



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Joni Henriksson

# Kiinteistömuuntamon saneerauksen suunnitteluohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

8.5.2020

Tekijä Otsikko	Joni Henriksson Keskijännitekojeiston ja pienjännitepääkeskuksien saneeraus
Sivumäärä Aika	20 sivua + 2 liitettä 8.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö Sami Söderström lehtori Sampsa Kupari
<p>Insinöörityön aiheena on kiinteistömuuntamon ja pienjännitepääkeskuksien saneeraus. Työssä tutustuttiin kiinteistömuuntamon sisältämiin kojeistoihin, muuntajiin ja pääkeskukseen sekä näihin kohdistuviin standardeihin, määräyksiin ja ohjeisiin.</p> <p>Insinöörityössä tehtiin sähkösuunnittelua kahteen kohteeseen. Ensimmäiseen kohteeseen suunniteltiin pääkeskuksien saneeraus. Toiseen kohteeseen suunniteltiin keskijännitekojeiston saneeraus. Kohteita suunnitellessa perehdyttiin standardeihin, määräyksiin ja paikallisen verkonhaltijan ohjeisiin.</p> <p>Insinöörityön lopputuloksena saatiin tehtyä sähkösuunnitelmat kohteisiin ja tätä työtä apuna käyttäen voidaan suunnitella tulevat kiinteistömuuntamo projektit.</p>	
Avainsanat	kiinteistömuuntamo, keskijännitekojeisto, pienjännitepääkeskus

Author Title Number of Pages Date	Joni Henriksson Medium Voltage Switchgear and Low-voltage Main Distribution Board Reconstruction 20 pages + 2 appendices 8 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electric Power Engineering
Instructors	Sami Söderström, Group Manager Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>The topic of the thesis is Medium voltage switchgears and low-voltage main distribution board reconstruction. The thesis examines structure of the electricity network before real estate transformer substation and switchgears, transformers and main distribution boards inside of the real estate transformer substation. The thesis also deals with the relevant standards, regulations and instructions.</p> <p>The aim of the thesis work was to give the author and the reader good understanding of the real estate transformer substation and what things to consider when starting to design it.</p> <p>During the thesis, electrical design was done for two projects. First project was planned to renovate a low-voltage main distribution board. Renovation of the medium voltage switchgear was planned for the second project. When planning the projects, the standards, regulations and instructions of the network operators were examined.</p> <p>As result of the thesis work, electrical plans were made for the projects, and this thesis can be used to plan future real estate transformer substation projects.</p>	
Keywords	real estate transformer substation, medium voltage switchgear, low-voltage main switchboard

## Sisällys

1	Johdanto	2
2	Sähköasemat ja muuntamot	2
3	Kiinteistömuuntamoita koskevat standardit	4
4	Muuntamo rakennuksessa	4
4.1	Yleiset käytössä olevat muuntajat	5
4.2	Keskijännitekojeiston rakenne	7
4.3	Pienjännitekeskus muuntamotilassa	11
5	Muuntamotilan paloturvallisuus	12
6	Muuntamon maadoitukset	13
7	Kaksi esimerkkiprojektia	15
7.1	Pääkeskusprojekti	15
7.2	Keskijännitekojeistoprojekti	16
8	Yhteenveto	18
	Lähteet	20
	Liitteet	
	Liite 1. Pääkeskusprojektin keskuskaavio	
	Liite 2. Pääkeskusprojektin piirikaavio	

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli antaa tekijälle ja lukijalle käsitys kiinteistömuuntamosta ja mitä asioita pitää ottaa huomioon, kun sitä lähdetään suunnittelemaan. Insinööriyössä tutustutaan kiinteistömuuntamon laitteisiin, kuten kojeistoihin ja muuntajiin sekä kiinteistömuuntamoita koskeviin standardeihin, määräyksiin ja paikallisen sähköverkonhaltijan ohjeisiin.

Kiinteistömuuntamo koostuu keskijännitekojeistosta, yhdestä tai useammasta muuntajasta ja pienjännitekeskuksesta. Keskijännitekojeistot ovat pääpiirteittäin samanlaisia, mutta joitakin eroja valmistajien kojeiden välillä on. Keskijännitekojeisto koostuu liittymiskennoista, pääkatkaisijakennosta ja mittauskennosta. Jos muuntajia on enemmän kuin yksi, lisätään varokekuormanerotinkkenno, mikä toimii jakelumuuntajan kytkinlaitteena. Kojeiston jakelujännite on Helen Sähköverkon jakelualueella 10 kV tai 20 kV. Muuntajatyyppejä on mm. kuivamuuntajat ja öljyeristeiset muuntajat. Muuntajan koko kiinteistömuuntamoissa on yleensä maksimissaan 1600 kVA. Suuremmat muuntajat voivat aiheuttaa epäselektiivisyyttä sähköverkonhaltijan verkon suojauksessa.

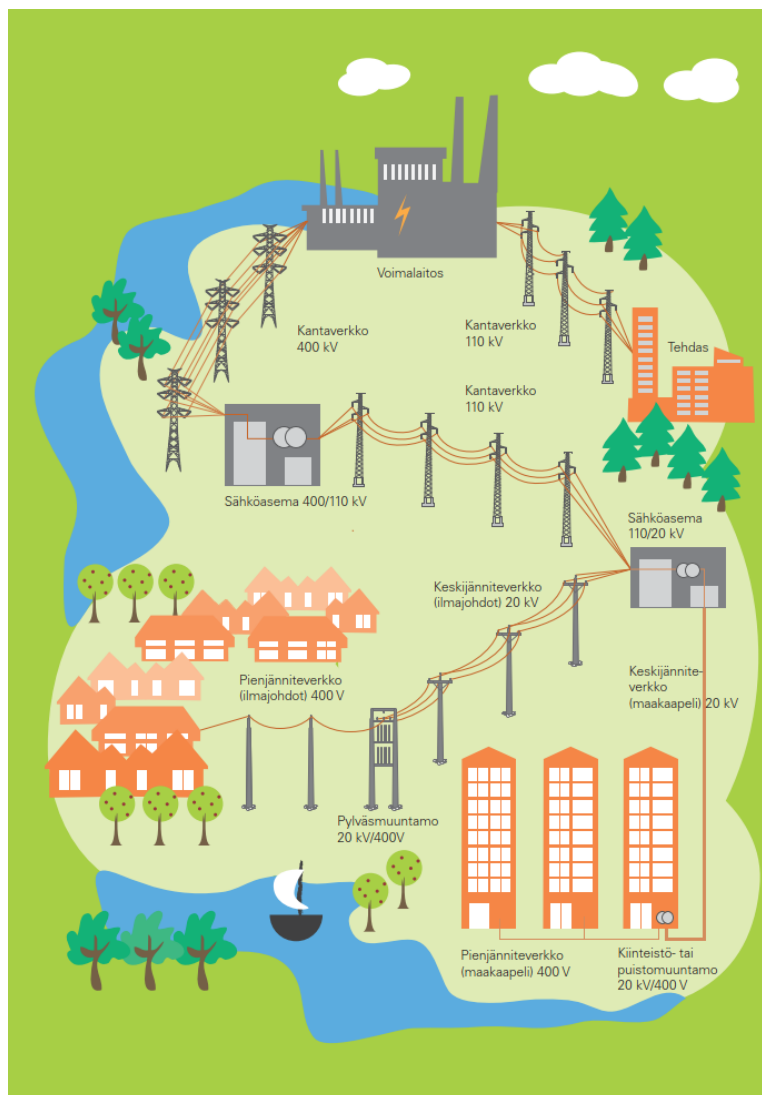
Insinööriyöraportissa käydään läpi kahta projektia, joihin opinnäytetyön tekijä osallistui sähkösuunnittelijana. Projekteissa oli mukana vanhempi sähkösuunnittelija, joka toimi projektipäällikkönä ja tarkisti suunnitelmat sekä antoi neuvoja. Ensimmäisessä projektissa suunniteltiin kahden pääkeskuksen uusiminen sekä pääkeskushuoneen valaistuksen ja tasasähkökeskuksen uusiminen. Toisessa projektissa suunniteltiin uusi keskijännitekojeisto sekä kojeistohuoneen valaistus ja laitteiden sähköistys.

## 2 Sähköasemat ja muuntamot

Kanta-, alue- ja keskijänniteverkkoja yhdistetään sähköasemilla, joissa jännitetasot muunnetaan sopiviksi. Kantaverkon sähköasemilla 400 kV:n jännite muunnetaan sähköyhtiöiden ja useimpien suurien teollisuuslaitoksien käyttämään 110 kV:n jännitetasoon. Alueelliset sähköasemat sijoitetaan yleensä lähelle suurta sähkön kulutusta, ettei välimatkoilla syntyisi turhia energiahäviöitä. Alueellisilla sähköasemilla 110 kV:n jännitetaso muunnetaan yleisemmin 20 kV:ksi. Kuluttajien läheisyyteen rakennetaan jakelumuuntajia, joka muuntaa keskijänniteverkon kuluttajille sopivaan 0.4 kV:n jännitetasoon. (1.)

Kaapeliverkossa, jossa sähkönsiirto tapahtuu maakaapeleita käyttämällä, käytetään puistomuuntamoita tai kiinteistömuuntamoita. Puistomuuntamot sijoitetaan puistoihin tai katujen varsille rakennettuihin ikkunattomiin koppeihin. Taajamassa ei aina ole tilaa puistomuuntamoille, silloin rakennetaan kiinteistömuuntamo kiinteistön kellariin tai ensimmäiseen kerrokseen. Pylväsmuuntamoita käytetään yleensä haja-asutusalueilla, joissa on käytössä ilmajohtoverkko. (2.)

Kuvassa 1 on havainnollistettu sähkön siirron kulkua voimalaitokselta kuluttajille. Kuvassa näkyy myös jännitetasot eri jakeluverkoissa sekä sähköasemien ja muuntamoiden muuntosuhteet.



Kuva 1. Kaaviokuva sähkön siirrosta Suomessa (2).

### 3 Kiinteistömuuntamoita koskevat standardit

Standardeilla varmistetaan turvallinen työympäristö ja työskentely. Muuntamoihin liittyviä lakeja, asetuksia, standardeja ja suosituksia on paljon. Kiinteistömuuntamoa suunniteltaessa ja rakentaessa noudatetaan mm. seuraavia lakeja, asetuksia ja standardeja:

- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016
- Ympäristöministeriön asetus 848/2017
- SFS 6000 Pienjänniteasennukset
- SFS 6001:2018 Suurjänniteasennukset
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus
- SFS-EN 61439 Pienjännitekeskukset

Lisäksi verkonhaltijoilla on usein omia ohjeita sähköverkkoon liittymiseen ja muuntamoiden rakentamiseen, joita voi soveltaa myös saneerauskohteisiin.

### 4 Muuntamo rakennuksessa

Muuntamo tulee sijoittaa sille erilliseen rakennukseen tai maantasolla olevaan kerrokseen ulkoseinälle. Muuntamotilan oven on avauduttava suoraan ulos, jotta henkilökunta pääsee tarvittaessa selvittämään vikatilannetta esteettömästi. Kaapelireitti kennoille tulee olla mahdollisimman lyhyt sekä palonkestävä ja muuntamon laitteiden ja tavaroiden kuljetus muuntamotilaan täytyy olla mahdollisimman vaivatonta. (3.)

Muuntamotilaa suunniteltaessa on otettava selvää

- kuinka monta muuntajaa kohteeseen tulee
- onko kyseessä kenno- vai RMU-kojeisto ja millainen eristystapa kojeisiin on valittu
- mihin sijoitetaan pienjännitekeskus
- kuinka paljon muuntaja ja kojeisto tarvitsee tilaa kuljetukseen ja asennukseen
- miten ilmanvaihto ja jäähdytys toteutetaan siten, että niiden laitteet pystytään huoltamaan muuntamon ollessa jännitteinen.

#### 4.1 Yleiset käytössä olevat muuntajat

Kiinteistömuuntamoissa käytetään usein eristysneste-O1-(muuntajaöljy)-muuntajaa, koska O1-eristysneste on todettu hyväksi eristeeksi ja se jäähdyttää samalla muuntajaa. O1-eristysneste on hyvä aine myös valokaaren sammutukseen, jos muuntajan eristysnestetilassa sattuu syttymään oikosulkuvalokaari. Käytettäessä kosketussuojia yläjännitepuolen sekä alajännitepuolen pistokeläpivienneissä, saadaan koko muuntamon asennus kosketussuojatuksi. Kuvassa 2 on esimerkki yhdestä Schneiderin öljyeristeisestä muuntajasta. Kyseisen muuntajan teho voidaan valita 50 kVA:n ja 3150 kVA:n väliltä.



Kuva 2. Schneider, Minera – öljyeristeinen muuntaja (4).

Toinen muuntajavaihtoehto on kuivaeristeinen muuntaja. Kuivamuuntajan luotettavuus on kuitenkin todettu huonommaksi kuin öljyeristeisen muuntajan. Ylikuormitettaessa kuivamuuntajaa on kiinnitettävä erityisesti huomiota sen jäähdyttämiseen. Jäähdytystä voidaan parantaa lisäpuhaltimilla. Kuivamuuntajan kosketussuojaus toteutetaan koteloimalla koko muuntaja, mutta tällöin muuntajan kuormitettavuus saattaa heikentyä ja jäähdytyksen tarve kasvaa. Kuvassa 3 on esimerkki yhdestä Schneiderin kuivamuuntajasta. Kyseisen muuntajan teho voidaan valita 100 kVA:n ja 3150 kVA:n väliltä.





Kuva 3. Schneider, Trihal – valuhartsimuuntaja (4).

Kuivamuuntajalla ja eristysneste-O1-muuntajalla on seuraavanlaisia eroja.

- Kuivamuuntajalla on huomattavasti pienempi palokuorma kuin eristysneste-O1-muuntajalla.
- Kuivamuuntajaa ei voida ylikuormittaa yhtä paljon kuin eristysneste-O1-muuntajaa.
- Kuivamuuntajassa on suurempi melutaso kuin eristysneste-O1-muuntajassa.
- Kuivamuuntajat ovat 2–3 kertaa kalliimpia kuin samaa kokoluokkaa olevat eristysneste-O1-muuntajat.

Tiettyihin käyttökohteisiin kannattaa valita kuivamuuntaja. Näitä käyttökohteita ovat mm. suuri pistekuorma tehdastilassa, vedenpuhdistuslaitokset, sairaalat, väestösuojat, tunnelit, kaivokset ja pohjavesialueet. Öljyeristeinen muuntaja kannattaa valita, jos sen hankkimiselle ei ole esteitä. Verkonhaltijalla voi olla varastossa öljyeristemuuntajia ja se voi olla yksi peruste öljyeristemuuntajan valitsemiseen. Jos kuitenkin valitaan kuivamuuntaja tai muu erikoismuuntaja, on syytä varmistaa, että varamuuntaja on helposti saatavilla. (5.)

Muuntajaa ja sen suurjännitekaapelia suojataan suurjännitesulakkeilla. Sj-sulakkeiden käyttö pienentää muuntajapalon aiheuttamia vahinkoja huomattavasti. Taulukossa 1 on esitetty 10 kV:n ja 20 kV:n jännitteen sj-sulakkeiden valinta muuntajan koon perusteella. Taulukko 1 on suuntaa antava ja sj-sulakkeet tulee valita kojeisto- ja muuntajavalmistajan suosituksien mukaisesti. (5.)

Taulukko 1. Suuntaa antava muuntajaa suojaavan sj-sulakkeen valinta (5).

Muuntaja	200 kVA	315 kVA	500 kVA	800 kVA	1000 kVA	1250 kVA	1600 kVA
Jännite 10 kV	25 A	40 A	63 A	63 A	100 A	100 A	100 A
Jännite 20 kV	16 A	25 A	25 A	40 A	63 A	63 A	63 A

#### 4.2 Keskijännitekojeiston rakenne

Vanhat keskijännitekojeistot ovat olleet ilma- tai valuhartsieristeisiä. Vanhat kojeistot ovat suurikokoisia ja se aiheuttaa isoja kustannuksia muuntajatilaa rakentaessa. Vanhojen kojeistojen huolto on hankalaa niiden huonon henkilö- ja palosuojauksen takia ja käyttökatkot voivat olla pitkiä ja sen takia kalliita. (6.)

Vanhoja avoimia kojeistoja ei pitäisi nykyään käyttää huonon henkilöturvallisuuden ja ikääntyneiden kytkinlaitteiden takia. Avoimissa kojeistoissa vikatilanteessa tapahtuva oikosulkuvalokaari aiheuttaa suuren paineen, mikä voi heikentää muuntamotilan rakenteita. Tästä syystä saneerauskohteisiin tulisi asentaa ilmaeristeisiä koteloituja kojeistoja tai SF<sub>6</sub>-kaasulla eristettyjä kojeistoja tai muita vastaavia kojeistoja. Ilmaeristeisissä kojeistoissa ja SF<sub>6</sub>-eristeisissä kojeistoissa valokaaripaine on huomattavasti pienempi kuin avoimissa kojeistoissa, eikä vaaranna muuntamotilan rakenteita. (5.)

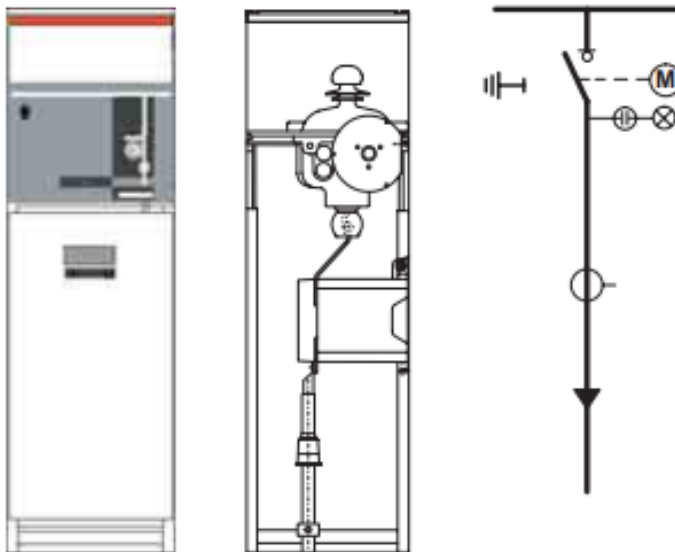
SF<sub>6</sub>-kaasu on ollut Suomessa käytössä muuntamokojeistossa eristeenä sekä jäähdytysaineena jo vuodesta 1986. SF<sub>6</sub>-kaasu on kolme kertaa parempi sähköeriste kuin ilma, jonka ansiosta SF<sub>6</sub>-eristeisissä kojeistoissa päästään paljon pienempiin eristysväleihin

kuin ilmaeristeisissä. Tämän takia SF<sub>6</sub>-eristeiset kojeistot ovat kooltaan pienemmät kuin ilmaeristeiset kojeistot. SF<sub>6</sub>-eristeiset kojeistot ovat myös toimintavarmempia verrattuna ilmaeristeisiin kojeistoihin. (5.)

Kojeistot voidaan muodostaa kennokohtaisesti, mikä tarkoittaa, että kojeet sijoitetaan omiin kaasutiloihinsa. Näin vaurion tapahtuessa on todennäköistä, että vain yksi kenno tuhoutuu eikä tarvitse uusia koko kojeistoa vaan riittää että vaihdetaan vaurioitunut kenno. Tätä kojeistojen rakennustapaa käytetään usein suuremmissa muuntamoissa, joissa on useampia muuntajia. Kennokohtaista rakennustapaa voidaan käyttää pienemmissäkin muuntamoissa, jos on pienikin epäily, että tulevaisuudessa voidaan tarvita toista tai useampaa muuntajaa tai suurjänniteverkko laajenee. (5.)

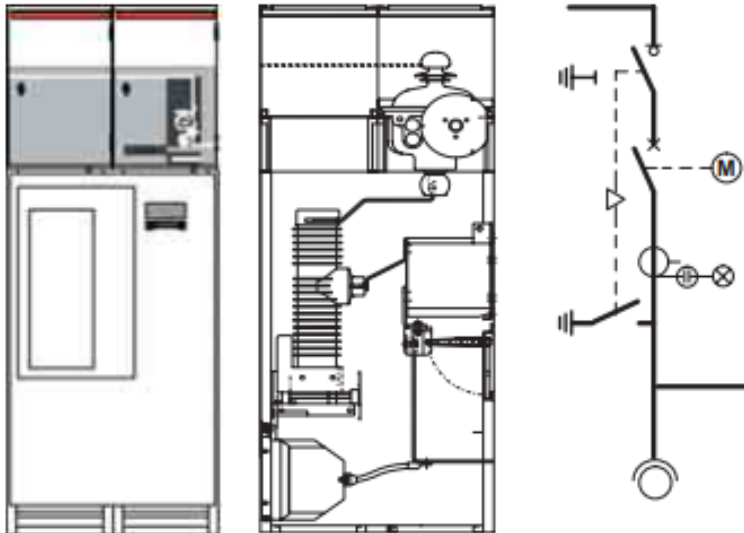
Kiinteistön 10 kV:n tai 20 kV:n keskijännitekojeisto koostuu pääosin seuraavista kennoista:

- Kuvassa 4 on moottorijousiohjattu kuormanerotinkkeno, jota käytetään liityntäkennona. Kennossa on virranmittaus ja jännitteen indikointi.



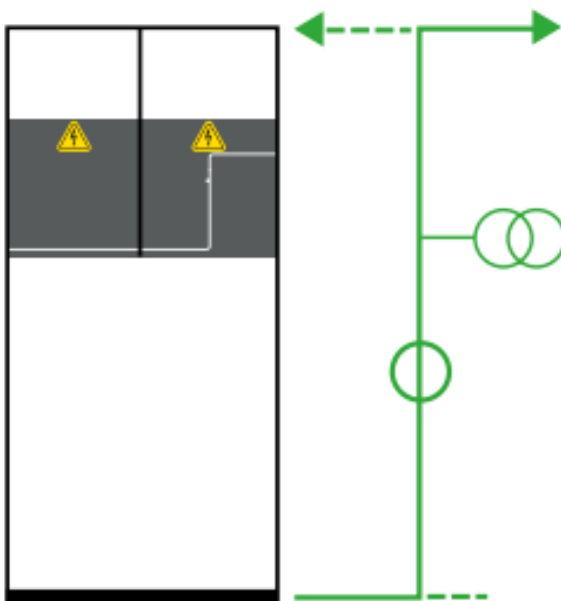
Kuva 4. ABB:n esimerkki kuormanerotinkennosta (7).

- Kuvassa 5 on moottorijousiohjattu pitkittäiskatkaisijakenno, jossa on virranmittaus ja jännitteen indikointi.



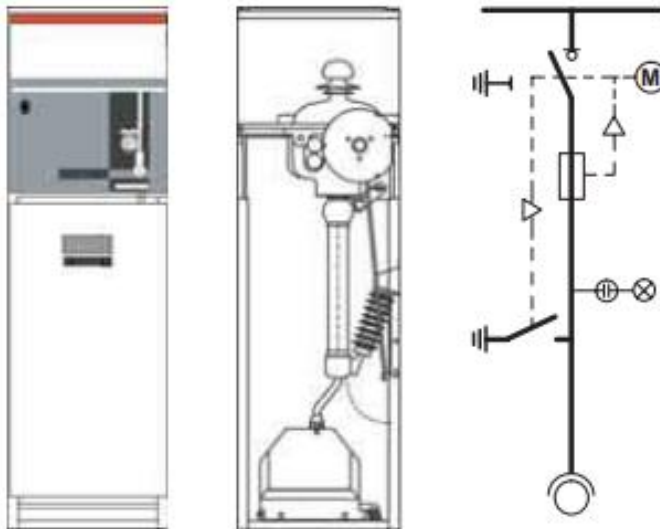
Kuva 5. ABB:n esimerkki pitkittäiskatkaisijakennosta (7).

- Kuvassa 6 on mittauskenno, jossa on virran- ja jännitteenmittaus.



Kuva 6. Schneiderin esimerkki mittauskennosta (8).

- Kuvassa 7 on moottorijousiohjattu varokeuormanerotinkeno, jossa on virranmittaus ja jännitteen indikointi. Kennoa käytetään mm. muuntajalähtöihin.



Kuva 7. ABB:n esimerkki varokeuormanerottimesta (7).

Taulukossa 2 on esitetty Helen Sähköverkko Oy:n määrittelemät mitoitusarvot saneeratavan ja uuden muuntamon kojeistolle pääkaupunkiseudulla.

Taulukko 2. Muuntamokojeiston mitoitusarvoja (3).

Nimellisjännite/kV	20	10
Pääkytkinlaitteen katkaisukyky/kA	16	20
Terminen oikosulkukestoisuus/kA (1s)	16	20
Dynaaminen oikosulkukestoisuus/kA	40	50
Liittymiskennon kuormanerottimen ja kiskojen nimellisvirta/A	630	630

Seuraavaksi tarkastellaan Helen Sähköverkko Oy:n ohjeita ja vaatimuksia keskijännitekojeistosta.

Liityntäkennoja vaaditaan yleensä kaksi, silloin on kyseessä rengassyöttö. Liityntäkaapelit liitetään liityntäkennoon 630 A:n kosketussuojatulla kulmapistokkeella. Liittymiskennojen erottimet varustetaan moottoriohjaimilla, jolla täytyy olla täydet kauko-ohjaus valmiudet. Liityntäkaapeleilla tulee myös olla kiinteät oikosulkuilmäisimet joka vaiheelle sekä jännitteen ilmaisimet.

Pääkatkaisijakennoa ei pidä pystyä siirtämään tai avaamaan katkaisijan ollessa kiinni. Tämä estetään lukituksella. Pääkatkaisijakennoissa on oltava vakioaikaylivirtarele jokaiselle vaiheelle ja pikalaukaisun mahdollisuus. Taulukossa 3 on esitetty pääkatkaisijakennon ylivirtareleelle maksimiasetteluarvot 10 kV:n ja 20 kV:n jakelujännitteellä. Releessä täytyy olla merkkiläppä ja -lamppu, joka ilmoittaa releen toiminnasta.

Mittauskennossa on oltava virtamuuntajia, joiden toisiovirta on 5 A ja tarkkuusluokkana 0,2S ja jännitemuuntajia, jotka ovat yksivaiheisia, yksinapaisesti eristettyjä ja toisiojännite tulee olla 57,7 V ja tarkkuusluokkana 0,2 S. (3.)

Taulukko 3. Pääkatkaisijan ylivirtareleen maksimiasetteluvaatimukset (3).

Nimellisjännite/kV	20 kV	10 kV
Hidastettu laukaisu	750 A	1000 A
Pikalaukaisu	1800 A	2000 A
Suojauksen toiminta-aika	0,4 s, hidastettu laukaisu 0,1 s, pikalaukaisu	

#### 4.3 Pienjännitekeskus muuntamotilassa

Muuntamon pienjännitekeskuksessa on käytössä yleensä TN-S -järjestelmä eli järjestelmässä on kolme vaihejohtinta ja erillinen nolla- ja suojamaadoituskisko. Vanhoissa keskuksissa on käytössä PEN-kisko eli yhdistetty nolla- ja suojamaadoituskisko. Muuntamon pienjännitekeskukset hankitaan yleensä muuntajakohtaisesti, tällöin keskuksen oikosulkuvirrat saadaan pienemmiksi. Kuitenkin jokaisessa keskuksessa pitäisi olla seuraavat asiat:

- Pääkytkimellä pitää pystyä avaamaan ja sulkemaan myös ylikuormassa oleva muuntaja.
- Yli 1000 A:n keskuksessa täytyy olla maadoituskytkin tai maadoituskohtio.
- Keskus tulee varustaa huippuampeerimittauksella, jolla voidaan lukea tietyn ajanjakson keskivirtaa. Tällä valvotaan muuntajan kuormitusta.

Keskuksen suuren tilantarpeen vuoksi keskus sijoitetaan usein eri tilaan kuin muuntaja. Keskus pyritään sijoittamaan lähelle muuntajaa, kuten seinän toiselle puolelle tai ylempään kerrokseen. Sijoittamalla keskus muuntajan läheisyyteen pidetään

hajamagneettikenttä pienenä. (5.) Magneettikentän suuruuteen vaikuttaa muuntajan ja keskuksen väliset kaapelien tai kiskojen koko ja pituudet (9).

## 5 Muuntamotilan paloturvallisuus

Muuntamotilaa suunniteltaessa on varmistettava, että tulipalon sattuessa tilasta poistuminen on turvallista ja pelastusreitit ovat kulkukelpoisia. Muuntamotilassa on käytettävä automaattisia suojalaitteita, jotka suojaavat kojeita mahdolliselta ylikuumenemiselta, ylikuormituksen ja sisäisten tai ulkoisten vikojen aiheuttamalta tulipalovaaralta. Laitteita, jotka synnyttävät kipinöintiä, valokaaria, räjähdyksiä tai lämpötila nousee suureksi ei saa käyttää tiloissa, ellei niissä ole rakenteellista suojausta materiaalien syttymisen varalta. (10.)

Muuntamon palokuormaan vaikuttaa suuresti muuntajassa käytettävä eristysaine ja sen nestemäärä, kuten taulukosta 4 voidaan havaita. Palokuormaan vaikuttaa myös muuntamotilan muut laitteet ja niiden rakenteiden palokuormat. (5.)

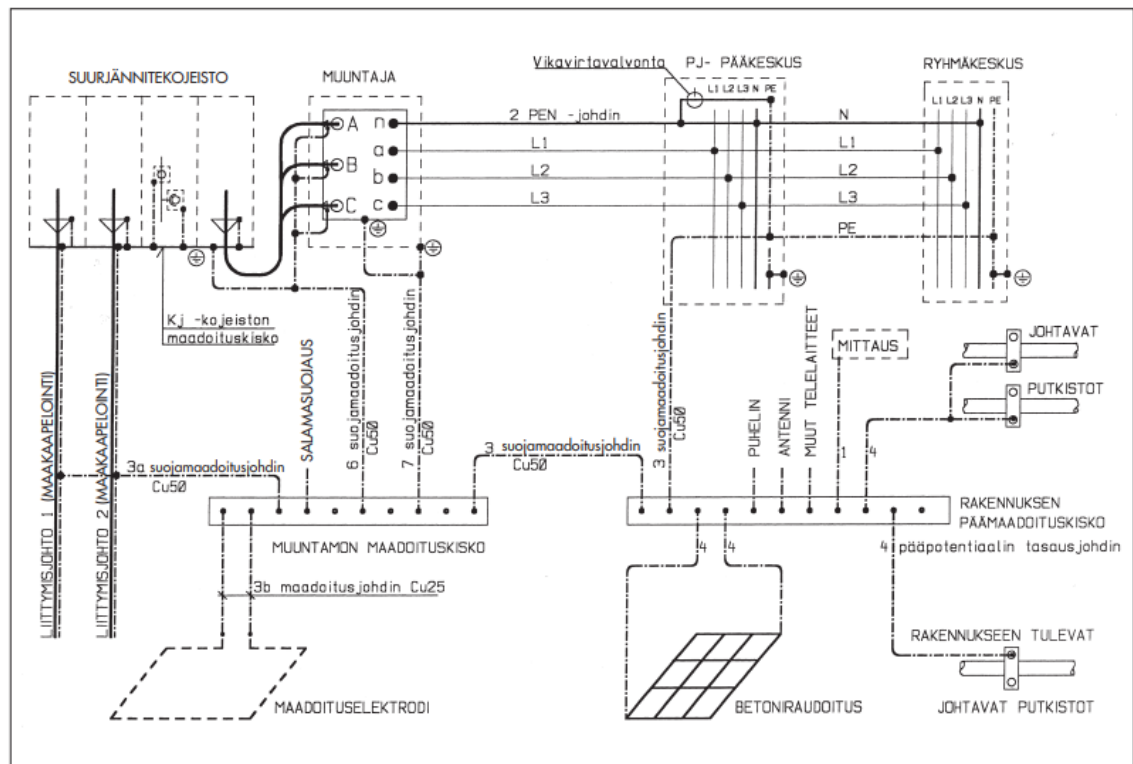
Taulukko 4. Muuntamotilan palo-osastoinnin vähimmäisvaatimukset muuntajatyypeittäin (10).

Muuntajatyppi	Luokka	Suojaustoimenpiteet
Öljyeristeiset muuntajat (O)	Nestemäärä	
	< 200 l	EI 60
	200 ... 1 000 l	EI 120 tai EI 60 ja automaattinen sammutuslaitteisto
	> 1 000 l	EI 240 tai EI 60 ja automaattinen sammutuslaitteisto
Vähemmän palonarat neste-eristeiset muuntajat (K)	Nimellisteho/maksimi jännite	
	(ei rajoitettu)	EI 60 tai EI 30 ja automaattinen sammutuslaitteisto
Kuivamuuntajat (A)	Paloluokka	
	F0	EI 60
	F1	Pintojen on täytettävä luokan B-s1,d0 vaatimukset
HUOM 1 Jos rakenteet ovat kantavia, niiden pitää täyttää sama aikavaatimus myös kantavuuden suhteen		
HUOM 2 Hartsieristeisten muuntajakäämitysten määrääjain toistuvaan puhdistukseen on varattava riittävä tila, jotta ilman tai muuntajan pinnan likaantuminen ei aiheuta sähkövikoja ja palovaaraa.		

## 6 Muuntamon maadoitukset

Rakennettaessa uutta muuntamoä täytyy sille rakentaa aina maadoituselektrodi. Maadoituselektrodin muoto määräytyy mm. maaperän rakenteen ja muuntamotilan rakenteen mukaan. Maadoituselektrodin molemmat päät yhdistetään muuntamon maadoituskiskoon kahdella Cu 25 mm<sup>2</sup> -johtimilla. Muuntamon maadoitusjohtimet ja suojamaadoitusjohtimet ovat yleensä 50 mm<sup>2</sup>:n kuparijohtimia. (11.)

Kuvassa 8 on esitetty muuntamossa tehtävät maadoitukset. Kuvassa vasemmalla on liittymisjohdot, kojeisto, muuntaja ja maadoituselektrodi liitettynä muuntamon maadoituskiskoon. Oikealla puolella on PJ-päakeskuksen maadoitus rakennuksen päämaadoituskiskoon. Tässä mallissa PEN-johtimen haaroitus on tehty PJ-päakeskuksessa. Heti haaroituksen jälkeen on laitettava vikavirran valvonta.



Kuva 8. Muuntamon maadoitusmalli, jossa PEN-johtimen haaroitus tehdään PJ-päakeskuksessa (5).



Saneerauskohteissa on tarkistettava, onko maadoituselektrodi toteutettu vesi- ja viemärijohtoilla. Jos on, niin kohteeseen on rakennettava uusi maadoituselektrodi. SFS 6000 standardi kieltää vesi- ja viemärijohtoihin perustuvan maadoituselektrodin käytön. (5.)

#### Kojeiston maadoittaminen

Muuntamon maadoituskiskosta asennetaan suojamaadoitusjohdin, joka yhdistetään kojeistossa oleviin maadoituskiskoihin ja liityntäkaapeleiden keskusköysiin. Kun maadoitetaan kaapeleiden keskusköysien kautta, voidaan olla varmoja, että kojeiston kennojen tai koko kojeiston vaihdon aikana kaapelit ovat maadoitettu ja tällöin mahdollinen kaksoismaasulku on vaaraton. Kennojen väliset liitokset eivät riitä suojamaadoitukseksi vaan jokainen kenno yhdistetään suojamaadoitusjohtimeen tai maadoituskiskoon. Maadoituskiskon ja kojeiston vaipan välinen liitos pitää aina varmistaa, vaikka liitos tehdään usein jo tehtaalla. (11.)

#### Muuntajan maadoittaminen

Muuntaja maadoitetaan sen maadoituskohtioihin. Uusissa muuntajissa on kaksi maadoituskohtiota, yksi kannessa ja yksi muuntajan alaosassa. Vanhoissa muuntajissa on vain yksi maadoituskohtio. Muuntajan vaipan ja n-navan yhdistäminen estää muuntajan pienjännitekäämin ja vaipan välille syntyvän jännite-eron vikatilanteen aiheutuessa. (11.)

#### Pienjännitekeskuksen maadoittaminen

PEN-johtimen jakaminen PE- ja N-johtimeksi voidaan tehdä pienjännitekeskuksella, jos muuntajan vaippaa ja n-napaa ei ole yhdistetty. Jos muuntajan vaippa ja n-napa on yhdistetty, täytyy PEN-johtimen jakaminen tehdä jo muuntajan n-navalta. Jos yhdistys tehtäisiin vahingossa molemmilla tavoilla se aiheuttaisi harhanollavirtoja. Harhanollavirroilla tarkoitetaan, että nollavirta kulkee vaihtoehtoista kulkureittiä pitkin ja se aiheuttaisi kiinteistössä häiriöitä, etenkin jos kiinteistössä on paljon näyttöpäätteitä ja muita herkkiä laitteita.

Pienjännitekeskuksen PE-kiskoon asennetaan suojamaadoitusjohdin rakennuksen päämaadoituskiskolta. Rakennuksen päämaadoituskisko ja muuntamon maadoituskisko yhdistetään Cu 50mm<sup>2</sup>:n johtimella. Jos pienjännitekeskuksessa on yhdistetty nolla- ja

suojamaadoituskisko (PEN-kisko), rakennuksen päämaadoituskisko ja muuntamon maadoituskisko eivät saa olla yhteydessä. Näin vältetään harhanollavirrat. (11.)

## 7 Kaksi esimerkkiprojektia

### 7.1 Pääkeskusprojekti

Pääkeskuksien uusiminen suunniteltiin isoon tehtaaseen, jossa on useita muuntamoita. Uusittaville pääkeskuksille tulee sähkönsyöttö kahdelta muuntajalta. Pääkeskuksia on kaksi (tässä työssä PK1 ja PK2), joita syöttävät omat muuntajat (tässä työssä M1 ja M2). Pääkeskukset sijaitsevat muuntamon yläpuolella, jolloin muuntajilta tulevat virtakiskot eivät ole kovin pitkiä. Pääkeskukset uusitaan kokonaan katkaisijoihin ja varokkeineen. Nykyiset kaapelit asennetaan uusiin keskuksiin ja tarvittavat kaapelit jatketaan.

Pääkeskuksien uusimisessa piti ottaa huomioon, ettei pääkeskuksien perässä olevat laitteet saaneet olla pitkään pois käytöstä. Pääkeskusurakan kulku suunniteltiin seuraavasti.

- Nykyiset kompensointilaitteet puretaan kaapeloineen ja viedään pois tilasta.
- Kytetään nykyiset pääkeskukset PK1 ja PK2 toisiinsa ottamalla yhdyskisko käyttöön. Asennetaan uusi PK2 uuteen sijaintiin ja tuodaan sille uusi virtakisko muuntajalta M1. Lisäksi tähän kiskoon kytetään myös PK1:n nykyinen virtakisko, jolloin M1 syöttää uutta PK2:sta sekä nykyistä PK1:stä. Nykyiset lähdöt siirretään nykyisestä PK2:sta uuteen.
- Nykyinen PK2 puretaan pois ja sen paikalle rakennetaan uusi PK1. Tälle tuodaan uusi virtakisko muuntajalta M2. Nykyisen PK1:n lähdöt siirretään uuteen ja nykyinen PK1 puretaan.
- Tuodaan nykyiset kompensointilaitteet takaisin tilaan.

Pääkeskus 1 (2500 A) sisältää yhdistelmäylijännitesuojan, moottorijousiohjatun pääkatkaisijan, valokaarisuojan, jossa toiminta perustuu virran ja valon mittaukseen, huoltokiskon moottorijousiohjatun kiskokatkaisijan ja maadoituskytkimen, jossa on kytkentäkykyinen lukitusmagneetti. Lisäksi keskuksessa on kolme moottorijousiohjattua katkaisijalähtöä ja kiinteistön laitteita palvelevia muita lähtöjä. Pääkeskus 2 (2500 A) sisältää muuten samat laitteet kuin PK 1:ssä, mutta huoltokiskossa on kiskokytkin kiskokatkaisijan sijaan. Lisäksi keskuksessa on kolme moottorijousiohjattua katkaisijalähtöä ja kiinteistön laitteita palvelevia muita lähtöjä. Liitteenä 1 on projektiin luotu keskuskaavio, jossa on esitetty edellä mainitut laitteet.

Pääkeskusprojektiin kuului myös piirikaavioiden piirto. Piirikaaviossa (liite 2) kuvattiin pääkatkaisijan, huoltokatkaisijan, maadoituskytkimen ja muiden katkaisijoiden lukitukset ja ohjaukset. Kaukokäyttöjärjestelmään liitettiin pää- ja huoltokatkaisijan ja maadoituskytkimen tilatiedot, valokaarisuojan laukaisutieto, suojarelevian hälytys sekä kompensointien hälytykset. Piirikaaviossa on esitetty myös mm. vitysmoottorien kytkentä apusähkökeskukseen, valokaarisuojauksen periaatekytkentä molempien keskuksien ympäri, ylijännitesuojan periaatekytkentä sekä keskuksen sisäiset johdotukset riviliittimiin.

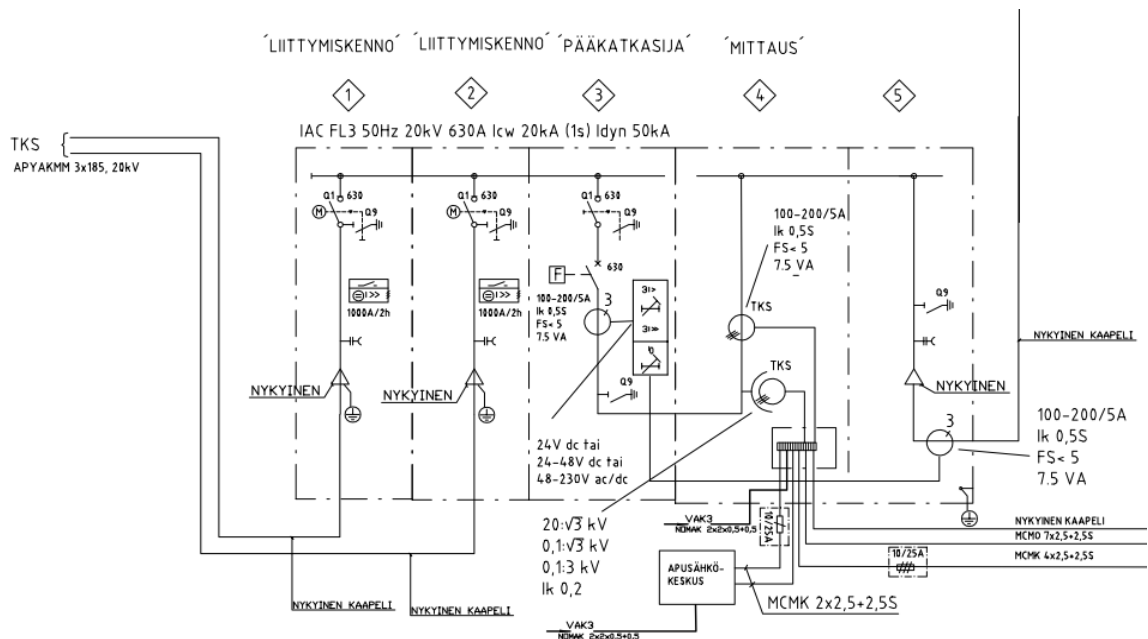
## 7.2 Keskijännitekojeistoprojekti

Keskijännitekojeiston uusiminen tehtiin Tampereelle suureen kiinteistöön. Kohteen nykyisen 20 kV:n keskijännitekojeiston suunnitelmat on päivätty 1981. Keskijännitekojeistoa lähdettiin uusimaan koska sen ilmaeristeiset laitteet olivat vanhat ja todella huonossa kunnossa, eivätkä toimineet kunnolla. Kojeisto sijaitsee rakennuksen kellarikerroksessa ja kaksi muuntajaa on sijoitettu neljänteen kerrokseen.

Urakassa uusittiin kellarikerroksen kojeisto, joka koostuu kahdesta liittymiskennosta, pääkatkaisijakennosta ja mittauskennosta. Tampereen Sähköverkko Oy hyväksyi, että myös uuden kojeiston liittymiskennot, pääkatkaisijakenno ja mittauskenno voivat olla ilmaeristeisiä ja tämä mahdollisti nykyisten liittymiskaapeleiden hyödyntämistä uuden kojeiston asentamisessa. Myös kojeistolta muuntajille lähtevät kaapelit säästettiin ja käytettiin uuden kojeiston asennuksessa.

Uusi kojeisto pyrittiin sijoittamaan niin, ettei nykyisille liittymiskaapeleille tarvitse tehdä jatkoja. Myös kojeistolta lähtevät kaapelit saatiin asennettua uudelle kojeistolle ilman jatkojen tekemistä. Näin säästettiin hieman urakan hintaa ja aikaa.

Kuvassa 9 on esitetty 20 kV:n keskijännitekojeisto, joka suunniteltiin kohteeseen. Kaavio tehtiin Tampereen Sähköverkko Oy:n ohjeiden mukaisesti. Kuvassa oikealla oleva kaapelilähtökenttä lisättiin, jotta saatiin kojeistolta tarpeeksi pituutta nykyisten kaapeleiden liittämistä varten ilman jatkoksia.



Kuva 9. 20 kV:n keskijännitekojeiston mallikaavio.

Kuvassa 10 nähdään kohteen kojeistohuoneen nykyiset maadoituskiskot. Maadoituksia on lisätty jälkepäin ja siksi on jouduttu lisäämään maadoituskiskoja. Urakassa puretaan nykyiset maadoituskiskot ja asennetaan riittävän iso maadoituskisko kaikille maadoituksille. Maadoitukset tehdään myös olemassa oleville ripustuskiskoille ja hyllyille, joita ei ollut maadoitettu aikaisemmin.



Kuva 10. Kohteen nykyiset maadoituskiskot.

Kojeiston uusiminen suunniteltiin Tampereen sähköverkon antamien ohjeiden mukaisesti. Ohjeessa mainitaan, että liittymiskenttien erottimet täytyy varustaa moottoriohjaimilla, joissa käytetään 24:n tai 48 VDC:n apujännitettä ja liittymiskaapelin jokaisessa vaiheessa tulee olla kiinteä oikosulkuilmaisin. Oikosulkuilmaisimien asetteluarvo asetetaan 800–1000 A välille. Ohjeen mukaan kojeistohuoneeseen laitettiin tilavaraus kauko-ohjauksen liikennöintilaitteelle, minkä mitat ovat 600 mm x 800 mm x 400 mm (leveys x korkeus x syvyys). (12.)

## 8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli antaa tekijälle ja lukijalle käsitys kiinteistömuuntamosta ja mitä asioita pitää ottaa huomioon, kun sitä lähdetään suunnittelemaan. Insinööriyössä tutustuttiin kiinteistömuuntamon laitteisiin, paloturvallisuuteen ja maadoituksiin sekä näihin koskeviin standardeihin, määräyksiin ja eri sähköverkonhaltijoiden ohjeisiin. Insinööriyön tavoite oli tehdä suunnitteluapuna käytettävä materiaali ja koota tietoa kiinteistömuuntamon sisältämistä laitteista. Insinööriyötä tehdessä tehtiin myös suunnitelmat kahteen kohteeseen. Ensimmäisenä projektina oli suunnitella kahden pääkeskuksen uusiminen ja toinen projekti oli suunnitella keskijännitekojeiston uusiminen. Insinööriyön

aikana saatiin täydentäviä tietoja standardeista ja verkonhaltijan ohjeista sekä työ antoi tekijälle hyvät tiedot ja tiedonlähteet kiinteistömuuntamoiden saneerauksen suunnittelusta. Tulevaisuudessa tekijän on helpompi hakea tietoa tästä aiheesta ja projektin kulku on sujuvampaa.

## Lähteet

- 1 Korpinen Leena. 2017. Verkkoaineisto. Sähkön siirto ja jakeluverkot. <[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/3sahkon\\_siirto\\_ja\\_jakeluverkot.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/3sahkon_siirto_ja_jakeluverkot.pdf)>. Luettu 11.11.2019.
- 2 Jakelujohdot ja -muuntamot. 2019. Verkkoaineisto. STUK. <<https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/jakelujohdot-ja-muuntamot>>. 1.8.2019 Luettu 11.11.2019.
- 3 Keskijänniteliittyjän muuntamot. 2019. Verkkoaineisto. Helen sähköverkko Oy. <<https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/palvelut/ohjeet/hsv-liittyma-keskijanniteliittyjien-muuntamot-su20219.pdf>>. Luettu 3.1.2020.
- 4 Jakelumuuntajat. 2020. Verkkoaineisto. Schneider Electric. <<https://www.se.com/fi/fi/product-category/3600-jakelumuuntajat/?filter=business-6-keskij%C3%A4nnitejakelu-ja-automaatio>> Luettu 8.4.2020.
- 5 ST 53.11. 2018. Kuluttajamuuntamot. Sähkötietokortisto. Espoo: Sähköinfo.
- 6 Vehkaniemi Marko. 2016. Verkkoaineisto. Keskijännitejakelujärjestelmä kiinteistöissä. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/114839/Vehkaniemi\\_Marko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/114839/Vehkaniemi_Marko.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 17.1.2020.
- 7 Uniswitch keskijännitekojeisto. 2020. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://library.e.abb.com/public/0c8cf4b3a630586fc12573d2004b1e1d/UNIS5FI%200801.pdf>> Luettu 8.4.2020.
- 8 SM6 modular units. 2018. Verkkoaineisto. Schneider electric. <[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=SM6\\_AMTED398078EN\\_0918.pdf&p\\_Doc\\_Ref=AMTED398078EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=SM6_AMTED398078EN_0918.pdf&p_Doc_Ref=AMTED398078EN)>. Luettu 8.4.2020.
- 9 Korpinen Leena. 2000. Verkkoaineisto. Käytännön kokemuksia kiinteistömuuntamoiden magneettikenttien pienentämisestä. <[http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/kokemuksia\\_kiinteistomuuntamoiden\\_magneettikenttien\\_pienentamisesta.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/kokemuksia_kiinteistomuuntamoiden_magneettikenttien_pienentamisesta.pdf)>. Luettu 3.1.2020.
- 10 SFS 6001. 2018. Suurjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS Ry.
- 11 Nurmi, Tapani. 2014. Maadoituskirja. Espoo: Sähköinfo Oy.

- 12 Asiakasmuuntamot yleisohje. Verkkoaineisto. Tampereen sähköverkko.  
<[https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahko-verkko/tsv-ohjepankki/2.sahkonsuunnittelijalle-ja-urakoitsijalle/2.-keskijanniteliit-tyma-asiakasmuuntamo/1.asiakasmuuntamot\\_yleisohje.pdf](https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahko-verkko/tsv-ohjepankki/2.sahkonsuunnittelijalle-ja-urakoitsijalle/2.-keskijanniteliit-tyma-asiakasmuuntamo/1.asiakasmuuntamot_yleisohje.pdf)>. Luettu 3.4.2020.



## Pääkeskusprojektin keskuskaavio

Liitteessä on PK1:n keskuskaavion kaksi ensimmäistä sivua, joissa on näkyvillä katkaisijat, kytkimet ja muut laitteet. Muut lähdöt eivät ole tärkeitä työn kannalta.

	Nro	Nykyinen	Nimitys	kW	Sulake	Kaapeli
			N-PE kiskojen yhdistys (käyttömaadoitus)			
			Maadoituskiskoon			MM 120 Kevi
			Rungon maadoitus			
			Yhdistelmäytijännitesuoja Esin, Dehn Ventil DV255		315/400	
			Pääkytkin, syöttö muuntajalta M71.1 Moottorijousiohjattu (110VDC) ilmakatkaisija		2500	KISKOSILTA 4x250I
			ABB Sace Emax E3S25 PR122LSI sähköinen kiinnijauspainike lukitus maadoituskytkineen			
			CARLO GAVAZZI WMB-96			
			Valokaarisuoja Toiminta perustuu virran ja valon mittaukseen.			
			laukaisuhjous katkaisijalle Q710 ja Q711 Virtalähtö PK70.2			
			Katkaisijoiden kärkiliedot KK.M70 Ala-aseman REF			MMO 19x2,5
			Kiskokatkaisija huoltokiskoon Moottorijousiohjattu (110VDC) ilmakatkaisija		2500	KISKOSILTA 4x250I
			ABB SACE Emax E3S25 PR122LSI Sähköinen kiinnijauspainike lukitus maadoituskytkineen.			
			Maadoituskytkin kytöntäkykyinen Lukitusmagneetti (110VDC) lukitukset pää- ja kiskokytkimiin		2500	

	Nro	Nykyinen	Nimitys	kW	Sulake	Kaapeli
			IN-1970 Konekeskus 70.12		1250A	2x(MCHK 3x240-121) +(2xMK120)
			ABB SACE EMAX+ LSI Moottori-jousiohjattu			
			Varalla		1250A	
			ABB SACE EMAX+ LSI Moottori-jousiohjattu			
			NK71 UPS Huolto ohitus		1250A	AXMK 3x4X310 +2x300+2x300 Uusi kaapeli
			ABB SACE EMAX+ LSI Moottori-jousiohjattu			
			C3 Val- ja ilmast keskus 70.11 [BCVL-1]		200/400	AXCMK 3x185+57
			C3 Val- ja ilmast keskus 70.12 [BCVL-2]		200/400	AXCMK 3x185+57
			C4 Val- ja ilmast keskus 70.15		200/400	AXCMK 3x185+57
			C4 Val- ja ilmast keskus 70.16		200/400	AXCMK 3x185+57
			C3 Voimakeskus 1 70.13		315/400	2x(AXCMK 3x120+41)
			C3 Voimakeskus 2 70.14		315/400	2x(AXCMK 3x120+41)
			C4 Voimakeskus 1 70.17		315/400	2x(AXCMK 3x120+41)
			C4 Voimakeskus 2 70.18		315/400	2x(AXCMK 3x120+41)

## Pääkeskusprojektin piirikaavio

Liitteessä on esitetty PK1:n piirikaavion pääkatkaisija ja sen apukoskettimet, mittaus, tilatiedot, viritysmoottorit, ohjaus ja valokaari- ja ylijännitesuojaus.

