



Asiakasmuuntamon määräykset ja tarkastaminen

Tatu Nieminen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

NIEMINEN, TATU:

Asiaksmuuntamon määräykset ja tarkastaminen

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Kesäkuu 2021

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Eltel Networks Oy:lle. Opinnäytetyön pohjalta tuotettiin asiakasmuuntamoiden tarkastuksia varten toimeksiantajayritykselle muistilista, jota tullaan hyödyntämään asiakasmuuntamoiden tarkastuksissa ja työntekijöiden koulutustarkoituksessa. Tuotettu muistilista on hyödyllinen työkalu sähkösuunnittelijoille keskijänniteliittymän suunnitteluvaiheessa ja vastaavasti työpäälliköille toteutusvaiheessa. Varsinaista muistilistaa ei julkaista tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä käsitellään asiakasmuuntamon rakentamiseen liittyviä määräyksiä, lakeja ja standardeja keskijänniteliittymän suunnitteluvaiheesta käyttöönottoon saakka. Pääpainona ovat sähköverkkoyhtiön (Helen Sähköverkko) omat ohjeistukset.

Lähdeaineistona opinnäytetyöhön on käytetty Helen Sähköverkon suunnittelu- ja urakointiohjeita, ST-kortistoa, sähköstandardeja ja -lakia, sähköalan kirjallisuutta ja asiantuntijahaastattelua.

Asiasanat: asiakasmuuntamo, keskijänniteliittymä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Power Engineering

NIEMINEN, TATU:
Regulations and Inspections of Customer Transformer Substations

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 5 pages
June 2021

This bachelor's thesis is carried out as an assignment for Eltel Networks Oy. On the basis of the thesis, a checklist of the regulations and inspections of customer transformer substations was produced. The checklist will be used for inspections and educational purposes. It is a useful tool for electrical designers in the design phase and for foremen in the implementation phase of a medium voltage connection. The actual checklist will not be published in this thesis.

The thesis deals with the regulations, laws and standards related to the construction of customer transformer substation from the design stage of a medium voltage connection to implementation.

The source material for the thesis was the electricity network company's (Helen Sähköverkko) design and contracting instructions, electrical standards and law, literature on electrical distribution and an expert interview.

Key words: customer transformer substation, medium voltage connection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KESKIJÄNNITELIITTYMÄT	7
	2.1 Keskiänniteverkko ja -liittymät	7
	2.2 Suunnittelu	9
	2.3 Liittymissopimus	9
	2.4 Saneerauskohteet	10
3	MUUNTAMOTILAT	11
	3.1 Tilantarve	11
	3.2 Tilan lukitus ja kulkureitit	12
	3.3 Ilmanvaihto	14
	3.4 Paloturvallisuus	15
	3.5 Valokaarioikosulun painevaikutus	17
	3.6 Muita rakennusteknisiä vaatimuksia	18
	3.7 Erilliset muuntamot	18
4	KESKIJÄNNITEKOJEISTOT	20
	4.1 Yleistä kojeistoista	20
	4.2 Mitoittaminen	20
	4.3 Kaapelireitti	21
	4.4 Liittymiskennot	22
	4.5 Pääkytkinkenno	24
	4.6 Releasettelut	25
	4.7 Mittauskenno ja mittarointi	26
	4.8 Muuntajat ja muuntamoautomaatio	29
	4.9 Maadoitukset	30
5	SÄHKÖLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO	32
	5.1 Tarkastukset ja koestukset	32
	5.2 Käyttöönotto	33
	5.3 Laitteiston hoito-ohjeet	33
6	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

LYHENTEET JA TERMIT

HSV	Helen Sähköverkko
PJ	Pienjännite
KJ	Keskijännite
SJ	Suurjännite
JVH	Jakeluverkon haltija. Yhteisö tai laitos, joka harjoittaa luvanvaraista sähköverkkotoimintaa
Jakeluverkko	Sähköverkko, jonka nimellisjännite alle 110 kV
Liittyjä	Sähkönkäyttöpaikan tai -tuotantopaikan omistaja/haltija

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Eltel Networks Oy:lle. Tavoitteena oli tuottaa asiakasmuuntamoiden tarkastuksia varten muistilista, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää asiakasmuuntamoiden tarkastuksissa ja työntekijöiden koulutustarkoituksessa. Tarkastuslista todettiin tarpeelliseksi tehdä, koska asiakasmuuntamoita rakennetaan ja saneerataan Helsingissä paljon, eikä tiivistä ja helposti luettavaa tarkastuslistaa ollut. Varsinaista muistilistaa/ohjeistusta ei julkaista tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä käsitellään asiakasmuuntamon rakentamiseen liittyviä määräyksiä, lakeja ja standardeja keskijänniteliittymän suunnitteluvaiheesta käyttöönottoon saakka. Pääpainona ovat kuitenkin sähköverkkoyhtiön (Helen Sähköverkko) omat suunnittelu- ja rakentamismääräykset asiakasmuuntamoille. Eltel Networks Oy solmi viisi vuotisen kumppanuussopimuksen Helen Sähköverkon (HSV) kanssa sähkönjakeluverkon rakentamisesta ja ylläpidosta Helsingin alueella. Sopimus pitää sisällään mm. suunnittelua, rakentamista, viankorjausta, kunnossapitoa ja dokumentointia.

2 KESKIJÄNNITELIITTYMÄT

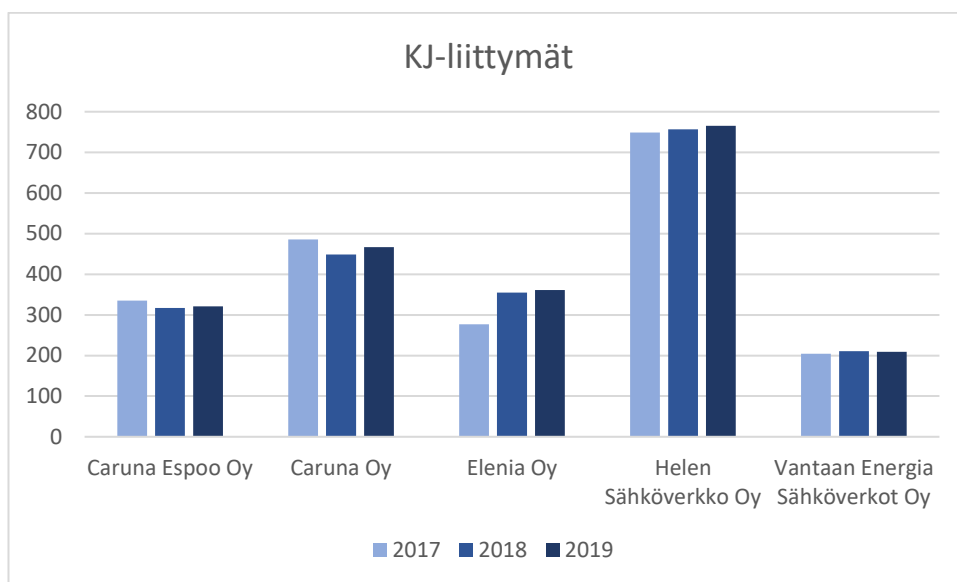
2.1 Keskijänniteverkko ja -liittymät

Standardissa SFS-EN 50160 keskijännitteellä (KJ) tarkoitetaan 1 – 36 kV jännitealuetta. KJ-verkko koostuu verkkoyhtiön jakelumuuntamoista, asiakasmuuntamoista, KJ-kaapeleista ja niiden kytkinlaitteista. Suomessa keskijänniteverkon jännitetaso on tyypillisesti 20 kV ja joissakin kaupungeissa käytetään myös 10 kV:n jännitetasoa. Keskijänniteverkko on joko maasta erotettu tai sammutusku-ristimen kautta sammutettu. KJ-verkon toiminnalla on suuri vaikutus sähköverkon käyttövarmuuteen, sillä n. 90% verkon keskeytyksistä johtuu KJ-verkon vi-
katilanteista (Lakervi & Partanen 2008, 125)

Helen Sähköverkon 20 kV jakeluverkko on kompensoitu ja 10 kV jakeluverkko maasta erotettu. Vuonna 2018 tehtiin maadoitustapamuutos 20 kV verkkoon. Keskijänniteverkko on rakennettu silmukoiduksi, mutta sitä käytetään säteittäisenä. HSV:n alueella kaapelointiaste on 99,7% keskijänniteverkossa. (Helen Sähköverkko Oy, pääkatkaisijan relesettelut, 2018)

Helen Sähköverkon jakeluverkossa jakelujännitteet ovat joko 10 kV (kantakaupungissa) tai 20 kV. Keskijänniteliittymien liittämistapa käsitellään aina tapauskohtaisesti ja siihen vaikuttaa suuresti verkon jännitetaso. Myös liittyjältä peritty liittymismaksu määräytyy aina tapauskohtaisesti. Maksu perustuu liittymän rakentamisesta aiheutuviin jakeluverkon laajennuskustannuksiin, sekä kapasiteettivarausmaksuun. Yleensä liittymä liitetään lähimmän johtolähdön varrelle, mutta suuritehoisille liittymille voi olla tarpeellista rakentaa sähköasemalta asti uusi johtolähtö. 10 kV verkossa suuritehoisen liittymän rajana on 2,5 MVA ja 20 kV verkossa 5 MVA. Liittämiskohta on pääsääntöisesti asiakasmuuntamon liittymiskenttien liittimillä ja sen jälkeisen osuuden sähköverkoston rakentamisesta vastaa aina liittyjä verkon jännitetasosta riippumatta. Keskijänniteliittymille ei ole varsinaista alarajaa kokonsa puolesta, mutta suositellaan keskijänniteliittymän harkitsemista, kun liittymän tehon tarve on yli 500kVA. (Helen Sähköverkko Oy:n sähkönkäyttöpaikkojen liittymismaksuperiaatteet, 2020)

Keskijänniteliittymiä rakennetaan tyypillisesti kohteisiin, joissa on suuri tehontarve. Näitä rakennustyyppisiä ovat mm. kauppakeskukset, sairaalat, kirjastot, urheiluhallit ja opetusrakennukset. (ST 41.10 2017) Kuviossa 1 on listattu Energiaviraston verkkosivuillaan julkaisemien tilastotietojen perusteella vertailuksi suurimpien jakeluverkkoyhtiöiden keskijänniteliittymien lukumäärät vuosilta 2017-2019.



KUVIO 1. KJ-liittymien määrät suurimmilla jakeluverkkoyhtiöillä (Energiavirasto)

Helen Sähköverkko Oy:n alueella on verrattain paljon keskijänniteliittymiä. Kuvaajasta voidaan todeta, että HSV:n verkkoon liittyy vuosittain noin kymmenen uutta keskijänniteliittymää. Uusien liittymien lisäksi vanhoja muuntamoita saneerataan paljon.

Helsingin Itäkeskuksen ja Espoon Keilaniemen välille on rakentumassa pikaraitiolinja Raide-Jokeri. Rakentaminen alkoi kesäkuussa 2019 ja liikennöinti on tarkoitus aloittaa kesäkuussa 2024. Radan kokonaispituus on n. 25 km ja radan varrelle rakennetaan yhteensä 16 sähkönsyöttöasemaa, joista jokainen tarvitsee oman keskijänniteliittymänsä. Sähkönsyöttöasemilla sähkö muutetaan sopivaksi raitiovaunuille. Sähkönsyöttöasemista yhdeksän sijaitsee Helsingissä ja liittyvät Helen Sähköverkon 20 kV:n jakeluverkkoon. (Raidejokeri n.d)

2.2 Suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa tulee arvioida liittymän vuotuista sähköenergian tarvetta ja huipputehoa sekä selvittää jakeluverkonhaltijalta (JVH) sähkönsiirtomaksut, liittymisehdot ja -maksut. JVH:lta on selvitettävä myös käytettävien liittymisjoh-
tojen poikkipinta-ala, kaapelien lukumäärä ja reitti. Mikäli kyseessä on saneerauskohde, niin on hyvä selvittää jo suunnitteluvaiheessa hyvitykset mahdollisten poistettavien liittymien osalta. Suunnitteluvaiheessa tulee perehtyä myös JVH:n asettamiin ohjeisiin koskien asiakasmuuntamoita. Ennen lopullisia suunnitelmia sähkösuunnittelijan tulee selvittää liitteen 1 mukaiset perustiedot. (ST 53.11, 2018)

Keskijänniteliittymää suunniteltaessa muuntamon sijainti, rakenteet ja kaapelirei-
tit on hyväksyttävä HSV:llä ennen rakennuslupahakemuksen käsittelyä. Suositeltavaa on, että sähkösuunnittelija toimittaisi mahdollisimman varhaisen vaiheen pääpiirustussuunnitelmat kohteen sijainnista ja koosta JVH:lle, jolloin voidaan jo suunnitteluvaiheessa vaikuttaa muuntamotilan sijaintiin ajatellen liittymiskaapeleiden tulosuuntaa. Ennen keskijänniteliittymän tilaamista tulee toimittaa liitteen 2 mukaiset dokumentit HSV:lle. Tarvittaessa verkonhaltija voi pyytää myös muita dokumentteja. (Helen Sähköverkko Oy, Suuret Sähköliittymät, 2020)

2.3 Liittymissopimus

Jakeluverkkoyhtiön ja rakennuksen omistajan on tehtävä liittymissopimus mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, koska liittymän rakentaminen voi edellyttää jakeluverkonhaltijalta suuriakin verkonrakennustoimenpiteitä. Siksi liittyjän on tilattava liittymisjohto vähintään kolme kuukautta ennen toivottua liittymisajankoh-
taa. Liittymissopimuksella JVH ja liittyjä sopivat juridisesti sähkönkäyttö- tai tuotantopaikan ja jakeluverkon välisestä sähkönjakeluyhteydestä, liittämiskohdasta ja liittymismaksusta. (LE 2019, 2019)

Liittämiskohta on JVH:n ja liittäjän sähkölaitteiston välinen omistusraja ja liittymismaksulla tarkoitetaan maksua, jonka suorittamisen jälkeen liittyjä saa sopimukseen perustuvat oikeudet. Liittäjän sähkölaitteisto voidaan liittää jakeluverkkoon, kun liittymissopimus on voimassa, liittymismaksu on suoritettu ja verkonhaltijalle ilmoitettu kytkentävalmius. (LE 2019, 2019)

2.4 Saneerauskohteet

Muutos- ja laajennustöissä periaatteena on, että uudet suurjännitesähköasennukset toteutetaan standardin SFS 6001 mukaisesti. Mikäli asennus uusitaan kokonaisuudessaan tai laajennetaan asentamalla uusia muuntajia, tulee asennukset toteuttaa uusimman standardin mukaisesti. Työn ulkopuoliset sähköasennukset voidaan jättää ennalleen, mikäli niistä ei aiheudu vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Myös korjaustyöt voidaan tehdä laitteiston rakentamisajankohdan vaatimusten mukaan. (ST 53.11, 2018)

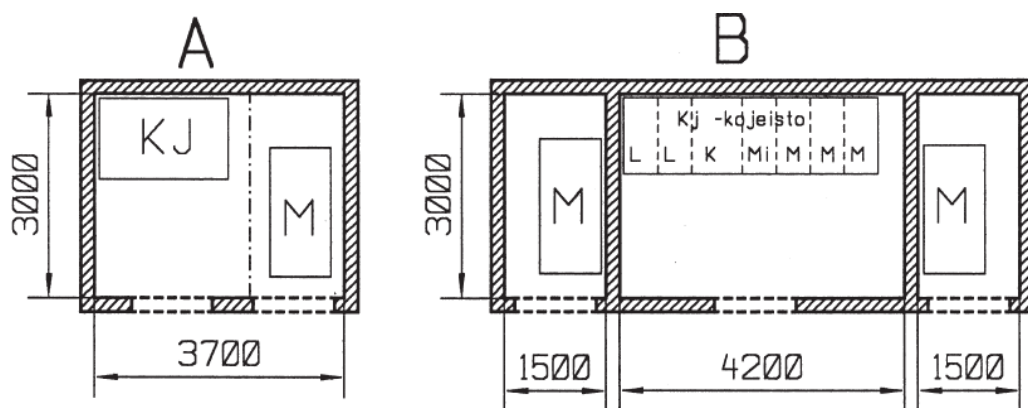
Yleinen suositus on, että vanhat suurjännitteiset avokojeistot poistettaisiin käytöstä ja korvattaisiin SF₆-eristeisillä tai vastaavilla kojeistoilla. Avokojeistot ovat vaarallisia, koska ne ovat vanhoja, niissä on huono henkilöturvallisuus ja kytkinlaitteiden toiminta epävarmaa. Kojeston uusimisella voidaan saavuttaa huomattavasti parempi käyttöturvallisuus ja -varmuus. Avokojeistoissa tapahtuva valokaarioikosulku on huomattavasti suurempi, kuin vastaavilla ilma- tai kaasueristeisillä kojeisoilla ja muuntamon rakenteet eivät välttämättä kestä. (ST 53.11, 2018)

3 MUUNTAMOTILAT

3.1 Tilantarve

Muuntamo tulee sijoittaa omaan erilliseen rakennukseen tai rakennuksen ulkoseinustalle maan tasolla olevaan kerrokseen, jotta muuntamoon pääsee nopeasti ja esteettömästi, kaapelireitti olisi mahdollisimman lyhyt ja kaapeli-asennuksen palonkesto paranee (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020). Tilantarpeeseen vaikuttaa suuresti käytettävä keskijännitekojeisto. SF₆-kaasun käyttäminen eristeenä on yleistynyt ja keskijännitekojeistojen tilantarve on pienentynyt kolmasosaan verrattuna ilmaeristeisiin kojeistoihin. Kuvassa 1 on esimerkit muuntamotiloista. (ST 53.11, 2018)

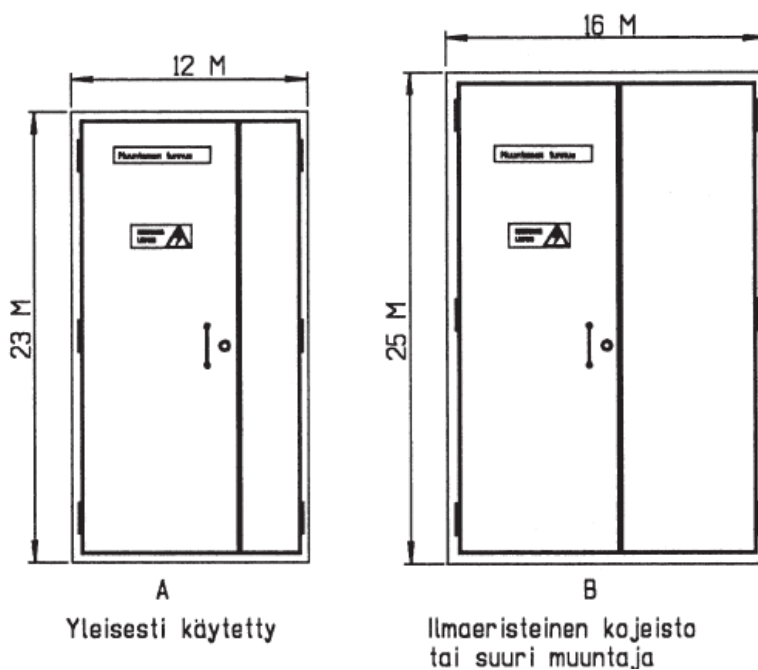
Malli A on yleisesti käytössä alle 1600 kVA yhden muuntajan muuntamoissa ja malli B on esimerkki muuntamotilasta, jossa on suurikokoisia (vanhoja) muuntajia ja ilmaeristeiset kojeistot. Mallissa A pistekatkoviivalla merkattua suojaseinää ei tarvita, mikäli muuntajan rakenne on kosketussuojattu. (ST 53.11, 2018)



KUVA 1. Muuntamotilamallit (ST 53.11, 2018)

Muuntamotiloista on muitakin variaatioita, joissa pienjännitekeskus (PJ-keskus) on asennettu samaan tilaan. HSV:n ohjeistuksen mukaan PJ-keskus tulee sijoittaa omaan erilliseen huoneeseensa. Kaikissa muuntamotiloissa suurjännite ja pienjännitekojeistojen alle tulee rakentaa tarvittavat kaapelikanavat. (Helen sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Muuntamoiden ovet ja niiden mitat on esitetty kuvassa 2. Ovien mitoitusten lisäksi tulee huomioida niiden paloluokitukset. Yleisesti muuntamotilojen korkeus tulee olla vähintään 2500 mm. Pienemmillä, varsinkin kosketussuojatuilla muuntajilla ja SF₆ -eristeisillä keskijännitekojeistoilla päästään hieman pienempiin korkeuksiin. Hoitotiloissa ja poistumisteillä tulee olla vähintään 2100 mm vapaata korkeutta. (ST 53.11, 2018)



KUVA 2. Muuntamon ovet, M=100 mm (ST 53.11, 2018)

3.2 Tilan lukitus ja kulkureitit

Muuntamotilan ovien tulee avautua ulospäin ja ne on varustettava vetimillä ja kiinteällä avaimella toimivalla lukolla. Vetimet tulee olla molemmin puolin ovea ja lukkojen sarjoittamisesta on sovittava erikseen JVH:n kanssa. (Helen sähköverkon toimintamalli seuraavassa kappaleessa). Muuntamon oveen on asennettava SFS-EN ISO 7010 mukainen varoituskilpi (KUVA 3). Kaksiosaisiin oviin suositellaan asennettavaksi hätäsalpa, joka on avattavissa aina sisäpuolelta mahdollisen vahingon sattuessa (ST 53.11, 2018)



KUVA 3. Varoituskilpi

Muuntamotilan oveen on asennettava Helen Sähköverkon muuntamosarjan lukko, joka takaa turvallisen ja luotettavan sisäänkäynnin muuntamoon. Avainpesät tilataan erillisellä tilauslomakkeella Heleniltä. HSV:n verkkoon suoraan liitettävien muuntamoiden avainpesien toimituksista ja kustannuksista vastaa HSV. Lukitusjärjestelmässä käytetään Abloyn Protec2 tuotteita. Elektromekaanisen lukitusjärjestelmän käyttö vähentää avainten väärinkäyttöä ja kopiointia ja mahdollistaa paremman kulunseurannan ja raportoinnin. Toimitusaika tavallisimmille avainpesille on muutama päivä ja tehdastilattavilla viikkoja. (Helen Sähköverkko Oy, Asiaskuuntamoiden lukitusjärjestelmä, 2020)

Mikäli kulku muuntamoon tapahtuu sisäkautta tai esimerkiksi lukitun portin kautta, niin on asennettava avainsäilö kiinteistön julkisivuun. Avainsäilöjen lukot ja asennukset ovat asiakkaalle maksuttomia. Avainsäilössä säilytetään reittiavainta, jonka tulee olla mekaaninen avain, sillä sähkökatkon aikana sähköiset lukitus- ja kulunvalvontajärjestelmät eivät välttämättä toimi. Muuntamon oveen tulee turvakilpien lisäksi merkitä HSV:n ilmoittama muuntamon numerotunnus. (Helen Sähköverkko Oy, Asiaskuuntamoiden lukitusjärjestelmä, 2020)

3.3 Ilmanvaihto

Kiinteistöön sijoitetussa muuntajatilassa ilmanvaihtokanavat tulee johtaa mahdollisimman suoraan ulos. Tuloilma on otettava mahdollisimman viileästä ja pölyttömästä paikasta ja ohjattava muuntajan alaosaan tehokkaan jäähdytyksen takaamiseksi. Muuntamon oman ilmanvaihdon tulee olla erillään muun kiinteistön ilmanvaihdosta. Muuntamotilan ulkopuolisten hormien tulee täyttää palomääräysten vaatimukset ja poistoaukon välittömässä läheisyydessä ei saa olla palavia rakenteita. Lisäksi suositellaan ulkoilman puoleiseen päähän asennettavaksi vahva kiinteä säleikkö. (ST 53.11, 2018)

Kiinteistömuuntamoissa ei tavallisesti voida käyttää riittävää luonnollista ilmanvaihtoa ja ilmanvaihto joudutaan toteuttamaan koneellisesti. Koneellinen ilmanvaihto tulee varustaa automaattisella ohjauksella. Ohjaus voidaan toteuttaa käyttämällä huonetermostaattia tai muuntajan kosketinlämpömittaria tai niiden yhdistelmää. Voidaan käyttää kaksinopeuksista puhallinta, jolloin esimerkiksi kosketinlämpömittari käynnistää pienemmän nopeuden ja tarvittaessa huonetermostaatti käynnistää suuremman nopeuden. Ilmanvaihtolaitteistojen hälytykset ohjataan kiinteistön hälytysjärjestelmään. Koneellisessa ilmanvaihdossa tulee kiinnittää huomiota myös mahdollisiin meluhaittoihin, jolloin ilman nopeuden tulee olla riittävän alhainen ja tarvittaessa estetään runkorakenteisiin johtuva ääni. (ST 53.11, 2018)

Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 1 on esitetty koneellisen ilmanvaihdon poistettava ilmamäärä muuntamosta eri muuntajatehoilla ja Δt :llä tarkoitetaan tulo- ja poistoilman lämpötilan erotusta. Arvot pätevät tavanomaisille verkkovalmistajan muuntamon kuormituksille ja tarvittaessa taulukkoarvoja tulee suurentaa, jos kuorma on tasainen ja/tai kuormituksen huippu on kesäaikaan. (ST 53.11, 2018)

TAULUKKO 1. Muuntamosta poistettava ilmamäärä (ST 53.11, 2018)

Muuntajan teho (kVA)	Poistettava ilmamäärä (m ³ /h)	
	$\Delta t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
800	1200	2300
1000	1400	2800
1250	1600	3100
1600	1900	3900

HSV:n ohjeistuksissa mainitaan lisäksi, että ilmanvaihtolaitteet tulee sijoittaa siten, että ne ovat huollettavissa muuntamon ollessa jännitteinen ja ohjeistetaan sijoittamaan termostaatti muuntajan lähelle vapaalle seinälle. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

3.4 Paloturvallisuus

Ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017 esitetään rakennusten palotekniset vaatimukset palokuormaryhmittäin. Palokuormaryhmä määräytyy palo-osaston käyttötarkoituksen tai palokuorman mukaan. Kansallisten rakentamismääräysten mukaan tilasta, jossa on suurjännitesähkölaitteita esimerkiksi muuntamo, on muodostettava oma palotekninen osasto. Palo-osastointia koskevat vaatimukset eivät koske erillisiä muuntamoita. Palo-osastolla tarkoitetaan rakennuksen osaa, josta palon leviäminen on määrätyn ajan estetty. Palokuorma on vapautuva kokonaislämpömäärä, kun tilassa oleva aine palaa täydellisesti. (Ympäristöministeriön asetus 848/2017, 2017)

Suurjännitesähkösäennukset -standardissa SFS 6001:2018 esitetään palo-osastointiin liittyviä vähimmäisvaatimuksia kiinteistöön sijoitettavalle muuntamolle (taulukko 2). Muuntajan tyyppi vaikuttaa oleellisesti vaadittuihin suojaustoimenpiteisiin. Yli 200 l muuntajan muuntamoille vaaditaan automaattinen sammutuslaitteisto. Muuntamon ovet tulee olla palokestoluokitukseltaan EI 60. Poikkeuksena suoraan ulos aukeavat ovet, joille riittää, että ne eivät ole palonarkaa materiaalia. Muuntajan toiminnan kannalta tarpeelliset oviin tai vastakkaisiin seiniin tehtävät tuuletusaukot ovat sallittuja. Tuuletusaukkoja suunniteltaessa tulee

ottaa huomioon mahdollisten kuumien palokaasujen ulosvirtaus. (SFS 6001:2018)

TAULUKKO 2. Palosuojauksen vaatimukset (SFS 6001:2018, s.71)

Muuntajatyyppe	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 D-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.		

Tarpeelliset putket, kanavat, johdot ja hormit saa johtaa tarvittaessa osastoivan rakennusosan läpi edellyttäen, ettei rakennusosan osastoivuus heikkene olennaisesti. (E1, 2017) Palomuurien, osastovien seinien ja välipohjien läpivienteihin tulee tehdä palokatkot. Palokatko tarkoittaa sähköjohtojen, -putkien tai muiden teknisten järjestelmien tiivistämistä vastaamaan rakenteen palo-osastointia. Tulipalon sattuessa palokatkot estävät liekkien ja savukaasujen leviämisen läpivienneistä. Myös palo-osaston sisällä suositellaan tekemään palokatkoja väli-seinien ja välitasojen kohdalle. Palokatkot on paras tehdä välittömästi kaapeli-asennusten jälkeen käyttämällä lopullista läpiviennin tiivistysratkaisua. Väliaikaisia tiivistyksiä ei suositella, koska ne jäävät usein lopullisiksi. Kaapelien palokatkoasennukset voidaan tehdä massaamalla. (Kautto. P. 2016)

HSV:n KJ-verkossa käytettävä AHXAMK-W -kaapeli ei ole palosuojattu, joten palosuojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota varsinkin, jos kaapelireitti kulkee kiinteistön sisällä, muuntamotilan ulkopuolella. Palonkestävän johtojärjestelmän vaihtoehdoksi standardi SFS 6000-5-56 hyväksyy riittävän suojauksen mekaanisesti ja palolta esimerkiksi rakenteellisella koteloinnilla tai palosuojakanavalla. Tyypillisesti suojaus toteutetaan koteloimalla kaapelit EI120 vaatimukset täyttävällä rakenteella. Kaapelit tulee olla omissa koteloidissaan. (Kautto. P. 2016)

Saneerattavissa asiakasmuuntamoissa vanhat kaapelit muodostavat tarpeetonta palokuormaa, joten ne olisi syytä poistaa muuntamon saneerauksen yhteydessä. Lisäksi kaapelit saattavat olla tyypiltään sellaisia, joita ei saisi nykyään edes sijoittaa sisätiloihin ilman palosuojausta. (Kautto. P. 2016)

3.5 Valokaarioikosulun painevaikutus

Muuntamon rakenteiden mitoittamisessa täytyy ottaa huomioon myös mahdolliset valokaarioikosulun aiheuttamat paineiskut. Muuntamotilasta paine voi purkautua avoimesta ovesta (kytkentätilanne), erityisistä paineenpurkausaukoista tai ilmanvaihdon aukoista. Vaikka keskijännitekojeisto olisi varustettu ulos johdetuilla paineenpurkausaukoilla, niin valokaarioikosulku voi tapahtua myös muissa muuntamon osissa, kuten keskijännitekaapelin päätetilassa, muuntajan kannella tai PJ-keskuksessa. PJ-keskuksessa syntyvä valokaarioikosulku aiheuttaa lähes yhtä suuren valokaaripaineen, kuin keskijännitekojeistolla. (ST 53.11, 2018)

Taulukossa 3 on listattu muuntamotilan seinärakenteet mitoitettuna valokaarioikosulun aiheuttaman paineen mukaan. Ilmanvaihtokanavien yhteenlasketun poikkipinta-alan tulee olla vähintään 0.18 m², jotta taulukossa mainitut seinävahvuudet riittävät. Muuntamon ovi ei voi toimia avautuvana paineenpurkausaukkona. Kuitenkin kytkentätoimenpiteiden aikana avoin ovi alentaa paineiskua merkittävästi ja toimii hyvänä poistumistienä pimeästä muuntamosta. (ST 53.11, 2018)

TAULUKKO 3. Muuntamotilan seinärakenteet (ST 53.11, 2018)

Rakenne	Seinän paksuus mm	Ohje
Betoni	120	Ø 8 K 200 A500H
Tiili	130	Tiilien lujuusluokka ≥ 25 Laastin lujuusluokka ≥ 8
Kevytbetoniharkko	290	KSB 3-650

3.6 Muita rakennusteknisiä vaatimuksia

Muuntamotilan lattiat, seinät ja sisäkattopinnat on käsiteltävä siten, että niistä ei irtoa pölyä. Lattiapinnan alapuolella oleva kaapelitila tai öljytila ei tarvitse pintakäsittelyä. (RT 92, Muuntamotila rakennuksessa, 2002)

Muuntajavaurion tapahtuessa öljyn valuminen muihin tiloihin ja kaapelitilaan on estettävä. Sisään asennettujen laitteiden vuotoa voidaan torjua käyttämällä nesteitä läpäisemättömiä lattioita ja kynnyksiä. Kynnyksen korkeutta ja keräilyalueen laajuutta määrittäessä tulee ottaa huomioon kerättävän eristysnesteen määrä, sekä mahdollisen palonsammutusjärjestelmästä purkautuvan veden määrä. (SFS 6001 2017, 73)

Muuntamotilan läpi ei saa yleensä kulkea putkia, kanavia tai kaapeleita, jotka eivät liity suoranaisesti muuntamon käyttöön. Valaisimet asennetaan niin, että lamppujen vaihto voidaan toteuttaa sähkötyöturvallisesti ja valaistuskytkimen tulee sijaita muuntamon sisääntulo-oven vieressä. Automaattinen osavalaistus liiketunnistimella tai ovikytkimellä on suositeltavaa. (ST 53.11 s.4)

3.7 Erilliset muuntamot

Erillinen muuntamo tulee sijoittaa rakennuksesta tai varastosta vähintään 8 m päähän. Mikäli rakennus tai varasto on arvokas tai henkilöturva vaarantuu, niin suositellaan harkittavan pidempääkin etäisyyttä paloviranomaisten kanssa. Arvokkaita rakennuksia ovat esimerkiksi kirkot ja museot. Henkilöturvallisuuden katsotaan vaarantuvan rakennuksissa ja tiloissa, joissa on paljon ihmisiä tai vaikea tyhjentää nopeasti palon sattuessa esimerkiksi koulut. Erityisten uhanalaisten kohteiden läheisyydessä on suositeltavaa lisätä muuntamon etäisyyttä huomattavasti, asentaa automaattinen sammutusjärjestelmä ja/tai käyttää kuivamuuntajaa. Usean muuntajan tiloissa on huolehdittava, ettei nestemäärältään yli 200 litran O1 -luokan muuntajan palaminen sytytä myös muita muuntajia. (ST 53.11, 2018)

Erillismuuntamon rakentaminen edellyttää aina maanomistajalta sijoitusluvan. Muuntamo tulee rakentaa siten, että eristysnestettä ei pääse ympäristöön mahdollisessa vuototapauksessa ja vastaavasti muuntamon sisään ei saa päästä pinta- pohja- tai vuotovesiä. Muuntamon ovet tulee avautua ulospäin ja ovet on varustettava tuulihaoilla. Irrotettavat lattialevyt ja kaapelikanavan kannet tulee kiinnittää huolellisesti, sillä valokaaripaine saattaa aiheuttaa nostavan voiman lattiaan. Yleensä ilmanvaihto voidaan toteuttaa erillismuuntamoissa luonnollisesti, mutta jos muuntajan teho on yli 500 kVA tai kuormitushuippu lämpiminä kesäkuukausina, tulee koneellisen ilmanvaihdon tarve laskea erikseen. (ST 53.11, 2018)

4 KESKIJÄNNITEKOJEISTOT

4.1 Yleistä kojeistoista

Liittymän liittymiskohta on kaapelikengässä. Helen Sähköverkko omistaa kaapelipäätteet ja tästä eteenpäin kojeiston omistaa asiakas. Helen Sähköverkon pääkaavioesimerkit keskijännitekojeistoille esitetty liitteissä 1 ja 2.

Suurin osa toimitettavista kojeistoista on SF₆-eristeisiä, joissa kojeet tai koko kojeisto ovat kaasueristetty. SF₆-katkaisijoiden ohella käytetään myös tyhjiökatkaisijoita. Yleensä kaikista kojeistoista löytyy vakiona maadoituskytkimet. Irrallisten maadoituslaitteiden käyttöön liittyy aina turvallisuusriski ja siksi maadoituskytkimiä tulisi käyttää myös ilmaeristeisillä kojeistoilla. Muuntajan varokekuormanerotin maadoituskytkimen on maadoitettava sulakkeiden molemmat navat tai sulakkeiden vaihdon tulee muulla tavoin olla täysin turvallista. Mittamuuntajakentän maadoituskytkimen tarvitsee maadoittaa kiskon muuntajan puoleinen osa, kun mittamuuntajia käsitellään ja kisko on poikki. Mikäli maadoituskytkimen sijoittaminen on hankalaa, niin se voidaan korvata maadoituskohtioilla ja erillisillä maadoituslaitteilla. (ST 53.11, 2018)

4.2 Mitoittaminen

Uudet ja saneerattavat muuntamokojeistot tulee mitoittaa taulukon 4 arvojen mukaisesti. Työturvallisuuden takia suositellaan käytettävän kiinteästi asennettuja maadoituserottimia siirrettävien työmaadoitusköysien sijaan. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

TAULUKKO 4. Kojeistojen mitoitus (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

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

Ennen pääkatkaisijan suojausvirtamuuntajaa kaapelien tulee olla poikkipinnaltaan samansuuruinen KJ-kaapelin kanssa. Suojausvirtamuuntajan jälkeen kaapelien minimipoikkipinnat oltava taulukon 5 mukaisesti, jossa t_{katk} tarkoittaa suojausten toiminta-aikaa oikosulussa ja 0,1 s arvot pätevät käänteisaikarelettä käytettäessä. Sj-sulakkeen jälkeen voidaan käyttää 25 mm² Cu tai 35 mm² Al kaapeleita. (2.02)

TAULUKKO 5. Kaapelien poikkipinnat (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

t_{katk}	$I_{th}(1s)$	Kaapelin poikkipinta
0,1 s	16 kA	35 Cu - 50 Al
	20 kA	50 Cu - 70 Al
0,4 s	16 kA	95 Cu - 120 Al
	20 kA	95 Cu - 150 Al

4.3 Kaapelireitti

Asiakkaan sähkösuunnittelijan tulee suunnitella ja sopia kaapelireitistä yhdessä Helen Sähköverkon Verkkopalveluiden kanssa. Helen Sähköverkossa liittymiskaapelina käytetään AHXAMK-W 3x240Al+70Cu tai 3x300Al+70Cu -kaapelia. Kaapelin minimitaivutussäde on 900 mm ja yhdellä vaiheella taivutussäde on 600 mm. Liittyjä vastaa kaapelireitin rakentamisen kustannuksista hallinnoimallaan alueella.

Kaapelireitti rakennetaan kaivamalla reitille kaivanto ja asentamalla kaapelinsuojaputket. Suojaputkien tulee olla halkaisijoltaan vähintään 140 mm, lujuusluokka A ja väri keltainen. Hallinnoitavan alueen rajalla (yleensä tonttiraja) suojaputkien

tulee olla 70 cm syvyydessä ja putkiin on asennettava koko matkalle vetonarut. Kaapelien ja putkien mahdollisten vaurioiden välttämiseksi kaapelikaivannon pohjan tekemisessä ja suoja-putkien suojatäytössä on käytettävä hienojakoista maa-ainesta. Putkituksen on oltava suora ja mahdollisiin mutkakohtiin tulee kaivaa vetomontut. Putkittamattomista kohdista kaapeli on suojattava suojakouruilla tai -levyillä. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

4.4 Liittymiskennot

Liittymiskennot tulee varustaa kuormanerotimilla. Muuntamon haltija omistaa ja vastaa liittymiskennojen huollosta ja kunnossapidosta, mutta Helen Sähköverkolla on yksinoikeus kuormaerottimien käyttöön. Liittymiskennoja on yleensä kaksi, mutta mahdollista haarakaapelia varten HSV saattaa tarvita kolmannen kennon, jolloin liittyjän on rakennettava ylimääräinen liittymiskenno. Ylimääräisen kennon varaaminen perustuu liittymisehtoihin ja hyvityksestä on sovittava erikseen. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Liittymiskennojen tulee olla vähintään 500 mm leveät, jos kaapelipäätteet asennetaan peräkkäin kennon etureunasta katsottuna, muuten minimileveys on kennoille 310 mm. Kuvassa 3 on esitetty liittymiskennot, joihin on asennettu kosketussuojatut kulmapistokepäätteet. Kaapelipäätteen kaapelikenkien kiinnityskohdan tulee olla vähintään 1200 mm korkeudella. Esimerkiksi lattiasta kojeiston pohjaan 600 mm ja kojeiston pohjasta kaapelikenkien kiinnityskohtaan 600 mm. Liittymiskennoissa on oltava vaihejohtimille kiinnityskisko ja kennoihin tulee pysyvä liittämään AHXAMK-W -keskijännitekaapeli. KJ-kaapelin ja päätteen asentaminen sekä työmaadoittaminen ja vikamittaus on pystyttävä tekemään turvallisesti kokoojakiskon ja viereisen KJ-kaapelin ollessa jännitteiset, jotta HSV:n ei tarvitse kytkeä koko muuntamo jännitteettömäksi. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

KJ-kaapelit päätetään liittymiskennoihin 630 A kosketussuojatuilla kulmapistokepäätteillä. Helen Sähköverkko vastaa päätteiden asentamisesta. Pistokkeen pinta on johtavaa materiaalia, jolloin päätteen mahdollisessa maasulkutilanteessa vikakohdasta on hyvä kontakti palaavalle vikavirralle ja näin valokaaren

tai pätkivän maasulun aiheuttamia lisävaurioita päätetilassa voidaan estää. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)



KUVA 3. Kosketussuojatut kulmapistokepäätteet

KJ-kaapelin kojeiston puoleiset liittimet on merkattava vaihemerkinnöillä ja jokaisen vaiheen jännitteellisyys pitää pystyä toteamaan liittymiskennon etupaneelin kapasitiivisesta jännitteenilmaisimesta. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Liittymiskentöjen erottimet tulee varustaa moottoriohjaimilla, jotka sisältävät kauko-ohjausvalmiudet. Kojeiston riviliittimille tulee johdottaa moottoriohjausten lisäksi erottimien kosketintiedot (auki, kiinni, maadoitettu). Käyttöjännitteenä näille tiedoille on 24 VDC. Jokainen liittymiskentö on varustettava kiinteästi asennettavilla oikosulkuilmaisimilla, jotka ovat luettavissa/kuitattavissa hoitokäytävältä ja ilmaisimien tulee olla itsepalautuvia. Asetteluarvovaatimus oikosulkuilmaisimille on 1000 A. Mikäli ilmaisimien ottaa huomioon kytkentätransientin, niin voidaan käyttää myös 800 A asetteluarvoa. Oikosulkuilmaisimet on varustettava apukoskettimilla kaukovalvontaa varten. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Liittymiskennoissa tulee olla valmius jälkikäteen lisättävälle maasulkuilmaisimelle ja kennojen välittömään läheisyyteen tulee varata tilaa asennuskotelolle ilmaisi-
men johdotusta varten. HSV asentaa tarvittaessa maasulkuilmaisimen käyttöön-
oton yhteydessä tai myöhemmin. Kaasueristeisiä kojeistoja tai erottimia käytettä-
essä on oltava kaasupainemittari ja kaasuvajeesta on saatava hälytys kosketin-
tietona kaukovalvontaan. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

4.5 Pääkytkinckenno

Yhden muuntajan muuntamoissa oikosulkusuojana toimivaa varokekuormanero-
tinta tai katkaisijaa voidaan käyttää pääkytkimenä (liite 1). Suurin sallittu sulake-
koko 20 kV jännitetasossa on 63 A ja 10 kV jännitetasossa 125 A. Sulakkeen
tulee toimiessaan aiheuttaa kolminapainen avautuminen kuormanerotuksessa.
(Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Suurjännitesulakkeet (SJ-sulakkeet) suojaavat muuntajan SJ-kaapelia, muunta-
jaa, PJ-keskusta ja sen syöttökaapelia. Sulakkeiden käyttö vähentää muuntaja-
palon riskiä ja parantaa henkilöturvallisuutta, sillä sulakkeiden jälkeisessä valo-
kaarioikosulussa sulakkeen palaminen tapahtuu yleensä nopeasti, jolloin vahin-
got jäävät pieniksi. (ST 53.11, 2018)

Eri valmistajilla sulakekoot ja laukaisukäyrät saattavat poiketa huomattavasti toi-
sistaan ja siksi sulakkeet tulee valita aina kojeisto- ja muuntajavalmistajien suo-
situsten mukaan. Suuntaa antava sulakkeiden valintataulukko eri kokoisilla
muuntajilla ja eri jännitetasoissa esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. SJ-sulakkeiden valinta

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

Muuntamotilassa tulee olla varasulakkeita kolme kappaletta jokaista käytettävää sulakekokoa. Kaikki kolme sulaketta on vaihdettava yhdenkin sulakkeen palaessa, sillä ehjienkin sulakkeiden toimintakyky on saattanut vikatilanteessa heikentyä. (ST 53.11, 2018, 13)

Useamman muuntajan muuntamoissa täytyy olla erillinen pääkatkaisijakenno varustettuna kolmivaiheisella ylivirtareleellä, jossa on aseteltava pikalaukaisu (liite 2). Pääkatkaisijakennon lukituksen tulee estää vaunun siirtämisen tai erottimen avaamisen silloin, kun katkaisija on kiinni. Pääkatkaisijakennon releissä tulee olla joko merkkiläppä tai valoilmaisin, joka ilmoittaa releen havahtumisesta. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

HSV suosittelee käytettäväksi elektronisia/numeerisia releitä, jotka saavat toimintaenergiansa kuormitusvirrasta. Käyttöjännitettä käyttävän apusähköjärjestelmän suojaus on oltava toimintavalmis alle 0,1 sekunnissa kytkettäessä jännite kojeistoon. Mikäli käytetään erillistä apusähköjärjestelmää, on sen luotettavuuteen ja kunnonvalvontaan kiinnitettävä erityistä huomiota ja mahdollisista alijännite- ja maasulkutilanteista on saatava hälytys kaikkina vuorokauden aikoina. Hälytysjärjestelmän tiedot tulee sisällyttää sähkötyöselitykseen. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

4.6 Releasettelut

Muuntamon käytönjohtaja vastaa releasettelun soveltuvuudesta kojeiston suojaukseen ja siitä, että asetellut täyttävät HSV:n vaatimukset. Koestuspöytäkirjat tulee toimittaa HSV:lle ja Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesille. Releiden asetteluarvot ja mahdolliset muutokset tulee aina ilmoittaa HSV:lle ennen releiden asettelemista. Relekoestuspöytäkirja tulee olla hyväksyttynä ennen muuntamon kytkemistä verkkoon. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Taulukossa 6 on esitetty pääkatkaisijan releen maksimiasetteluvaatimukset, jotka tulee huomioida relettä ja muuntajakokoja valittaessa sekä pääkaavion suunnitteluvaiheessa. Suojauksen on toimittava taulukossa ilmoitetuilla oikosulkuvirroilla

ja toiminta-ajalla tai nopeammin. Ilmoitetut toiminta-ajat sisältävät katkaisijan toiminta-ajan, joka tulee huomioida hidastetun laukaisuviiveen osalta.

TAULUKKO 6. Pääkatkaisijan releen maksimiasetteluvaatimukset (Helen Sähköverkko Oy, Pääkatkaisijan releasettelut, 2020)

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	

Pääkatkaisijan releenä voidaan käyttää käänteisaikarelettä, jos sähkösuunnitteleja pystyy osoittamaan, että taulukon vaatimukset täyttyvät. Suojauksen toiminta-ajaksi sallitaan 0,5 s, kun pääkatkaisijan rele on elektroninen ja liittyjän verkossa on pääkatkaisijan lisäksi muita katkaisijoita. Pikalaukaisuvirtaa on mahdollista suurentaa tai luopua kokonaan, jos se on välttämätöntä liittyjän sisäisen verkon selektiivisyyden kannalta. (Helen Sähköverkko Oy, Pääkatkaisijan releasettelut, 2020)

Muuntamon pääkatkaisija tulee varustaa maasulkusuojauksella, jos liittyjän verkossa on muuntamotilan ulkopuolista keskijänniteverkkoa. Mitä enemmän alamuuntamoita ja maakaapeliverkkoa liittyjällä on, sitä suurempi todennäköisyys on yksivaiheiseen maasulkuun. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi nollavirtaa mittaavalla ylivirtasuojauksella. Maasulkusuojaus on toteutettavissa hälyttävänä tai laukaisevana. Hälyttävässä suojauksessa liittyjän on pystyttävä poistamaan vika kahden tunnin kuluessa (SFS 6001, 2018) ja siksi HSV suosittelee käytettävän laukaisevaa maasulkusuojausta. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

4.7 Mittauskenno ja mittarointi

Mittamuuntajat asennetaan pääkatkaisijan jälkeen (pääsääntöisesti erilliseen mittauskennoon), kun sähkönkulusta mitataan keskijännitepuolelta. Tämä on tyyppillinen mittaustapa keskijänniteliittymille. Mittauskennoissa tulee olla selkeästi merkittynä vaihejärjestys ja kiskoihin on merkittävä myös virran kulkusuunta, jos

se ei ole muuten selvästi havaittavissa. Virtamuuntajien toision nimellisvirta on 5 A ja tarkkuusluokka 0.2S. Jännitemuuntajien toision nimellisjännite on 57,7 V ja tarkkuusluokka 0.2S. Jännitemuuntajien on oltava yksivaiheisia ja yksinapaisesti eristettyjä.

Mittamuuntajiin on päästävä käsiksi kytkentöjen tarkastuksia varten ilman, että katkaisijaa tai sen osia irrotetaan. Tästä syystä kytkentärasioiden tulee sijaita mittauskennoissa hoitokäytävän puolella. Mittamuuntajat tulee asentaa niin, että arvokilvet näkyvät hoitokäytävältä.

Asiakkaan sähköurakoitsija asentaa vaimennusvastuksen jännitemuuntajille. Vastus lämpenee käytössä, joten sitä ei saa asentaa suljettuun koteloon. Erotinta tai suurjännitesulakkeita ei käytetä jännitemuuntajien ensiöpuolella. Mittauskenno (päämuuntamossa) on pystyttävä työmaadoittamaan mittamuuntajien molemmilta puolilta mahdollisen takasyötön varalta. Mikäli kaasueristeisessä kojeistossa mittauskenno on ilmaeristeinen, muuntamossa tulee olla galvaaninen jännitteenkoetin. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Mittamuuntajat tulee olla kytkettynä asiakkaan toimesta ennen muuntamon tarkastamista. HSV:n mittauspalveluiden tuottaja kytkee mittarit, kun sähkönmyynti- tai verkkosopimus, sekä muuntamon käyttöönottotarkastus on tehty. Lisäksi asiakkaan sähköurakoitsijan on tehtävä erillinen mittarointitilaus HSV:lle. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Keskijännitemittaukset toteutetaan poikkeuksetta epäsuoralla mittarilla ja mittamuuntajilla. Mittauksissa käytetään kolmea virta- ja kolmea jännitemuuntajaa. Mittamuuntajien mitoitus tulee tarkastuttaa Helen Sähköverkon Verkkopalveilla. Tarkistusta varten tulee toimittaa muuntamon osoite, muuntajateho, mittamuuntajien ja kippivärentelyvastuksen nimellisarvot, mittauskohteiden huipputehot sekä mittarien ja mittamuuntajien välisen johdotuksen pituus. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Virtamuuntajat tulee varustaa kahdella virta-alueella mahdollisen tehonlisäyksen varalta. Virtamuuntajat mitoitetaan niin, että ne on kytketty pienimmälle

virta-alueelle. Virtamuuntajien mitoitukseen (taulukot 7 ja 8) vaikuttavat sähköverkon nimellisjännite, sekä yhteenlaskettu muuntajateho. (Helen Sähköverkko Oy 3.04, 2019)

TAULUKKO 7. Virtamuuntajan mitoitus 10 kV verkossa (Helen Sähköverkko Oy 3.04, 2019)

Yhteenlaskettu muuntajateho (kVA)	Virtamuuntaja	KytKentä
0 – 800	2 x 50 / 5 A	50 / 5 A
800 – 1250	2 x 75 / 5 A	75 / 5 A
1250 – 1700	2 x 100 / 5 A	100 / 5 A
1700 – 2500	2 x 150 / 5 A	150 / 5 A
2500 – 3500	2 x 200 / 5 A	200 / 5 A
3500 – 5200	2 x 300 / 5 A	300 / 5 A

TAULUKKO 8. Virtamuuntajan mitoitus 20 kV verkossa (Helen Sähköverkko Oy 3.04, 2019)

Yhteenlaskettu muuntajateho (kVA)	Virtamuuntaja	KytKentä
0 – 800	2 x 25 / 5 A	25 / 5 A
800 – 1700	2 x 50 / 5 A	50 / 5 A
1700 – 2600	2 x 75 / 5 A	75 / 5 A
2600 – 3500	2 x 100 / 5 A	100 / 5 A
3500 – 5200	2 x 150 / 5 A	150 / 5 A
5200 – 6900	2 x 200 / 5 A	200 / 5 A
6900 – 10400	2 x 300 / 5 A	300 / 5 A

Jännitemuuntajien muuntosuhteet ovat 10 kV:lla ($10000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3} / 100:3$) V ja 20 kV:lla ($20000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3} / 100:3$) V. Mittamuuntajat tulee valita niin, että mittalaitteiden taakka on 25-100 % nimellistaakasta. Jännitemuuntajissa on oltava avokolmioapukäämit ja liittäjän urakoitsijan tulee kytkeä kippivärähtelyn vaimennusvastus kyseiseen piiriin. Vaimennusvastus mitoitetaan käyttämällä jännitemuuntajavalmistajan ohmiarvoltaan pienintä hyväksymää arvoa ja tehoon valmistajan määrittämää tehoa. (Helen Sähköverkko Oy 3.04, 2019)

4.8 Muuntajat ja muuntamoautomaatio

Rakennuksiin sijoitettuna ja erillisissä muuntamoissa yleisesti käytetään hermeettisesti suljettuja öljyeristeisiä muuntajia, jos sille ei ole estettä. O1-eristysneste toimii hyvin jäähdytyksessä ja valokaaren sammuttajana. Nestemäärämittarien lisäksi lämpömittari on suositeltava varuste. Muuntajan ylikuormitussuojaus voidaan toteuttaa kosketinlämpömittarilla esimerkiksi kytkemällä toinen kosketin (80 - 90 °C) lämpötilahälytykseen kiinteistön hälytysjärjestelmään tai ilmastoinnin ohjaukseen ja toinen kosketin (90 - 100 °C) kuormanerotuksen laukaisureleelle. Mikäli rakennuksessa on automaattinen sammutusjärjestelmä, niin O1-muuntajilla varustetut muuntamot varustetaan nykyään sprinkler-sammuttimilla edellyttäen, että vesisuihku ohjataan suoraan muuntajaan eikä kytkinlaitteisiin. (ST 53.11, 2018)

Helen Sähköverkko on parantanut sähkönjakelun luotettavuutta ja laatua lisäämällä muuntamoautomaatiota ja -valvontaa. Muuntamoautomaatiolla mahdollinen vikapaikka voidaan erottaa ja palauttaa hyvin nopeasti sähköt suurelle osalle asiakkaita. (Helen, Muuntamoautomaatio, 2016)

HSV:n muuntamoautomaatio koostuu muuntamoiden kuormanerotimien kauko-ohjauksesta, KJ-verkon vikaindikoineista, KJ-kuormanerotimien tilatiedosta ja muuntamon monitoroinnista mittaus- ja hälytysten avulla. Muuntamoon rakennetaan ovikytkimet ja muuntamon oveen asennettava huomiokyltti kaukovalvonnasta. Muuntamoautomaatiojärjestelmä sisältää myös tietoliikenneyhteyden HSV:n käyttökeskukseen ja käytönvalvontajärjestelmään sekä tarvittavat rajapinnat. Lisäksi mittausdatan keruu tietovarastoon kuuluu järjestelmään. Muuntamoautomaatio rakennetaan kaikkiin uusiin ja saneerattaviin muuntamoihin, mukaan lukien asiakasmuuntamot. (HSV:n sisäiset ohjeet)

Muuntamotilaan täytyy asentaa pieni pääkeskus, josta saadaan sähkö HSV:n muuntamoautomaatiota varten. Keskus tulee kalustaa automaattisulakkeella, kytkimellä (huoltotöitä varten) ja vikavirtasuojamattomalla 16 A pistorasialla. Muuntamovalvontalaitteiston sähköistys on mahdollista toteuttaa myös ilman erillistä keskusta turvakytkimellä ja vikavirtasuojamattomalla pistorasialla.

Kaapelireittien rakentaminen muuntamoautomaatiolaitteistolle ja laitteiston asennus on HSV:n vastuulla. Asiakkaan tulee ottaa muuntamon tilasuunnitteluvaiheessa huomioon muuntamoautomaatiolaitteistolle varattava tila ja kaapelireitit. Seinätilaa on varattava leveys suunnassa vähintään 1200 mm muuntamon oven läheisyydeltä. (Helen sähköverkko Oy 2.02, 2020)

4.9 Maadoitukset

Liittyjän verkon maadoitukset toteutetaan noudattamalla SFS 6001 standardia. Keskijännitteelle ja pienjännitteelle rakennetaan erilliset maadoituskiskot, jotka yhdistetään toisiinsa. KJ-puolen maadoituskiskoon on varattava Helen Sähköverkolle vähintään 3 kpl liitospisteitä. HSV:n keskijännitekaapelin mukana kulkeva maadoitusjohdin (Cu-köysi) yhdistetään muuntamon päämaadoituskiskoon (kuva 6). Maadoitusjohdin yhdistää asiakkaan maadoitukset osaksi HSV:n maadoitusjärjestelmää. (Helen sähköverkko Oy 2.02, 2020)



KUVA 6. Päämaadoituskisko

Päämaadoituskiskon lisäksi asiakkaan tulee rakentaa vähintään voimassa olevien standardien mukainen maadoituselektrodi. Myös pääpotentialintaus tulee toteuttaa standardin mukaisesti. Maadoitusten on täytettävä taulukon 7 mukaiset maadoitusresistanssiarvot. (Helen sähköverkko Oy 2.02, 2020)

TAULUKKO 7. Maadoituksen mitoitus (Helen sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Nimellisjännite (kV)	20	10
Suurin maasulkuvirta (A)	400	20
Maasulkusuojauksen toiminta-aika (s)	0.5	Hälyttävä
Maksimi maadoitusresistanssi (Ω)	1.13	0.75
KJ-puolen suojajohtimen minimipoikkipinta (mm ²)	Cu16	Cu25 (tai Cu70 eristepäällysteisenä)

5 SÄHKÖLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO

5.1 Tarkastukset ja koestukset

Sähköturvallisuuslakiin (1135/2016) on säädetty lait sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuusvaatimuksista ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta. Valvontaan liittyviä tarkastuksia ovat käyttöönottotarkastus, varmennustarkastus ja määräaikaistarkastus.

Sähkölaitteiston saa ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitetty, ettei niistä aiheudu vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle, eikä niistä aiheudu sähköisesti tai sähkömagneettisesti kohtuutonta häiriötä. Sähkölaitteistojen oma toiminta ei myöskään saa häiriintyä sähköisesti tai sähkömagneettisesti. Käyttöönottotarkastus on tehtävä myös muutos- ja laajennustöille ja tarkastuksen vastuu on sähkölaitteiston rakentajalla. Käyttöönottotarkastuksesta rakentajan tulee laatia tarkastuspöytäkirja haltijan käyttöön. Käyttöönottotarkastuksen tekijän tulee olla sähköalan ammattihenkilö. Tarkastus sisällyttää silmämääräisen tarkastuksen erilaisten mittauksien ja testauksien lisäksi. Asennustöitä tehdessä suoritetaan samalla aistinvaraista tarkastusta, jotta myös rakenteiden sisälle jäävät komponentit tulee varmistettua turvallisiksi ja asianmukaisiksi. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa tulee olla kohteen yksilöintitiedot, laitteiston rakentaja ja sähkötöiden johtaja, sovelletut standardit, tarkastusmenetelmät, tulokset sekä tarkastuksen tekijä. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 2016)

Käyttöönottotarkastuksen lisäksi luokkien 1-3 sähkölaitteistolle on tehtävä varmennustarkastus. Luokka 1 käsittää yli kahden asuinhuoneiston asuinrakennukset ja muut sähkölaitteistot, jonka ylivirtasuojan nimellisvirta yli 35 A. Sähkölaitteisto, jossa on yli 1000 V nimellisjännitteisiä osia tai -laitteisto, jonka liittymisteho yli 1600 kVA sisältyy luokkaan 2. Jakeluverkonhaltijan sähköverkko kuuluu luokkaan 3. Varmennustarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston merkittävälle muutos- ja laajennustyölle ja vastuu varmennustarkastuksesta on sähkölaitteiston rakentajalla. Varmennustarkastus tehdään ennen laitteiston käyttöönottoa tai pian sen jälkeen. Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa varmistettava,

että sähkölaitteisto täyttää kaikki sähköturvallisuuteen liittyvät vaatimukset ja käyttöönottotarkastuksen asianmukaisuus. Varmennustarkastuksen voi tehdä vain valtuutettu tarkastaja tai laitos. Tarkastuksen tekijä laatii tarkastustodistuksen laitteiston haltijalle, jota tulee säilyttää vähintään kymmenen vuotta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 2016)

Määräaikaistarkastus tulee suorittaa kymmenen vuoden välein luokan 1 ja 2 sähkölaitteille asuinrakennuksia lukuun ottamatta. Luokan 3 sähkölaitteille tarkastusväli on viisi vuotta. Määräaikaistarkastuksista huolehtii sähkölaitteiston haltija. Tarkastuksessa tulee riittävässä laajuudessa todeta sähkölaitteiston käytön turvallisuus, varmistaa, että kunnossapito-ohjelmaa on noudatettu ja tarvittavat dokumentit ovat oikeellisia ja saatavilla. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 2016)

5.2 Käyttöönotto

Ennen käyttöönottoa urakoitsijan tulee suorittaa tarvittavat mittaukset ja koestukset (mm. relekoestus) sekä tehdä käyttöönottotarkastus. Relekoestus- ja käyttöönottotarkastuspöytäkirjat tulee olla toimitettuna Helen Sähköverkon Verkkopalveluun ennen muuntamon käyttöönottoa. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

Kytkentäajankohta on sovittava vähintään neljä viikkoa ennen toivottua kytkemisajankohtaa. Kytkentäajankohtaa sovittaessa muuntamotilan, kulkureitin ja laitteiston tulee olla käyttöönottovalmiudessa. Pääkatkaisijasta tai päävarokeykimestä eteenpäin jännitteen kytkemisestä vastaa sähkölaitteiston käytönjohtaja. (Helen Sähköverkko Oy 2.02, 2020)

5.3 Laitteiston hoito-ohjeet

Helen Sähköverkon ohjeistuksissa määritetään tarkemmat hoito-ohjeet verkkoon liitettäville yli 1000 V laitteistoille. Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä riittävän pätevyyden omaava käytönjohtaja käyttötöitä varten, kun sähkölaitteistoon kuuluu yli 1000 V nimellisjännitteisiä osia tai laitteiston liittymisteho ylittää 1600 kVA.

Sähkölaitteiston haltijan on ilmoitettava Tukesille ja Helen Sähköverkolle käytönjohtajan nimi, osoite ja puhelinnumero. Mikäli yritys hoitaa käytönjohtajan tehtäviä, tulee ilmoittaa yhdyshenkilön tiedot ja kaikista tietojen muutoksista tulee ilmoittaa välittömästi. (Helen Sähköverkko Oy 4.04, 2009)

Kaikki muuntamoon ja muihin sähkötiloihin johtavat ovet on pidettävä aina lukittuna. Muuntamoissa (ja muissa sähkötiloissa) ei saa säilyttää sinne kuulumatonta tavaraa ja tiloihin johtavat kulkureitit on oltava vapaina. Muuntamossa tulee olla liitteessä 5 olevat varusteet. Näiden varusteiden ja välineiden tehtävänä on ennaltaehkäistä henkilö- ja materiaalivahinkoja, sekä parantaa muuntamon käyttövarmuutta, kun esimerkiksi varasulakkeet löytyvät muuntamosta. (Helen Sähköverkko Oy 4.04, 2009)

Sähkölaitteiston haltija ei saa tehdä kytkentöjä mittauskennoissa ja liittymiskennoissa. Laitteiston häiriöistä ja vioista, joissa katkaisija tai kuormanerotin ovat avautuneet on ilmoitettava välittömästi Helen Sähköverkon käyttökeskukseen. Avautunutta katkaisijaa tai kuormanerotinta ei saa sulkea ennen laukeamisen syy selvitystä ja vian poistoa. (Helen Sähköverkko Oy 4.04, 2009)

Muuntamossa on tehtävä kiinteistön huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukainen yleistarkastus vähintään joka kolmas vuosi, jossa tarkastetaan suojarleiden toiminta. Laitteistojen puhdistus- ja korjaustyöt tapahtuvat käytönjohtajan toimesta tai toimeksiannosta ja työt tulee suorittaa standardin SFS 6002 mukaisesti. Mikäli laitteistojen korjaustyöt kohdistuvat pääkatkasijakennoon tai liittymiskennoihin, tulee töiden ajankohdasta sopia Helen Sähköverkon kanssa, jolloin HSV:n henkilökunta kytkee laitteiston jännitteettömäksi ja työmaadoittaa liittymiskennot työn ajaksi. (Helen Sähköverkko Oy 4.04, 2009)

6 YHTEENVETO

Keskijänniteliittymän suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa on paljon huomioitavia seikkoja. Opinnäytetyössä tarkasteltiin asiakasmuuntamon rakentamista laajasti sähköverkonhaltijan (Helen Sähköverkko) ja sen urakoitsijan (Eltel Networks), sekä myös keskijänniteliittymän kannalta. Monet huomioon otetavista asioista perustuvat suoraan sähkölakeihin ja standardeihin, mutta myös verkonhaltijoiden ohjeistuksissa on pieniä eroja ja poikkeavia määräyksiä.

Toimeksiantajayrityksellä ei aikaisemmin ollut selkeää ohjeistusta asiakasmuuntamoiden tarkastuksia varten. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kerätä kattavasti tietoa muuntamoihin liittyvistä yleisistä standardeista ja Helen Sähköverkon ohjeistuksista ja näiden tietojen perusteella koota muistilista huomioitavista ja tarkastettavista asioista keskijänniteliittymän käyttöönnotossa.

Tarkastuslista on kätevä työkalu, jota hyödynnetään Eltel Networks Oy:llä tulevaisuudessa suunnittelussa, työnjohdossa ja asennusvaiheessakin. Tarkastuslista tehtiin mahdollisimman tiiviiksi ja helposti luettavaksi, jotta sitä olisi helppo käyttää jokapäiväisessä työssä.

Asiakasmuuntamoiden rakentamisessa keskeisimmät asiat ovat muuntamotila, ja keskijännitekojeisto. Sähköverkkoyhtiön urakoitsijana Eltelin tehtävänä on verkonrakennuksen lisäksi ohjeistaa liittyjää ja valvoa, että muuntamotila ja kojeisto vastaavat voimassa olevia standardeja ja lakia sekä myös Helen Sähköverkon omia ohjeistuksia.

Suurin vastuu sähköjärjestelmän turvallisesta toteuttamisesta on liittyjällä, mutta myös sähköverkkoyhtiön ja sen edustajan tehtävänä on varmistaa toteutuksen turvallisuus. Lisäksi on erittäin tärkeää ja hyvää asiakaspalvelua, että osataan ammattitaitoisesti ohjeistaa liittyjää asiakasmuuntamon rakentamiseen liittyvissä kysymyksissä.

LÄHTEET

Lakervi, E. & Partanen J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. 3. painos Helsinki: Ota-tieto.

ST 41.10. 2017. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. Rakennustieto Oy. Luettu 18.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi>

Helen Sähköverkko Oy. 2020. Sähkönkäyttöpaikkojen liittymismaksuperiaatteet. Luettu 1.3.2021. <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/ohjeet/>

Energiavirasto. n.d Verkkotoiminnan julkaisut. Luettu 1.3.2021 <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-julkaisut>

Raidejokeri. n.d. <https://raidejokeri.info/>

ST 53.11. 2018. Kuluttajamuuntamot. Sähkötieto Oy. Luettu 18.1.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi>

Helen Sähköverkko Oy. 2020. Suuret sähköliittymät. Luettu 15.2.2021. <https://www.helensahkoverkko.fi/sahkoliittymat/uusi-sahkoliittyma/suuret-sahkoliittymat>

LE 2019. Energiateollisuus ry:n suosittelemat liittymisehdot. 2019. Luettu 14.2.2021. <https://venergia.fi/wp-content/uploads/2019/06/liittymisehdot-LE-2019.pdf>

Helen Sähköverkko Oy. 2020. Keskiänniteliittyjien muuntamot 2.02. Luettu 14.1.2021. <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/ohjeet/>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. 2017. Luettu 15.5.2021. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>

Kautto P. 2016. Kaapelit ja paloturvallisuus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Helen Sähköverkko Oy. 2020. Asiakasmuuntamoiden lukitusjärjestelmä. Luettu 14.1.2021. <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/ohjeet/>

SFS 6001. 2017. Suurjännitesähköasennukset. Luettu 18.1.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi>

Helen Sähköverkko Oy. 2020. Pääkatkaisijan releasettelut. Luettu 15.4.2021. <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/ohjeet/>

Helen. 2016. Muuntamoautomaatio. Luettu 1.5.2021. <https://www.helen.fi/uutiset/2016/muuntamoautomaatio>

Helen Sähköverkko Oy. 2020. Pääkatkaisijan releasettelut. Luettu 15.4.2021. <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/ohjeet/>

Säköturvallisuuslaki 1135/2016. 2016. Luettu 1.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

LIITTEET

Liite 1. Suunnitteluvaiheessa selvittävät perustiedot

Suunnitteluvaiheessa selvittävät perustiedot

- Kuormituksen painopiste laajennukset huomioiden
- Muuntamon sijainti (kiinteistö- tai erillismuuntamo)
- Muuntamon pääkaavio, maadoituskaavio ja mittauspiirikaavio
- Verkon mitoitusoikosulkuvirta ja maasulkuvirta
- Muuntamon sähköiset arvot
- Tilantarve
- Kojeistojen ja muuntajan kuljetusreitti
- Käyttöhenkilökunnan kulkureitti
- Sähkölaskutusmittareiden sijoitus
- Palotekniset vaatimukset
- Muuntamon ilmanvaihto
- Mahdollinen melu ja häiritsevät magneettikentät

(ST 53.11, 2018, 3)

Liite 2. Helen Sähköverkolle toimitettavat dokumentit



Helen Sähköverkko

TILATAKSESI TARVITSET SEURAAVAT TIEDOT

Pienjänniteliittymä

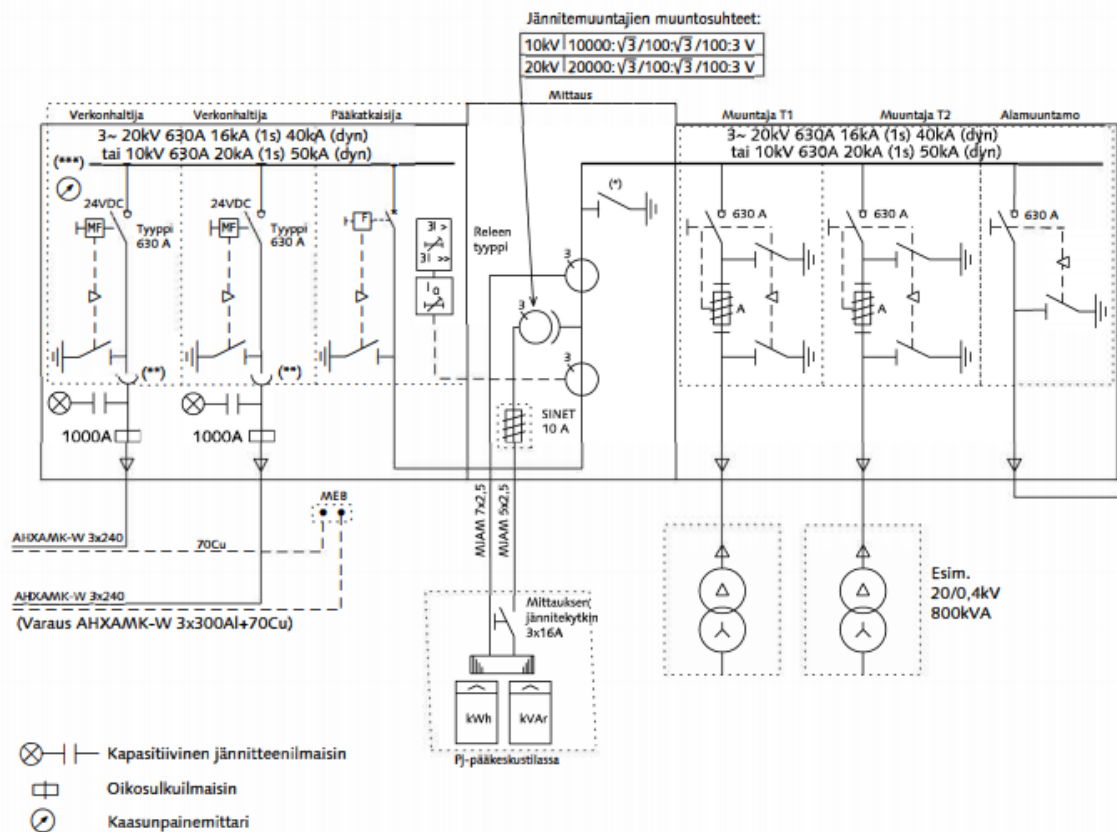
- ✓ Liitettävän kiinteistön kiinteistötunnus
- ✓ Pääsulakkeen koko
- ✓ Sähköurakoitsijan yhteystiedot (voit toimittaa tiedot myös myöhemmin)
- ✓ Asemapiirustus
- ✓ Pääkeskuskaavio
- ✓ Nousujohtokaavio
- ✓ Mittauskeskuskaavio
- ✓ Kiinteistökeskuskaavio

Keskijänniteliittymä

- ✓ Liitettävän kiinteistön kiinteistötunnus
- ✓ Muuntajien kokonaisteho
- ✓ Sähköurakoitsijan yhteystiedot (voit toimittaa tiedot myös myöhemmin)
- ✓ Asemapiirustus
- ✓ Keskijännitepääkaavio
- ✓ Energiamittauksen kytkentäkaavio
- ✓ Kojeiston kokoonpano- ja mittapiirustus
- ✓ Muuntamotilan pohjakuva
- ✓ Muuntamotilan leikkauskuva
- ✓ Kaapelireitti
- ✓ Maadoituskaavio

Liite 3. Pääkaavioesimerkki, pääkytkin

2 Kaasueristeinen tai vastaava kojeisto, pääkatkaisija



(*) Maadoituseroittimen sijasta voidaan asentaa työmaadoituskiinnikkeet ja hankkia muuntamoon maadoitusköydet

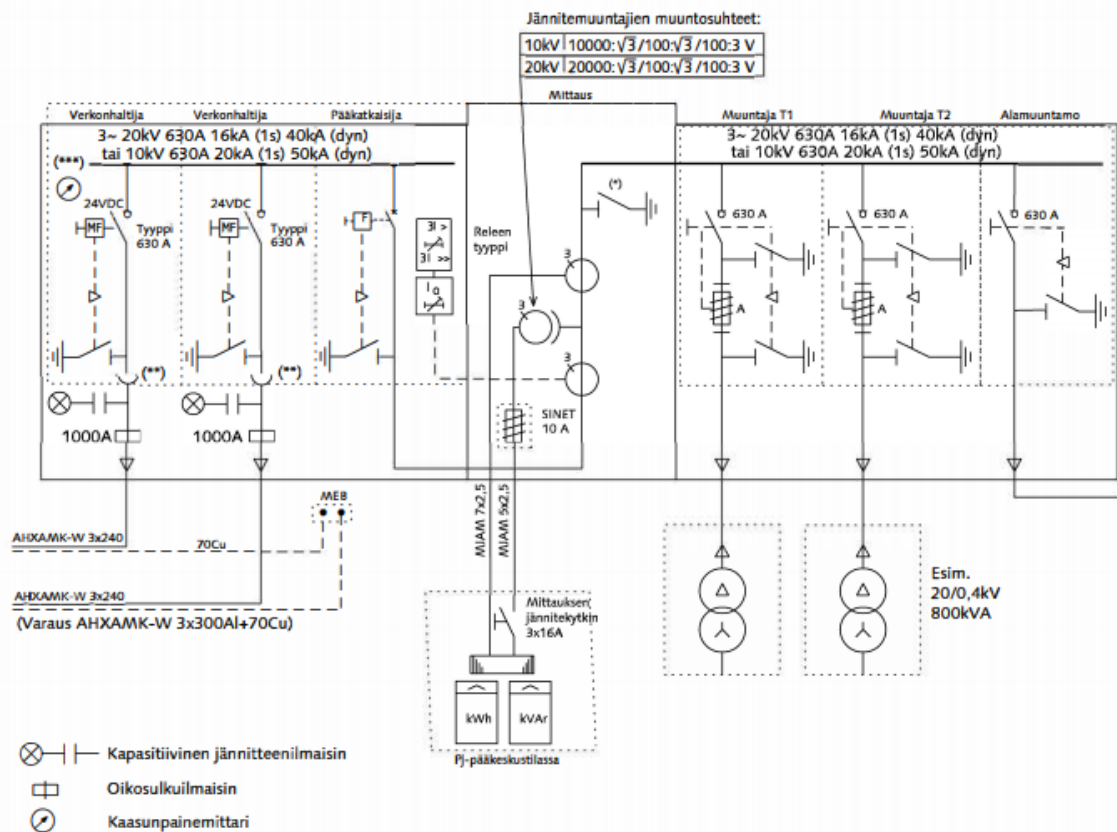
(**) Kosketussuojattu kulmapistokeliitäntä (630 A)

(***) Mikäli liittymiskennoina käytetään kaasueristeistä kojeistoa tai erottimia, kojeistossa tulee olla kaasunpainemittari ja potentiaalivapaana kosketintietona saatava hälytys kaasuvajeesta kaukovalvontaan vietäväksi

Asiaksmuuntamo tulee varustaa maasulkusuojauskella, mikäli sillä on muuntamotilan ulkopuolista keskijänniteverkkoa

Liite 4. Pääkaavioesimerkki, pääkatkaisija

2 Kaasueristeinen tai vastaava kojeisto, pääkatkaisija



(*) Maadoituseroittimen sijasta voidaan asentaa työmaadoituskiinnikkeet ja hankkia muuntamoon maadoitusköydet

(**) Kosketussuojattu kulmapistokeliitäntä (630 A)

(***) Mikäli liittymiskennoina käytetään kaasueristeistä kojeistoa tai erottimia, kojeistossa tulee olla kaasunpainemittari ja potentiaalivapaana kosketintietona saatava hälytys kaasuvajeesta kaukovalvontaan vietäväksi

Asiakasmuuntamo tulee varustaa maasulkusuojauskella, mikäli sillä on muuntamotilan ulkopuolista keskijänniteverkkoa

Liite 5. Muuntamon varusteet

7 Laitteistojen varusteet

Jokaisessa muuntamossa tulee olla seuraavat varusteet (kaasu-eristeisen kojeiston ollessa kyseessä soveltuvin osin):

- a) ao. keskijännitteelle hyväksytyt jännitteenkoetin/koettimet sekä tarvittaessa jännitteenilmaisimet, joilla jännitteettömyys voidaan todeta ennen työmaadoittamista.
- b) jokaista syöttökohtaa vastaava määrä standardin SFS 6002 mukaisia työmaadoitusvälineitä ja yhdet työmaadoitusvälineet kiskoston maadoitusta varten.
Työmaadoitusvälineiden oikosulkukestoisuuden tulee olla vähintään
 - 10 kV:n alueella $I_{\text{this}} = 20 \text{ kA}$
 - 20 kV:n alueella $I_{\text{this}} = 16 \text{ kA}$
- c) työmaadoitusvälineiden kiinnitystä varten niihin kuuluva eristysaineinen maadoitussauva ja sopivat kiinnityskohtat maadoitettavassa kohteessa ja kojeiston maadoitetussa rungossa.
- d) hyväksytyjä työskentelysuojalevyjä jokaista eri erotintyyppiä varten. Suojalevyjen ollessa keskenään vaihtokelpoisia, vähimmäislukumäärä on $N - 1$ (jossa N on syöttökennojen lukumäärä)
- e) varasulakkeita telineessä 3 kpl kutakin kokoa sekä sulakkeenvaihtopihdit
- f) ohjaussauva, eristysaineinen sauva ja muita apuvälineitä erottimia, ensiöreleitä ja muita jännitteisinä käsiteltäviä laitteita varten
- g) sähkölaitteiston hallintaraja, pääkaavio ja maadoituskaavio
- h) tämä hoito-ohje
- i) sähkötapaturmat ensiapuohje
- j) tarra "Muista työmaadoittaa", johon on merkitty ensiavun puhelinnumero
- k) seuraavat eristävää ainetta olevat kielto- ja varoituskilvet:
 - Älä kytke Epäkunnossa, 2 kpl
 - Maadoitettu, 2 kpl
 - Ei käytössä, 2 kpl
 - Verkot tahdistamattomia, 2 kpl
 - Älä kytke Työ käynnissä, 4 kpl
 - Jännitteinen, 6 kpl

Kilpien ripustusnarujen tulee olla eristeainetta.

(Helen Sähköverkko Oy 4.04, 2019)