviksi sopisi paremmin 1,9 metriset lavat. 1,9 metrisillä lavoilla pyyhkäisy pinta-ala kasvaa noin kolminkertaiseksi, ollen 11,3 m². 3,5 m/s tuulessa



KUVA 28 Vasemmalla alkuperäinen 107 cm turbiinin lapa ja oikealla 190 cm uponal-putkesta valmistettu turbiinin lapa

turbiinin teho kasvaa noin 110 wattiin. Huipputeho 1,5 kW saavutetaan 8,5 m/s tuulessa. Testi-lavat olen valmistanut 110 mm uponal-viemäriputkesta, netistä löytyy hyviä

rakennus- ja mitoitusohjeita. Ominaisuudet paranivat huomattavasti lapojen myötä, varsinkin käynnistyminen tapahtuu jo hyvinkin pienessä tuulessa. Kasvaneesta lapahalkaisijasta johtuen turbiinin kierrosnopeus kuitenkin laskee, eikä turbiini saavuta generaattorille riittäviä kierroksia. Tästä johtuen voimala tarvitsee välityksen turbiinin ja generaattorin väliin. Välitys huonontaa hieman kokonaishyötysuhdetta, mutta tässä tapauksessa sen vaikutus on pienempi paha, kun muut ominaisuudet paranevat ja voimala saadaan käynnistymään ja tuottamaan suunniteltua poikkeavissa olosuhteissa. Ajatuksena on rakentaa turbiini omalle navalle, josta voima siirretään hihnapyörien ja hihnan välityksellä generaattorille. Myllyssä ei ole alkuperäisenä myrsky-suojaa, se kestää sellaisenaan valmistajan mukaan 60 m/s tuulen. Nyt myrskysuojaus tulee ajankohtaiseksi, ja se on helpointa toteuttaa voimalan tuulesta sivuun käännöllä. Tuulivoimalan tuottamaa sähköä varten tulee oma akusto. Akuston koko tulee olemaan noin 5000 Vah, ehkä enemmänkin. Akusto koostuu 12 voltin, 7,2 Ah:n UPS-akuista, joita on yleisesti käytössä kyseisessä järjestelmissä. Tuulivoimalan generaattori tuottaa 24 voltia vaihtosähköä. Generaattorin maksimiteho on 1600 W. Maksimi virta on 45 ampeeria. Jännite on tuolla teholla noin 36 voltia. Generaattorin läheisyyteen mastoputkeen tulee kolmivaihetasasuuntaaja, koko 100 A. Tasasuuntaajalta sähkö johdetaan tasasähköä 80 A PWM-varaussäätimelle, joka varaa akustoa. Akuston sähköä käytetään invertterin välityksellä mm. tiski- ja pyykinpesukoneille, myös kuivausrumpu tulee käyttämään tuulisähköä. Pesukoneiden kulutus on pesukertaa kohden 0,7 - 2 kWh. Veden lämmitys vie suurimman osan energiasta.

10. YHTEENVETO

Sähkö saneerauksen yhteydessä on helppo toteuttaa keskuksen ja ryhmien suunnittelu ja mitoitus siten, että omatuotantosähkö saadaan syötettyä sen kautta kulutuskojeille. Ryhmäkoot on hyvä pitää tällöin pieninä ja yksittäiset isommat kulutuskojeet kannattaa laittaa omille ryhmilleen. 1950-luvulla ei ole tarvinnut ajatella tämän tyyppisiä asioita. Sähkö on tuolloin maaseudulla alkanut vasta saada isommassa määrin jalansijaa. Omatuotantolaitteistoja ei ole ollut saatavilla, talot ja käyttövesi ovat lämmenneet pääasiassa puulla, ja sähköä on aluksi käytetty vain valaistukseen. Vähitellen sähköä on alettu käyttää ruoan lämmitykseen ja säilytykseen. Sähköliedet ovat aluksi olleet useimmiten varustettuja vain kahdella keittolevyllä, 40 – 45 cm leveitä ja pienellä paistouninilla varustettuja. Pelkkiä paistolevyjä ja erillisuuneja on ollut myös yleisesti käytössä. Viihde-elektroniikkaa ei ole ollut jokaisessa taloudessa. Radio on tullut ensin Radiolähetykset am-modulaatiolla ovat alkaneet Suomessa 1920-luvulla. ULA tuli käyttöön 1953. TV on seurannut jonkin verran perässä. Ensimmäinen tv-lähetys Suomessa on tullut 1955 Helsingissä. Näistä syistä sähkön jakelu omakotitalojen sisäjohtoverkolla on ollut aivan erilaiset suunnittelu ja toteutustarpeet kuin tänä päivänä.

Sähköliittymä on tuotu vielä 1950-luvulla käyttäjille useimmiten avojohtona. Jokainen vaihejohdin ja nolajohdin on ollut eristämätön. Yksivaiheiliittymä ei ole ollut tuolloinkaan vielä epätavallinen liittymätyyppi, tällöin on selvitty syöttöjohdossa kahdella johtimella. Avojohto on erityisen altis salamaniskulle, ja tuolloin onkin ollut yleistä, että ukonilmalla salama on vierailut taloissa. Riippukierrejohto AMKA on ollut jo jonkin asteinen parannus edelliseen, mutta vasta maakaapelien myötä salaman tuottamat vahingot ovat vähentyneet huomattavassa määrin. Asennuksia ei ole myöskään isommin tarkastettu. Yksi asennuksista on kuulemani mukaan löytynyt Nivalasta. Isäntä oli kytkenyt itse valot navettaan. Säästösyistä johtimien määrässä oli säästetty ja valaistuksen nolla oli hoidettu valoryhmän viimeiseltä valaisimelta. Rautakanki oli työnnetty lantatunkioon. Valot toimivat, mutta ilmeinen vaara piili siinä, että joku menee ja ottaa kangen käyttöönsä. Seurauksena olisi sähköisku. Oma sähkötuotantolaitteisto kannattaa mitoittaa siten, että kaikki sähkö saadaan kulutetuksi omissa sähkölaitteissa.

Tällöin taloudellinen hyöty on paras mahdollinen. Täysin omavaraisen sähköntuotantolaitteiston rakentaminen siten, että tuotanto on sopivan kokoista vuorokauden ja vuoden jokaisena hetkenä, asettaa laitteiston mitoitukselle ja suunnittelulle isot haasteet. Hybridijärjestelmällä asian voi saada toteutettua. Taloudellisinta lienee kuitenkin korvata vain osa käyttämästään sähköstä, jollakin omaan sijaintipaikkaan sopivalla järjestelmällä. Sähkönkulutustottumuksien muuttaminen ja kulutuskojeiden tarkastelu saattaa kuitenkin olla ennen omatuotantolaitteiston hankintaa paikallaan. Lämpimän veden (käyttövesi ja lämmitysjärjestelmän tarvitsema lämminvesi) tuottaminen ja varastointi kannattaa miettiä samassa yhteydessä. Vanhassa talossa lämmitykseen tarvittavan energian määrä on suurempi kuin uudessa. Vanhan talon eristyksien parantaminen korjaa tilannetta ja parantaa samalla asumisviihtyvyyttä.

Omakotitalokuluttajane ei kannata lähteä rakentamaan kovin suurta aurinkopaneelistoa. Kesäisin, kun sähkönkulutus on yleensä pienintä, aurinkopaneelien tuotto on suurin. Kesäajan kulutuksen minimi teho voisi olla aurinkopaneeliston järkevä maksimikoko. Sähköä tuottava paneelisto kannattaa kokemuksieni perusteella varustaa aina seuranta järjestelmällä. Paneelien teho alenee yllättävän paljon ja nopeasti, kun säteily ei tule suoraan paneelistoon. Jos paneeliston mitoittaa yli oman pienimmän kulutuksen, kannattaa järjestelmään lisätä huomattavan kokoinen akusto, joka tasaa kapasiteettia.

Tuulivoimalalla sopivissa olosuhteissa ja oikeilla komponenttivalinnoilla päästään parempaan kustannustehokkuuteen kuin aurinkopaneelistolla. Oman työn määrä nousee kuitenkin tuulivoimalaa rakentaessa suuremmaksi. Järjestelmään ja laitteistoon on myös perehdyttävä enemmän. Laadukkaan turbiinin valmistus vaatii myös erikoistaitoja. Mastotyöt, maston mitoitus, tuulivoimalan paikan valinta ja kokonaisuuden toimintakuntoon saattaminen on huomattavasti isompi työ, kuin aurinkovoimalan rakentaminen. Tuulivoimaa on kuitenkin tarjolla enemmän silloin, kuin sähkölle on enemmän kysyntää, eli talvisin. Akusto on jälleen järkevä tuotannon tasaaja. Mitä isompi akusto sitä enemmän tuotantoa saadaan tasattua.

Opinnäytetyöni muovaantui työn aikana ja työn ohjaajan ohjeistuksen ansiosta se pukeutui nykyiseen muotoonsa. Lähtökohtana itselläni oli aluksi tehdä raporttityylinen kirjoitelma, miten sähkösaneeraus tapahtuu käytännössä rintamamiestaloon. Työ laajeni kuitenkin käsittämään vertailun asennuksista ja toteutuksesta vuonna 1957 ja nyt 2017 vuonna sekä tarkastellaan, miten sähkön omatuotanto järjestelmän saa liitettyä sisäjohtoverkkoon käytännöllisesti. Kuudessa vuosikymmenessä sähkön sisäverkkojakelussa ja käyttötottumuksissa ja saatavuudessa on tapahtunut valtavia muutoksia. Arkipäivää on helpotettu monin keinoin sähköisillä laitteilla. Viihde-elektroniikka sitoo nykyään käyttäjiensä ajasta osan päivässä, ennen tuo aika on mennyt peruskotitöihin. Energian hinta on kuitenkin vääjäämättä nouseva, joten omaa kulutustottumusta ja sähköstä riippuvuutta kannattaa tarkastella kriittisestikin. Haja-asutusalueilla varalämmönlähde on mielestäni välttämätön. Toki kaukolämmössäkin voi esiintyä ongelmia, puulämmitys on tällöin varteen otettava vaihtoehto.

Tutkimustyö ja omien laitteistojen kehittäminen jatkuu, tässä työssä kerrottujen laitteistojen lopullisen toteutumisen jälkeenkin. Aurinkokeräimet ovat seuraavana tutkimuksen aiheena. Prototyypit on jo kehitteillä, osittain valmistunutkin. Muutama muukin hanke on jo vireillä. Nuo tutkimukset keskittyvät enemmän kokonaisyötösuhteen parantamiseen ja uusien tekniikoiden kokeiluihin ja käyttöönottoon. Vedenlämmitys sivutuotteena, sen varastointi ja kierrätys ovat seikkoja, joista ei ole juuri julkaistua tutkimustietoa saatavilla. Käytännön työkokemus ja laaja harrastepohja useammalta eri tekniikan saralta (sähkö, automaatio, elektroniikka, metalli, radioamatööri toiminta ja autoharrastus), kulminoituu useammassa eri projektissani siten, että käytännön toteutukset tulevat olemaan uniikkeja. Kierrätys ja tuotekehitys ovat omatuotantolaitteistojen saralla avainasemassa, mikäli mieltä rakentaa järjestelmän kohtuullisin kustannuksin ja siten, että laitteistojen takaisinmaksuaika lyhenee ja niiden rakentaminen on kannattavaa ja järkevää.

Uusiutuvaa energiaa käyttävien laitteistojen tulo yksityisille kuluttajille on vasta alkutaipaleella, tulevaisuudessa laitteistot tulevat yleistymään kotitalouksissakin. Vara-sähköntuotantojärjestelmä olisi jo nyt hyvä olla yleisemmin käytössä. Sähkökatkojen yhteydessä iso osa omakotitalouksista menee nykyisellään lämmityskaudella kohtuullisen nopeasti kylmäksi.

Vuorokausi ilman sähköä on pitkä aika, varsinkin jos ulkona on parikymmentä astetta pakkasta ja on lisäksi tuulinen sää. Mikäli sähkön toimintavarmuutta parannettaisiin kuluttajien suunnalla, omatuotantolaitteistoin, saataisiin hillittyä verkon siirtohintoihin kohdistuvaa painetta. Sähkön toimitusvarmuus, sähköyhtiöitä siihen painostamalla, tulee maksamaan pitkällä aikavälillä ison summan sähkön loppukuluttajille. Siirron osuus sähkölaskusta on jo nyt noussut isoksi osaksi kokonaislaskua. Ilmajohtoja ei harvaan asutussa Suomessa ole mitenkään järkevää korvata kokonaisuudessaan maakaapelein. Kriisin, luonnonilmiön tai isomman onnettomuuden/laitteivian sattuessa, saattaa sähköverkko kaatua siten, että vaurio aiheuttaa laajan sähkökatkoksen. Tällöin kuluttajalla oleva toimiva varajärjestelmä takaisi sähkön kriittisimpiin paikkoihin, katkon ajaksi. Muutama toimiva valaisin, sähkön syöttö kylmälaitteille ruoan säilytykseen, sähkön syöttö lämmityksen kiertovesipumpulle ja öljypolttimelle ja vaikkapa yksi pistorasia, jossa voi ladata esim. puhelimen tai kannettavan akkua, olisi jo huomattava parannus täydelliseen sähköttömyyteen. Järjestelmän rakentaminen uuteen taloon, vanhan talon järjestelmään tehtävä lisäys, ei ole monellekkaan ylipääsemätön kustannuskysymys. Edullisimmillaan toteutuksen voisi rakentaa esim. polttomoottoriagrekaatilla ja vaihtokontaktorilla. Kyse on enemmänkin tahtotilasta.

LÄHTEET

<http://www.halkoliiteri.com/?id=587> luettu 13.3.2017

<http://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/voimajohdot-aiheuttavat-sahko-ja-magneettikentan/talon-sahkokaapelit-ja-sahkopaakeskus> luettu 14.3.2017

http://www.sahkoala.fi/koti/ukkossuojaus/fi_FI/ukkossuojaus/ luettu 14.3.2017

Radioamatööri lehti, 1/2017, Tomi Helpiö, sivut 11-15

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Maadoitus> luettu 15.3.2017

<https://www.loiste.fi/file/512/download?token=c0buQhs6> luettu 15.3.2017

http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/Sahkoturvallisuusopas_maa_puutarha_talous.pdf luettu 15.3.2017

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html> luettu 17.3.2017

<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkokeskukset/komponentit/johdonsuojakatkaisijat-ruuvi liittimilla/> luettu 17.3.2017

<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/teollisuuskomponentit/varokepesat/> luettu 17.3.2017

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Koaksiaalikaapeli> luettu 21.3.2017

<http://www.reka.fi/kaapelitietoa/kaapeliohjeet/kaapelin-mitoituksessa-huomioitavia-asioita> luettu 23.3.2017

http://www.oamk.fi/~pekka/kevat_2016_aineisto/Kiinteiston_sahkoverkko/Osa2_Johdon_mitoitus_k2_016.pdf luettu 23.3.2017

<http://www.jkauppi.fi/kuparikaapeli-poikkipinta-laskuri/> luettu 23.3.2017

<http://www.oamk.fi/cdn/fileuploads/asennusopas.pdf> luettu 23.3.2017

<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/johdonsuojakatkaisijat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf> luettu 24.3.2017

<https://library.e.abb.com/public/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/1SCC317002C1801.pdf> luettu 24.3.2017

<http://www.vattenfall.fi/fi/sahkolaitteiden-energiankulutus.htm> luettu 25.3.2017

<http://www.altinelenerji.net/instruction-en.pdf> luettu 6.4.2017

<http://istabreeze.fi/tuulivoimalat/> luettu 6.4.2017

<http://www.tuulivoimaopas.fi> luettu 6.4.2017

<http://www.sahkoopas.com/sahkotietoa/sahkojarjestelmat/suojautuminen/vikavirtasuojakytkin/> luettu 1.5.2017

<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/vikavirtasuojat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf> luettu 1.5.2017

http://etn.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=5503:pienjannitestandardi-uudistuu-ensi-vuonna&catid=13&Itemid=101 luettu 1.5.2017

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vikavirtasuojakytkin> luettu 1.5.2017

Liite 1. Polttopuun arvoja

Kuivan polttopuun (kosteus 20 %) lämpöarvo, pino- ja irtokuutiometripaino ja energiasisältö puulajeittain.

Puulaji	Lämpöarvo kWh/kg	Pinokuutiometripaino kg/p-m ³	Irtokuutiometripaino kg/i-m ³	Energiasisältö kWh/p-m ³	Energiasisältö kWh/i-m ³
Koivu	4,15	410	243	1700	1010
Mänty	4,15	328	195	1360	810
Kuusi	4,10	322	193	1320	790
Leppä	4,05	304	183	1230	740
Haapa	4,00	333	198	1330	790

Lähde: halkoliiteri.com

Liite 2. Tulisijan hyötysuhde

Tulisija	Hyötysuhde
Avotakka	< 30%
Takkauuni	80-85%
Leivinuuni	80-85%
Liesi, kiuas	50-70%
Pellettitakka	75-90%

Lähde: halkoliiteri.com