



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Matti Kuusinen

KESKIJÄNNITEPÄÄTE- JA LIITOSTEKNIikka

Tekniikan Porin yksikkö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto  
2010

# KESKIJÄNNITEPÄÄTE- JA LIITOSTEKNIikka

Kuusinen Matti  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2010  
Nieminen Esko  
Sivumäärä: 51

Asiasanat: Keskijännite, kaapelipääte, kojeisto

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia keskijännite alueella käytettäviä kaapelipäätteitä; niiden soveltuvuutta eri kaapeleihin, kojeistoihin ja asennusympäristöihin. Usein keskijännitepäätetekniikassa on ongelmia liittyen työkaluihin (erikoistyökalut ovat kalliita ja niiden käyttö ahtaissa kojeistoissa asettaa vaatimuksia työjärjestykseen ja päätteen valintaan) ja ympäristöön (tulityö päätteen eristettä kutistettaessa). Eri kojeistovaihtoehdoilla päätteen liittämässä kojeistoon voi ilmaantua hankaluuksia, koska eri kojeisto-, pääte- ja liitinvalmistajien mitat eivät ole aina yhteensopivia keskenään.

Päätteisiin liittyvä työ on äärimmäisen tarkkaa, sillä kaapelin päätekohtassa ovat suurimmat rasitukset ja sähköisten arvojen jatkuvuuden siirtyminen kaapelista päätteen kautta kulutus kojeistoon on ratkaisevaa suuremmilla jännitteillä.

Päätteet sisältävät työohjeen, mutta niissä ei kerrota miksi ko. työvaihe on tärkeä ja mikä työtekniikka on oikea. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, mitkä sähköteknilliset laitteet vaikuttavat käytettyjen työmenetelmien taustalla

Työn taustoittamiseksi tutustuttiin eri keskijännitekaapeleihin ja – päätteisiin. Osana opinnäytetyön tekoa on ollut oman kokemuksen soveltaminen teoriaksi. Tavoitteena oli saada tuotettua EPF:n työntekijöille Lyhyehkö teoreettinen selostus pääte tekniikasta.

# TERMINAL AND CONNECTION TECHNOLOGY IN MEDIUM VOLTAGE AREA

Kuusinen Matti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

November 2010

Nieminen Esko

Number of Pages: 51

Key Words: medium voltage, cable terminal, switchgear

---

The aim of this thesis is to study cable terminals used in the area of medium voltage; their applicability to different cables, switchgear and to different installation environments. Often there are problems regarding medium voltage terminal technology when it comes to tools (special tools are expensive and using them in narrow switchgears sets requirements for the working order and the choice of the terminal) and the environment (hot work when shrinking insulation of the terminal). Problems may occur when attaching terminals to different switchgears because the measurements of the switchgears, terminals and connectors vary according to the manufacturer and they are not always compatible with each other.

Work regarding terminals is extremely precise because at the end of the cable the stress is at its highest and the transition of the electric values from the cable through the terminal to the current-using equipment is crucial with higher voltages.

The terminals include an installation manual but it does not usually describe why the work phase concerned is important and what technique is the right one. In this thesis it was studied what electro technical laws affect in the background of the used working methods.

For this thesis different medium voltage cables and terminals were studied. One part of this thesis was applying personal experience into theory. The goal of this thesis was to provide the employees of EPF with a short theoretical report on terminal technology.

## ALKUSANAT

Opiskelu satakunnan ammattikorkeakoulussa on ollut raskasta. Opiskelun alkuaikana, kun tein paljon töitä, matkustelin eikä valmistuminen muutenkaan tuntunut ajan-kohtaiselta, eivät opinnot edenneet suunnitellusti. Tämän vuoksi olin vuosi sitten, kun opintopisteitä oli vain 150 ja suuriosa vaativista kursseista oli hylättyinä, siinä tilanteessa, että menestystä oli yksinkertaisesti tultava tai opinnot keskeytettävä. Tammikuussa ainoa vaihtoehto oli alkaa yksitellen kurssien uusiminen tenttimällä ja osa uudelleen käymällä. Tämä ei todellakaan ollut mieluisaa, kun takana ei ollut enää oman ryhmän tukea ja yksin tuli selvitä kaikesta.

Kevät meni kuitenkin erittäin hyvin. Oli todella palkitsevaa huomata, kun yrittää ja tekee paljon töitä, niin se palkitaan. Kevään jälkeen valmistuminen alkoi jo vähän hämmöttää.

Tämän opinnäytetyön tein syyslukukaudella 2010. Työn valvojana Satakunnan ammattikorkeakoulussa toimi sähkötekniikan lehtori Esko Nieminen ja ohjaajana EPF Oy:ssä toimi sähkötoimenjohtaja Tuomo Rauvala. Heille kuuluu erityiskiitos työtä koskevasta opastuksesta.

Haluan kiittää EPF Oy:tä opinnäytetyön aiheesta sekä työllistämistäni. Kiitos myös koulun henkilökunnalle joustavuudesta opiskelun loppuvaiheessa. Lopuksi haluan vielä kiittää tulevaa vaimoani siitä ehdottomasta tuesta ja työrauhasta, jonka hän on opiskelulleni suonut.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	KESKIJÄNNITEKAAPELIT.....	9
2.1	Yleistä	9
2.2	Valmistajat .....	10
2.2.1	Draka NK Cables Oy .....	10
2.2.2	Reka	10
2.2.3	Prysmian.....	10
2.3	Kaapeleiden rakenne.....	11
2.3.1	Johdinmateriaali .....	11
2.3.2	Eriste	11
2.3.3	Polyvinyylidikloridi PVC .....	11
2.3.4	Silloitettu polyeteeni PEX.....	12
2.3.5	Kutistemuovit.....	12
2.4	Keskijännitekaapelit.....	12
2.4.1	AHXAMK – W .....	13
2.4.2	AHXCMK – WTC .....	14
2.4.3	HXCMK .....	16
2.5	Keskijännitekaapeleiden ongelmat.....	17
3	KESKIJÄNNITEPÄÄTTEET .....	18
3.1	Yleistä	18
3.2	Päätetyypit.....	19
3.2.1	Lämpökutistepääte.....	19
3.2.2	Kylmäkutistepääte .....	20
3.2.3	Pistokepäätteet .....	21
4	KESKIJÄNNITEPÄÄTTEEN ASENNUSTEKNIikka JA TYÖKALUT .....	22
4.1	Taustaa	22
4.2	Yleistä	22
4.3	Kaapelin valmistelu .....	24
4.3.1	PEX eristeen lämmitys ja poisto .....	24
4.3.2	Hohtosuojan poisto .....	25
4.4	Kaapelikenkien ominaisuuksia .....	27
4.5	Kaapelikenkien asennustekniikka .....	29
4.5.1	Puristettavien kaapelikenkien puristustyökalut .....	30
4.5.2	Klauke	31
4.5.3	Elpress	32

4.5.4	Novopress .....	34
4.5.5	Kaapelikengän puristaminen .....	35
4.5.6	Ruuvikiristeisten kaapelikenkien asennus .....	36
4.6	Kaapelipäätteen asennuksen muut vaiheet .....	37
4.6.1	Päätteen tiivistäminen ja maadoituspunoksen asennus.....	37
4.6.2	Pintavirtakutisteletkun asennus .....	39
5	KESKIJÄNNITEPÄÄTTEEN LIITOSTEKNIikka .....	40
5.1	Yleistä 40	
5.2	ABB Uniswitch .....	41
5.2.1	Päätteen liittäminen kojeistoon.....	43
5.3	ABB Unigear ZS1 .....	44
5.3.1	Päätteen liittäminen kojeistoon.....	46
5.4	Merlin Gerin SM6 .....	47
5.4.1	Päätteen liittäminen kojeistoon.....	48
6	YHTEENVETO .....	50

## TERMILUETTELO

Keskijännite:	siirtää sähkön suurjänniteverkosta 1–70 kV jännitteellä pienjänniteverkkoon johtaville jakelumuuntajille
Terminen oikosulkuvirta	Terminen rasitus tarkoittaa oikosulkuvirran laitteille aiheuttamaa lämpenemistä. Se riippuu oikosulkuvirran kestoajasta.
Dynaaminen oikosulkuvirta	Dynaaminen rasitus tarkoittaa oikosulkuvirran dynaamisen voimavaikutuksen laitteille aiheuttamaa mekaanista rasitusta
osittaispurkaus	On pieni läpilyönti ilmapälissä, joka ainakin toiselta sivultaan rajoittuu eristeeseen.
Kaapelipääte	Laite, jossa kaapeli päätetään kaapelin johtimen liittämiseksi esim. kulutuskojeeseen taikka jakokeskukseen
Hohtosuoja	Hohtosuojan tarkoituksena on rajata johtimen aiheuttama sähkökenttä kahden sylinteripinnan väliin. Hohtosuoja valmistetaan johtavista metallinauhoista tai puolijohtavasta materiaalista.

## 1 JOHDANTO

Electric Power Finland, Oy EPF Oy, on osakeyhtiömuotoinen sähköurakointiyritys, jonka toimialaan kuuluu mm. sähköjakelu ja muuntamoasennukset, niihin liittyvät rele- ja määräaikaistoestukset, käyttöönotot ja lämpökuvaukset. Yrityksen toinen vahva toimialue on sähkörata- turvalaite- ja vahvavirtatöissä. Koulutuspalvelua yritys tarjoaa tulityö, jännitetyö, työturvallisuuskortti, sähkötyöturvallisuus, kattotulityö sekä tieturva 1 koulutuksen osa-alueilla. Toimialueena on kattavasti koko Suomen alue. Yritys perustettiin vuonna 2007 kuuden entisen YIT:n työntekijän toimesta. Jokainen yrityksen osakkaista toi oman erikoisammattitaitonsa mukanaan; projektinjohtamisen, -hoitamisen, kouluttamisen, koestus ja käyttöönottamisen aloilta. Sekä kokemuksen erilaisista asennuskohteista; sähköradat, sähköasemat, muuntamot, jne. EPF:n pääkonttori sijaitsee Paimiossa Varsinais-Suomessa ja haarakonttori Turussa. Liikevaihto vuonna 2009 oli noin 4,6 milj. euroa, jossa kasvua edellisvuodesta oli 57 %, nuoresta iästään huolimatta yritys on onnistunut tekemään hyvää tulosta. EPF Oy on selvinnyt taantumassa hyvin eikä yrityksen ole juurikaan tarvinnut lomauttaa työntekijöitään. Vuonna 2010 yrityksellä oli 16 vakituista työntekijää. Yritys on työllistänyt myös aliurakoitsijoita sekä määräaikaaisia ja kesätyöntekijöitä. Kokonaisvahvuus on ollut n. 20 henkeä.

Suuri osa EPF Oy:n sähköasennuksista on keskijänniteasennuksia: Muuntajien, kojeistojen ja keskusten paikalleen asentamista sekä niiden välisten kaapelointien toteuttamista. Muuntajien ja kojeistojen välisten keskijännitekaapeleiden päättäminen on varsinaisen asennuksen ratkaisevin vaihe, koska kaapelin sähköisten arvojen on jatkuttava muuttumattomana päätteen kautta muuntajaan tai kojeistoon. Lisäksi kulu- tusköjeiden läheisyydessä päätteeseen kohdistuvat rasitukset ovat suurimmillaan. Kaapelipäätteen tekemisessä on paljon huolellisuutta vaativia työvaiheita kaapelin varastoinnista ja päätteen hankkimisesta, päätteen oikeaan ja huolelliseen tekemiseen. Väärä päätte ja väärin tai huolimattomasti asennettu kaapelipäätte voi pahim- massa tapauksessa johtaa kaapelipäätteen räjähdykseen.



## 2 KESKIJÄNNITEKAAPELIT

### 2.1 Yleistä

Keskijännitekaapelit valitaan siten, että hankintahetkellä kaikki kaapeliin liittyvät toiminta-aikana syntyvät kustannukset ovat mahdollisimman pienet. Kustannuksiin tulee laskea hankinta- ja asennuskulujen lisäksi syntyvät ylläpito- ja häviökustannukset. Myös mahdollisiin muutoksiin ja lisäasennuksiin tulee varautua. /1/

Taloudellisten näkökulmien lisäksi huomiota tulee kiinnittää myös seuraaviin teknisiin ominaisuuksiin:

- Kaapelin tulee kuulua yleisesti tuotettuihin suosituimmuuslajeihin, jotka ovat jatkuvasti saatavilla olevia kaapelityyppejä. Niiden valinnalla saavutetut hyödyt ovat esimerkiksi: toimitusaikojen lyhyys, valmistuskustannusten pienuus, asennustyökalujen valikoiman pieneneminen, asennukseen liittyvät työt pystytään ennalta arvioimaan ja henkilöstön koulutustarve vähenee.
- Kaapelin jännitteen alenema ei saa ylittyä. Lyhyillä etäisyyksillä vaihejännitteen alenema saadaan yhtälöstä  $U_h = I (R \cdot \cos\phi) + X \cdot \sin\phi$ .
- Termisen ja dynaamisen oikosulkukestoisuuden pitää olla tarpeeksi korkea ja verkon mahdollinen laajentuminen pitää ottaa huomioon. Erityisesti dynaaminen oikosulkurasitus on korkea päätteiden läheisyydessä ja sen minimoimisessa oikea asennustekniikka on tärkeä.
- Oikosulkusuojaus pitää pystyä järjestämään, ennen kuin se synnyttää johtimissa ja liitoksissa lämmöstä ja mekaanisesta rasituksesta syntyvää vaaraa.
- Kaapelin kuormitusta laskettaessa tulee ottaa huomioon mahdollinen kuormituksen kasvu ja sennusolosuhteissa tapahtuvat muutokset.

- Mekaanisen ja kemiallisen kestävyuden täytyy olla riittävä.

## 2.2 Valmistajat

### 2.2.1 Draka NK Cables Oy

Draka NK Cables Oy ja Draka Comteq Finland Oy suunnittelee, valmistaa ja myy kaapeleita. Vuonna 2009 Drakan henkilöstö Suomessa oli noin 300 henkilöä; Oulun tehtailla ja Espoon pääkonttorissa. Tuotanto Ruskon tehtailla Oulussa alkoi 1972. Siellä valmistetaan asennusjohtoja, ohjauskaapeleita, kaapeleita auto- ja sähkötekni- sille teollisuudelle, kuparijohtimia, valokaapelitarvikkeita, matkapuhelinverkon kaa- peleita. Kaapelivalmistuksen keskittyessä suurempiin tuotantoyksiköihin tulee kaa- peleiden saatavuus olla lähempänä markkinoita. Sen vuoksi Drakalle valmistui uusi ja- kelukeskus Kouvolaan 2010. Draka on aloittanut kaapeleiden valmistuksen 1912 ja kuului aiemmin Nokian kaapeli Oy:n ennen eriytymistään 1996. /2/

### 2.2.2 Reka

Rekan henkilöstön määrä on noin 500 henkilöä. Kaapelin valmistaminen aloitettiin vuonna 1961 Hyvinkäällä, jossa sijaitsee yhtiön pääkonttori. Muita tuotantolaitoksia on Keuruulla, Riihimäellä ja Podolskissa Venäjällä. Tuotevalikoimaan kuuluvat säh- kökaapelit 75 V:n tiedonsiirtokaapeleista 145 kV:n suurjännitemaakaapeleihin. Reka Kaapelin emoyhtiö on Neomarkka Oyj, joka kuuluu Reka-konserniin, jonka toimialat ovat sijoitusliiketoiminta, teollisuus ja kiinteistöt. /3/

### 2.2.3 Prysmian

Prysmian Cables and Systems Oy on Prysmian Groupin pohjoisin tytäryhtiö. Se liit- tyi konserniin vuonna 2000, mutta yhtiön historia kaapelin valmistajana ulottuu vuo- teen 1912 ja se oli myös osana Nokian kaapeli Oy:tä. Prysmianin kaapelitehdas Pik-

kalassa, Kirkkonummella työllistää noin 250 henkeä ja sen tuotevalikoimaan 1kV - 400 kV voimakaapelit. /4/

## 2.3 Kaapeleiden rakenne

### 2.3.1 Johdinmateriaali

Johtimien materiaaleina käytetään alumiinia tai kuparia, sillä niiden johtavuus suhteessa hintaan ja painoon on hyvä. Alumiinia käytetään etupäässä jakeluverkkojen johdinmateriaalina ja tämä näkyy hyvin keskijännitealueella. Lämpötilan vaikutus johtimen sähkönjohtokykyyn on merkittävä ja resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. Tämä tulee huomioida häviökustannuksia arvioitaessa. Alumiinin ja kuparin ominaisuuksia johdinmateriaalina esittää taulukko 3.1. /5/

**Taulukko 3.1.** Alumiini ja kuparin fysikaaliset ominaisuudet /5/

Ominaisuus	Mittayksikkö	AL	CU
Sähkönjohtavuus $\gamma$ , +20 °C	% IACS61,0	100	
Ominaisvastus $\rho$ , +20 °C	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	0,0283	0,0172
Vastuksen lämpötilakerroin $\rho$	1/c	0,004	0,004
Ominaispaino, +20 °C	g/cm <sup>3</sup>	2,7	8,89
Sulamispiste	°C	655	1083
Ominaislämpö	cal/g	0,22	0,094
Lämpöpiteneemiskerroin	10 <sup>-6</sup> /°C	23	17

### 2.3.2 Eriste

Nykyään voimakaapeleiden eristysaineena käytetään erilaisia muoveja, paperin käyttö eristeenä on lopetettu. Keskijännite alueella käytössä on seuraavat muovit. /5/

### 2.3.3 Polyvinylikloridi PVC

Käytetään enintään 6 kV:n kaapeleissa. Se on pehmeä ja taipuisa, sen ominaisuudet pysyvät muuttumattomina alle +70 °C:n lämpötiloissa. Normaaliolosuhteissa se on

palamaton, eikä se jatka palamista alle +250 °C:n lämpötiloissa. Palaessaan se synnyttää materiaaleja haurastuttavaa suolahappoa. PVC suodattaa lävitseen vähän vettä ja se kestää myös orgaanisia kemikaaleja, lukuun ottamatta klooripitoisia aineita. PVC on myös ultraviolettisäteilyn kestävä ja soveltuu ulkokäyttöön. /5/

#### 2.3.4 Silloitettu polyeteeni PEX

XLPE, jota Suomessa kutsutaan PEX-eristeeksi, on ominaisuuksiltaan suosituin eristysmateriaali keski- ja suurjännitekaapeleiden eristeissä. Se eroaa polyeteenistä (PE) ristisilloituksella, se parantaa polyeteenin kykyä vastustaa lämpötilan muutoksista aiheutuvaa halkeilua. PEX:llä on paremmat sähköiset arvot kuin PVC:llä, sen pintavirtakestoisuus on hyvä ja se on mekaanisilta ominaisuuksiltaan kestävä, eikä sillä ole varsinaista sulamispistettä lämpötilan noustessa, vaikka se pehmeneekin. Tämän vuoksi PEX-kaapeleita voidaan kuormittaa PVC-eristeitä suuremmilla virroilla. Myös oikosulku- ja ylikuormituskestoisuus on PEX-eristeillä parempi. /5/

#### 2.3.5 Kutistemuovit

Kutistemuovitekniikkaa käytetään paikoissa, joissa erikoismateriaalit pitää luotettavasti liittää toisiinsa. Tämä näkyy erityisesti päätteissä ja jatkoissa. Niiden erityisominaisuuksia ovat hyvä sähköinen eristys, pintavirran kestävyys, sähkökentän ohjauskyky, lämpötilakestävyys, kemikaalikestävyys, palamattomuus ja UV- säteilykestoisuus. /5/

### 2.4 Keskijännitekaapelit

Keskijännitejohtimia on käytössä valmistajasta riippuen useita. Myös käyttöolosuhteilla on vaikutusta: onko kyseessä maakaapeli vai ilmajohto, yksi vai monijohdin-kaapeli.

### 2.4.1 AHXAMK – W

Alumiinivoimakaapeli AHXAMK – W on tarkoitettu kiinteään ulkoasennukseen. Se on alumiininen, kolmejohtiminen, PEX eristeinen, vesitiivis maakaapeli, sen kutsunimi on ”viski”. Johdin on tiivistetty pyöreä alumiiniköysi, jonka raoissa on pulveria, joka paisuu veden päästessä kaapeliin. Johtimen ympärillä johdinsuojana on puolijohtava polyeteeninen muovi, sen päällä eristekerros ristisilloitettua polyeteeriä (PEX). Eristeen ympärillä hohtosuojana on puolijohtava muovi sekä veden vaikutuksesta paisuva nauha. Uloimpana kerroksena kaapelissa on sisempänä alumiinimuovilaminaatti ja ulompana PEX vaippa. PEX vaippa on pakkasen kestävä ja heikosti vetä läpäisevä. Kaapelin kerrattuna on kolme yksijohdinkaapelia maadoitusköyden ympärillä. Kuva 3.1 Esittää kaapelin rakennetta.

**Kuva 3.1 AHXAMK – W** 1. Johdin, 2. johdinsuoja, 3. eriste, 4. hohtosuoja, 5. vesitiivistysnauha, 6. kosketussuoja, 7. vaippa, 8. maadoitusköysi /3/



Eristeen ympärillä olevien johdin- ja hohtosuojan tarkoituksena on tasata eristekerroksien yli vaikuttavaa sähkökenttää, joka aiheutuu johtimen ja pinnanmuodoissa olevien epätasaisuuksien vuoksi. Puolijohtavan vesitiivistysnauhan tarkoitus on estää kosteuden pääsyn pituussuunnassa, jotta mahdolliset kosteusvauriot pysyvät rajoittuneena. Kosketussuojan merkitys on estää veden pääsy poikittaissuunnassa sekä olla varaus- ja vikavirtojen kulkutienä että toimia suojana ulkopuolelta tulevia virtoja vastaan (esim. salama). PEX vaippa antaa kaapelille mekaanisen suojan ja suojaa kaapelin sisäosia. Kaapeli on ominaisuuksiltaan hyvin vesitiivis ja soveltuu hyvin maa-asennuksiin. Koska kaapeli on tarkoitettu asennettavaksi maahan, kaapelin ympärillä ei tarvitse olla kokoonpuristuvaa ulkovaippaa, vaan maan puristuksen on tarkoitus vastustaa dynaamisia oikosulkuvirtoja. Tästä huolimatta kaapeli voidaan myös

asentaa maanpinnan yläpuolelle, silloin kaapeli voidaan sitoa yhteen sopivin välein esim. Tespa vanteella. Lisäksi tulee huolehtia riittävästä sidonnasta ja tuennasta. Sidonnantarve kasvaa oikosulkuvirtojen noustessa. Kaapelia valmistetaan useilla eri nimellispoikkipinta- aloilla, tarvittavan kuormituksen mukaan. /3/ /5/ /6/

**Taulukko 3.2.** AHXAMK- W teknisiä ominaisuuksia /3/

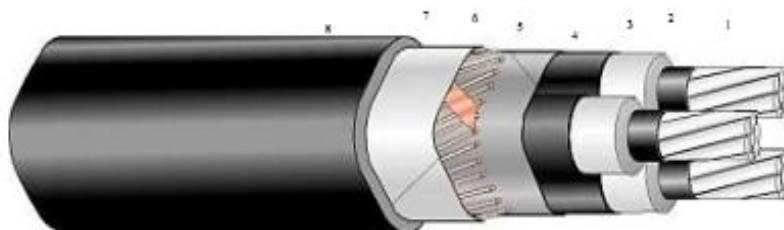
Ominaisuus	Tiedot
Eikoisominaisuus	Pitkittäin ja poikittain vesitiivis
Johdin	Vesitiivis, pyöreä alumiiniköysi
Paloluokka	F1
Johdinsuoja	Puolijohtava muovi
Eristys	PEX-muovi
Hohtosuoja	Puolijohtava muovi
Vesitiivistys	Puolijohtava nauha, joka paisuu veden vaikutuksesta
Jännitetasot	10, 20, 30 kV
Kosketussuoja	Alumiini-muovilaminaatti
Vaihevaippa	Musta säänkestävä PE-muovi
Keskusköysi	Pyöreä kupariköysi
Kertaus	Kolme vaihejohtinta kerrattuna keskusköyden ympärille
Käsittely °C	-20 °C
Käyttö °C	90 °C ilmassa / 65 °C maassa
Oikosulku °C	250°C

#### 2.4.2 AHXCMK – WTC

Alumiinivoimakaapeli AHXCMK – WTC on tarkoitettu kiinteään sisä- ja ulkoasennukseen. Se on alumiininen, kolmejohtiminen, PEX eristeinen, vesitiivis maakaapeli, sitä kutsutaan ”teollisuus wiskiksi”. Johdin on tiivistetty pyöreä alumiiniköysi. sen ympärillä johdinsuojana on puolijohtava polyeteeninen muovi, sen päällä eristekerros ristosilloitettua polyeteeriä (PEX). Hohtosuojana on puolijohtava muovi ja nokipaperi. Johtimet on sen jälkeen kerrattu yhteen ja sidottu toisiinsa puolijohtavalla nauhal-

la. Niiden päällä kosketussuojana on kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos. Niiden tarkoituksena on toimia varaus- ja vikavirtojen kulkutienä sekä toimia suojana ulkopuolelta tulevia virtoja vastaan (esim. vikatapauksissa). Kosketussuojaa ympäröi erotuskerroksena muovinauhointus, minkä päällä on vielä musta säänkestävä PVC-muovi. AHXCMK – WTC eroaa AHXAMK- W:stä siten, että hohtosuojatut johtimet on ensin kerrattu yhteen, minkä jälkeen niitä ympäröi yhteinen kosketussuoja ja vaippa. AHXAMK- W:ssä taas jokainen vaihejohdin on suojattu vaippaan asti erikseen ja kerrattu yhteen.

**Kuva 3.2 AHXCMK- WTC.** 1. Johdin, 2. johdinsuoja, 3. eriste, 4, hohtosuoja, 5.puolijohtava sidenauha, 6. kosketussuoja, 7. erotusnauha, 8. Vaippa. /3/



AHXCMK- WTC on vaipan rikkoutuessa alttiimpi kosteusvaurioille, sen vuoksi sitä ei suositella asennettavaksi kosteisiin maa-asennuksiin. Sen sijaan AHXCMK- WTC on tarkoitettu erityisesti pinta- asennuksiin johtuen sen suuresta dynaamisesta oikosulkuvirt kestoisuudesta, mikä aiheutuu kaapelin koossapitävästä yhteisestä kosketussuojasta ja ulkovaipasta. Kaapeli on palamattoman PVC vaippansa vuoksi tarkoitettu teollisuudessa sisäasennuksiin. Kaapelia valmistetaan useilla eri nimellis- poikkipinta- aloilla, tarvittavan kuormituksen mukaan. /3/ /5/ /6/

**Taulukko 3.3.** AHXCMK- WTC teknisiä ominaisuuksia /3/

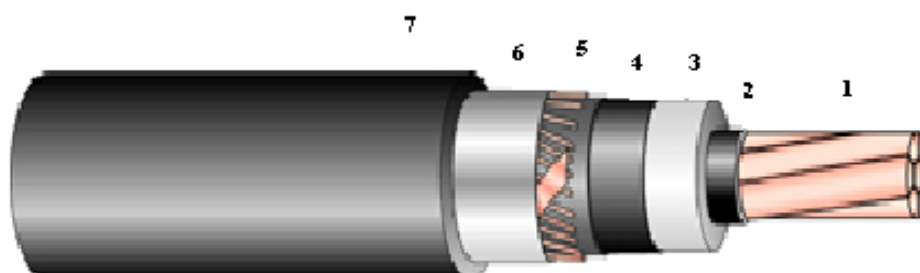
Ominaisuus	Tiedot
------------	--------

Erikoisominaisuus	Itse sammuva ja paloa levittämätön
Johdin	Vesitiivis, pyöreä alumiiniköysi
Paloluokka	F4C x3 ja F2 x1
Johdinsuoja	Puolijohtava muovi
Eristys	PEX-muovi
Hohtosuoja	Puolijohtava muovi
Vesitiivistys	Puolijohtava nauha, joka paisuu veden vaikutuksesta
Jännitetasot	10, 20, 30 kV
Kosketussuoja	Kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos
Vaihevaippa	Musta säänkestävä PVC-muovi
Käsittely °C	-15 °C
Käyttö °C	90 °C ilmassa / 65 °C maassa
Oikosulku °C	250°C

### 2.4.3 HXCMK

Kuparivoimakaapeli HXCMK on tarkoitettu kiinteään sisä- ja ulkoasennukseen. Se on kuparinen, yksijohtiminen, PEX eristeinen, vesitiivis maakaapeli. Johdin on vesitiivis pyöreä kupariköysi. johdinsuojana on puolijohtava polyeteeninen muovi, sen päällä on eristekerroksena ristosilloitettua polyeteeriä (PEX). Hohtosuojana on puolijohtava muovi, jonka yläpuolella kosketussuojana kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos, niiden tarkoituksena on toimia varaus- ja vikavirtojen kulkutienä, sekä toimia suojana ulkopuolelta tulevia virtoja vastaan (esim. vikatapauksissa). Vaippana on musta säänkestävä PVC-muovi.

**Kuva 3.3 HXCMK.** 1. Johdin, 2. johdinsuoja, 3. eriste, 4. hohtosuoja, 5. puolijohtava sidenauha, 6. kosketussuoja, 7. erotusnauha./3/





Kaapelia käytetään usein kojeiston ja muuntajan välisissä asennuksissa. Myös teollisuuden suuria tehoja vaativissa syöttöyhteyksissä on mahdollista käyttää kaapelia, koska se on helppo asentaa ja vaatii pienen taivutussäteen, rajoittavana tekijänä kuitenkin on suhteellisen pieni oikosulkuvirtakestoisuus. Kaapeli voidaan asentaa järjestelmäksi, joita kytketään joka vaiheeseen yksi tai useampi rinnakkain. Kaapelit kiinnitetään rinnakkain ja päällekkäin muovikiinnikkeillä. Dynaaminen oikosulkukestoisuus saadaan kasvamaan pienentämällä kiinnikkeiden välimatkaa. /3/ /5/ /6/

**Taulukko 3.4.** HXCMK teknisiä ominaisuuksia /3/

Ominaisuus	Tiedot
Johdin	Vesitiivis, pyöreä kupariköysi
Paloluokka	F2
Johdinsuoja	Puolijohtava muovi
Eristys	PEX-muovi
Hohtosuoja	Puolijohtava muovi
Jännitetasot	10, 20, 30 kV
Kosketussuoja	Kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos
Vaihevaippa	Musta säänkestävä PVC-muovi
Käsittely °C	-15 °C
Käyttö °C	90 °C ilmassa / 65 °C maassa
Oikosulku °C	250°C

## 2.5 Keskijännitekaapeleiden ongelmat

PEX eristeiset kaapelit eivät ole saavuttaneet lopullista rakennettaan valmistuttuaan, vaan se muotoutuu pitkän ajan kuluessa. Eristeessä tapahtuu ns. vanhenemista, joka johtuu kemiallisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Näissä kohdissa tapahtuu eristeen rakenteessa muutoksia, jotka aiheuttavat muutoksia sähkökentässä, mikä edelleen aiheuttaa osittaispurkauksia, joita vastaan PEX eristeiset kaapelit kestävät erityisen huonosti. Mekaaninen rasitus aiheutuu esim. kaapelin liiasta taittamisesta. PEX-eristeen kaapelin kemiallista heikkenemistä edesauttavat osittaispurkaukset, sähkö- ja vesipuut. Kaapeleiden suojaus kosteutta vastaan on erittäin tärkeää. PEX-eristeinen kaapeli, joka on alttiina kosteudelle, on vaarassa vesipuiden muodostumiselle. Vesipuiden hyvä puoli on, että ne katoavat, kun eriste kuivuu. Sähköpuut saavat alkunsa eristeen epähomogeenisuudesta esim. liasta, onkalosta tai vesipuusta. Al-

kuun päässyt sähköpuu ei poistu itsestään, vaan se jää pysyväksi virheeksi. Epähomogeeniset alueet aiheuttavat sähkökenttien syntymisiä. Liian suuri sähkökentän voimakkuus johtaa osittaispurkaukseen, mikä synnyttää onkalon tai suurentaa ennestään olemassa ollutta. Aina, kun syntyy uusia osittaispurkauksia, niin joka kerta onkalo kasvaa ja alkaa muistuttaa muodoltaan puuta tai pensasta. Lopuksi puu kulkee läpi koko eristeen, mikä aiheuttaa täydellisen läpilyönnin. Tämän vuoksi pienimmätkin osittaispurkaukset ovat erittäin vaarallisia PEX-eristeelle, joten niiden mahdollistavien muutosten estäminen, huolehtimalla kaapelin oikeasta varastoinnista ja puh-  
taudesta sitä työstettäessä on hyvin tärkeää. /7/

### 3 KESKIJÄNNITEPÄÄTTEET

#### 3.1 Yleistä

Kaapelipäätteisiin liittyvistä töistä mainitaan standardissa SFS 6000, 528.1 seuraavaa: ”Johtimien keskinäisten liitosten sekä sähkölaitteiden välisten liitosten tulee saada aikaan vanhenemista kestävä liitos ja riittävä mekaaninen lujuus ja suojaus.” Lisäksi SFS 6000, 528.2: ”Liitostapoja valittaessa on otettava huomioon: johtimien metalli ja eristys, johtimen muodostavien lankojen määrä ja muoto, johtimen poikkipinta, yhteen kytkettävien johtimien lukumäärä”. Edelleen mainitaan StM:n A1-93, 30 pykälä 3: ”Kaapeli on päätettävä rasiassa tai muussa varusteessa taikka sellaisella menetelmällä, joka soveltuu sen käyttöpaikalla esiintyviin rasituksiin”. Käyttöpaikalla esiintyvillä rasituksilla tarkoitetaan mm. kosteita, märkiä, syventäviä tiloja. Kaapelin varuste on laite: ”jossa kaapeli päätetään kaapelin johtimien liittämiseksi esim. kulutuskojeeseen taikka jakokeskukseen”. Näiden lisäksi päätteiden pitää kestää kuormitusvirran, oikosulkuvirran ja mahdollisten ylijännitteiden aiheuttamia rasituksia.

Päätteen tarkoitus on kaapelin johtimien kytkeminen muuntamoon, kytkinlaitokseen, ilmajohtoon tai muuhun kulutuskojeeseen ja merkitys on siis antaa kaapelille mekaaninen suoja sekä estää kosteuden pääsy kaapeliin. Päätteen tulee kestää vähintään

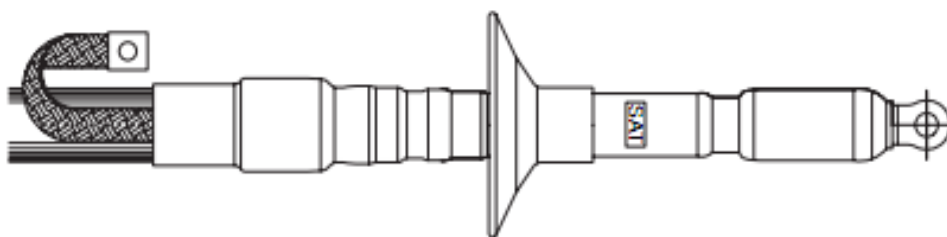
sama rasitus kuin kaapelin (koestuksissa kaapeli ja pääte muodostavat yhden kokonaisuuden) ja ottaa huomioon suuremmat rasitukset kojeiden lähellä. Erityisen suuren ongelman päätetekniikassa aiheuttaa sähkökentän muutokset eristyksen rajapinnassa, joka aiheutuu kaapelin hohtosuojan päättymisestä ja erisuuntaisista jännitteen rasituksista. Niitä pyritään keinotekoisesti tasaamaan esim. rajapintojen eristystä paksuntamalla ja keilaksi muotoilemalla sekä käyttämällä puolijohtavia kerroksia johtimen päällä. Keskijännitealueella käytetään maakaapeilla kolmea päätetyyppiä: lämpökutiste-, kylmäkutiste- ja pistokepäätteitä. Pääteen rakenne riippuu jännitteestä ja asennuspaikasta. /5/ /8/ /9/ /10/

## 3.2 Päätetyypit

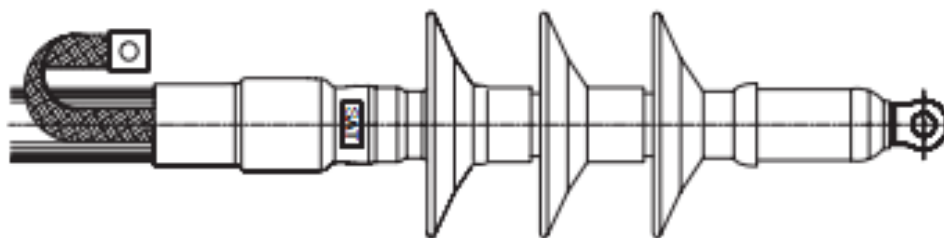
### 3.2.1 Lämpökutistepääte

Lämpökutistepääte on yleisin keskijänniteasennuksissa käytetty päätetyyppi. Sitä käytetään sekä ulko- että sisäasennuksissa sen suosio perustuu paljolti sen suhteellisen helppoon asennettavuuteen. Päätepakkaus voi sisältää kaapelikengän tai se voi olla ilman kenkää. Kutistemuovipääteen rakenne voi olla seuraava: Kutistemuovipääteen rungon muodostaa pintavirrankestävä kutistemuoviletku, jonka sisäpinnassa on kentänohjauspinnoitemassaa. Kentänohjausmassa on sinkkioksidi tyyppinen, joka toimiessaan on johtava ja lepotilassa eristävä. Se toimii yleensä kosteussuojana. Runkoletku kutistetaan maadoitusliittimien päälle johdetun letkun päälle. Kaapelinrakenteesta riippuen käytetään tiivistysmassoja ja teippejä asennusohjeen mukaisesti. Kuvat 4.1 ja 4.2 esittävät lämpökutistupäätteitä valmiina sekä ulko- että sisäkäyttöön AHXAMK-W kaapelille valmiina.

**Kuva 4.1** Tyypin HITW1.24 Lämpökutistepääte AHXAMK-W sisäkäyttöön /11/



**Kuva 4.2** Tyypin HoTW1.24 Lämpökutistepääte AHXAMK-W ulkokäyttöön /11/



Lämpökutistepäätteessä huomattavana etuna on hohtosuojan katkaisukohta, joka on suojattu helposti asennettavalla kentänohjausletkulla. Se suojaa tehokkaasti liitoksen herkimmän alueen. Kentänohjausletku tasaa ja ohjaa sähkökentän siten, ettei hohtosuojan päättymiskohtaan muodostu kaapelia rasittavaa epätasaista ja tiheää sähkökenttää. Lämpökutistepäätteen käyttöä rajoittavat tietyissä tapauksissa palovaarallinen ympäristö. /5/ /11/

### 3.2.2 Kylmäkutistepääte

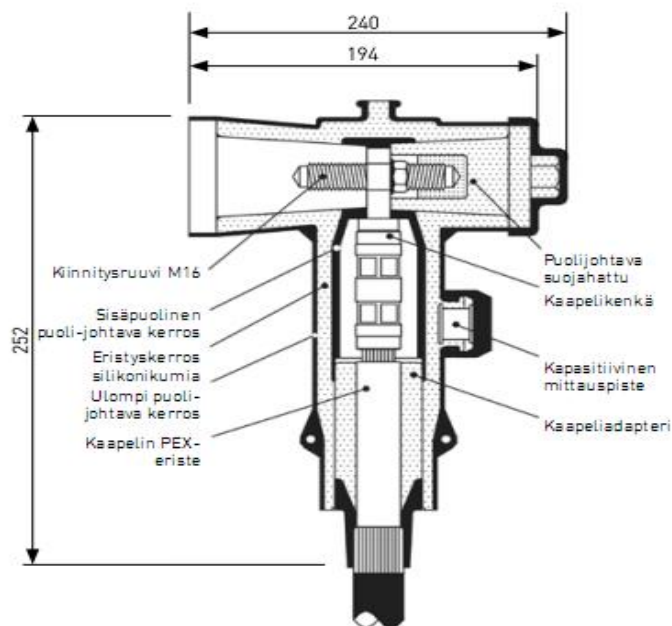
Kylmäkutistepäätteiden käyttö keskijänniteasennuksissa on yleistymässä. Sitä käytetään sekä ulko- että sisäasennuksissa sen asennettavuus on hyvä. Kylmäkutistepäätteen etuna verrattaessa lämpökutistepäätteeseen on, että se sopii tiloihin, joissa tulen käyttö on kielletty. Tämä voi vaikuttaa myös kaapelityypin valintaan ja valitaan sellainen kaapeli, missä tulityötä ei tarvitse tehdä. Kylmäkutisteet on valmistettu kestävästä silikonikumista, mikä parantaa luotettavuutta ja kestävyyttä. Päätteen eduiksi voidaan laskea myös tasalaatuisen asennusjäljen ja pienen työkalutarpeen, mikä nopeuttaa asennusta ja pienentää työkustannuksia. Lisäksi sama tuote käy monille johdinpoikkipinnoille, jolloin muutamalla päätteellä saavutetaan laaja käyttöalue. Pääte voi olla kengällinen tai ilman kenkää. Kylmäkutistepäätteellä on putkimainen runko, jonka sisäpinnassa on kentänohjauspinnoite. Pääte on asennettu spiraalin päälle, joka poistetaan asennuksen yhteydessä. Kun spiraali poistetaan, kutistuu pääte kiinni kohteeseen. Pääte vedetään liukasteaineen avulla valmistellun kaapelin, sekä maadoitusliittimen päälle. Pääte puristuu kaapelin päälle, eikä väliin jää ilmataskuja. Pääte kestää myös suuria lämpötilan vaihteluita. On kuitenkin huomioitava, että päätteen asen-

taminen riippuu päätteen valmistajasta ja jokaisella kylmäkutistepäättemallilla on oma asennustekniikkansa. Pääte ei ulkonäöltään eroa lämpökutistepäätteestä. /5/ /11/

### 3.2.3 Pistokepäätteet

Pistokepäätteiden käyttö on lisääntynyt nopeasti sen jälkeen, kun SF6 kaasueristeisen kojeistojen käyttö muuntamoilla ja sähköasemilla on yleistynyt. Pistokepääteen avulla kaapeli saadaan liittymään suoraan kojeistoon, muuntajaan tai katkaisijaan. SLO:n Rics kulma päätteessä pistokepääte asennetaan valmiin sisäpääteen päälle. Pistokepääte soveltuu sekä ulko- että sisäkäyttöön. Pistokepääteen etuja on huomattavan henkilöturvallisuuden tarjoama kosketussuoja, lisäksi päätteen vesitiiveysluokka on korkea. On kuitenkin huomioitava, että vaikka pääte käytännössä olisikin kosketussuojattu, niin sen on oltava sitä myös virallisesti ja mahdollinen kosketussuojaus on merkittävä päätteeseen. Kosketussuoja saadaan yhdistämällä päätteenrunko maadoituspunokseen. Pääte tarvitsee vain pienen fyysisen tilan, mikä ahtaissa kojeistoissa liitostekniikan kannalta on tärkeää. Hyvän kosketussuojauksen vuoksi myös minimietäisyyksiä ei tarvita. Asennettuna pääte on helppo irrottaa ja kytkeä eikä siihen tarvita erikoistyökaluja. Kuva 4.3 esittää tyypillistä SF6 kojeistoon liitettävää T-kulmapistokepäätetä. Pistokepääteen eristeenä käytetään pintavirtakestoisuudeltaan hyvää, palamatonta ja vetokestoista silikonikumia. Eriste on pinnoitettu muovilla, joka suojaa liitosta tahattomilta kosketuksilta. Pääteellä on laaja käyttöalue, johtuen sen muotoilusta. Kosketussuojatun T-kulmapistokepääteen rakennetta esittää kuva 4.3. Kuvasta käy ilmi mm. sisäpuolinen puolijohtava hohtosuoja, joka luo Faradayn häkin kaapelikengän ympärille ja estää koronapurkauksia, silikonikuminen eristyskerros pintavirtojen estämiseksi ja kapasitiivinen mittauspainike jännitteettömyyden toteamiseksi.

**Kuva 4.3.** Kosketussuojatun T-kulmapistokepääteen rakenne /12/



## 4 KESKIJÄNNITEPÄÄTTEEN ASENNUSTEKNIikka JA TYÖKALUT

### 4.1 Taustaa

Tämän luvun tarkoituksena on kertoa päätteen tekoon liittyvistä työvaiheista, työmenetelmistä ja työkaluista yleisesti. Luvun tarkoitus ei ole olla asennusohje tietyille päätetyypille, vaan luvussa käydään läpi päätetyöskentelyn vaatimia asennustekniikoita ja huomioon otettavia asioita. Luvussa on kuitenkin käytetty havainnollistavana ohjeena Enston HITW1 lämpökutistepäätettä AHXAMK-W kaapelille.

### 4.2 Yleistä

Ennen kuin varsinaiseen päätteen tekoon ryhdytään, tulee ottaa huomioon asennusympäristöön liittyvät asiat: /13/

- Työskentelypaikan suojaus sään vaikutukselta; sateelta, tuulelta ja pölyltä. Ulkona työskennellessä on tarvittaessa käytettävä asennusteltoa.

- Asennusympäristön siisteyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, varsinkin palavien materiaalien suhteen.
- Keskiännitekaapeleiden kuormitettavuuden parantamiseksi niiden eristeenä on PEX muovia, jonka pehmittämiseen tulee käyttää nestekaasupoltinta. Tämän vuoksi työalueelle on hankittava tulityölupa. Jos alueelle ei lupaa saada hankittua, tulee ainakin kaapelin PEX vaippa poistaa muussa tilassa.

Ennen asennusta huomioitavia asioita ovat:

- Varmistaa, että käytössä on oikea päätepakkaus kyseessä olevalle kaapelille.
- Varmistaa kaapelin oikea mitoitus, vaihejärjestys ja turvalliset työskentelyolosuhteet.
- Lukea huolellisesti pakkauksen sisältämä asennusohje, sekä noudattaa työjärjestystä. Myös pakkauksen sisältö kannattaa käydä läpi ennen työn aloittamista.
- On myös otettava huomioon, että pakkauksen sisältö ja komponentit ovat saattaneet muuttua edellisen asennus kerran jälkeen.
- Kaapelille tulee järjestää riittävästi asennustilaa sekä sitoa ja tukea se hyvin asennuksen ajaksi.
- Kannattaa jo ennen työn aloittamista tarkistaa tarvittavien työkalujen olemassa olo.

### 4.3 Kaapelin valmistelu

#### 4.3.1 PEX eristeen lämmitys ja poisto

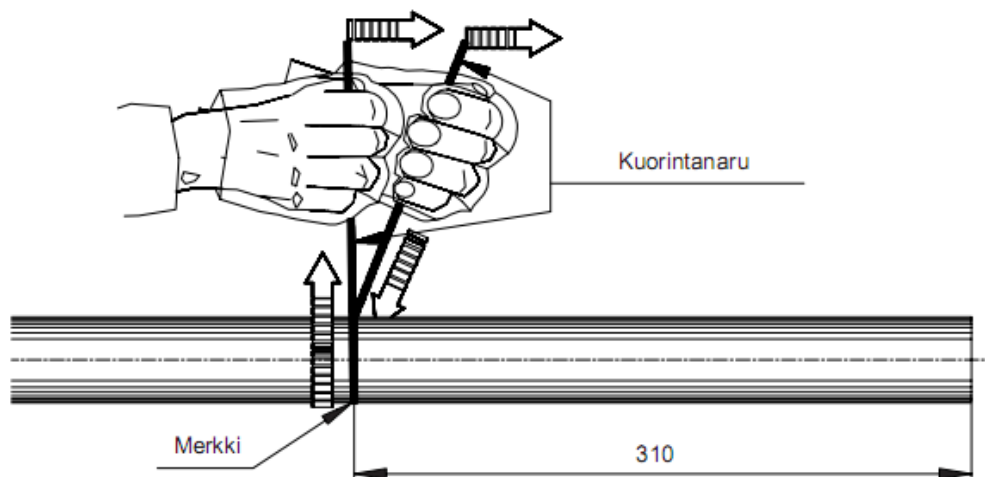
Kaapelit tulee avata kerroksittain asennus ohjeen ilmoittamiin mittoihin. Kaapelin loppupää on usein viistosti katkottu ja siinä voi olla myös muita virheitä, minkä vuoksi kaapelista kannattaa aluksi katkaista noin 10 cm pätkä. Myös ulkovaipan kuorintavaipan pituus kannattaa mitata ja merkitä kaapeliin.

Keskijännitekaapeleissa käytetään normaalisti ristosilloitettua PEX eristettä sen hyvän virrankestoisuuden vuoksi. Se on lisäksi mekaanisilta ominaisuuksiltaan kestävä. Se on normaalissa lämpötilassa hyvin kova ja sen kuoriminen ei onnistu. Eristeellä ei ole varsinaista sulamispistettä, mutta lämpötilan noustessa se pehmenee. Tämän vuoksi kaapelin päätä on ensin lämmitettävä. Kaapelin lämmittämiseen tulee käyttää nestekaasupoltinta, koska normaalin kuumailma puhaltimen teho ei ole riittävä. Polttimessa tulee olla liekinsäätömahdollisuus: liekin pituuden on oltava 25-30 cm ja siinä on oltava noin 10 cm:n keltainen kärki, terävää sinistä ja liekkiä tulee välttää. Kaapelia tulee kuumentaa tasaisesti koko kuorinta matkalta ja liekkiä tulee liikutella koko ajan. Kun kaapelin pinta alkaa olla valmis kuorittavaksi, siitä tulee kirkkaamman värinen. On kuitenkin varmistuttava siitä, että kaapeli on joka kohdasta riittävän lämmin, jotta kaapelin kuori irtoaa tasaisesti joka kohdasta.

Kun kaapeli on lämmitetty, päatepakkauksen mukana olevalla kuorinta narulla sahaetaan eriste poikki kuorintakohdan merkistä ja vedetään pehmenneet PEX suikaleet pois alumiinifoliota vahingoittamatta. Eristeen poistoa esittää kuva 5.1. /5/ /11/ /13/

**Kuva 5.1** Kaapelin vaipan poisto /11/





#### 4.3.2 Hohtosuojan poisto

Ulkovaipan alapuolella oleva alumiinifolio puhdistetaan ylimääräisestä liimasta pakkauksessa olevalla hiontapaperilla kevyesti, ettei folio kulu puhki. Lisäksi PEX eriste karhennetaan hiomapaperilla, jotta varmistetaan lämpökutisteen liiman hyvä tarttuvuus pintaan. Vaippa tulee puhdistaa hiomisen jälkeen. Pakkauksessa oleva vakiojousi, jonka merkitys on olla suojana alumiinisen kosketussuojan päällä, kierretään alumiinifolion päälle 40mm päähän vaipasta, alumiinifolio poistetaan leikkaamalla sen alkupäähän viiltoja, jotta se saadaan liuskoitettua jousen reunaa vasten. Alumiinifolion alla oleva puolijohtava nauha vedetään ohuina pitkittäisinä suikaleina alumiinifolion reunaa vasten ja katkotaan. Tämän jälkeen voidaan vakiovoimajousi poistaa. Hohtosuoja kuoritaan 40 mm alumiinifoliosta kaapelin päähän saakka. Työn suorittamiseen vaaditaan erityinen kuorinta sorvi. Elpressin valmistamaa sorvia esittää kuva 5.2

**Kuva 5.2** Hohtosuojan kuorintatyökalu Elpress /14/



Kuvassa näkyy sorvin kiristysruuvi ja terän säätöruuvi sekä telat joiden varassa sorvi pyörii. Sorvaus on yksi tarkimmista päätetyön vaiheista. Sorveissa on säätöruuvilla hienosäädettävä ja vaihdettava erityismuotoiltu terä. Sääto on mallista riippuen 0-1,5 mm välillä ja 0,1 mm:n välein. Hohtosuoja on kokonaan poistettava ja toisaalta se on poistettava niin ohuelti kuin mahdollista. Sorvaus tulee suorittaa mahdollisimman tasaisella liikkeellä. Sorvin kireys on oltava sopiva ja terän asento tarkka, sillä sorveilla on taipumus ”haukata” eristettä. Tällöin sorvaus on välittömästi lopetettava ja sorvi säädettävä uudestaan. Sorvilla pääsee 25 mm:n päähän alumiinifoliosta, joka on riittävä etäisyys, kun etäisyys on oltava 40 mm. Sorvauksen lopettamiseen on olemassa pysäytyslevyjä, ettei sorvaus mene liian pitkälle. Suomessa käytössä olevia sorveja myyvät Elpress ja Ensto. Hohtosuojan poiston tärkein asia on, että johtavaa materiaalia ei jää kuoritun kaapelin eristeeseen. Jos kaapeliin jää hohtosuoja, se poistetaan esim. lasilla raaputtamalla. Eristeen pintaan ei myöskään saa jäädä kuoppia, jotka aiheuttavat ilmakuplia. Ilmalla on erilainen sähkölujuus, mikä aiheuttaa päätteessä lämpenemistä, joka voi aiheuttaa päätteen tuhoutumisen tai saada aikaan äärimmäisen hankalasti korjattavan vian. Lopuksi eriste hiotaan tasaiseksi hiomapaperilla. Joka työvaiheessa on puhtauden merkitys suuri ja likaantuneet osat tulee puhdistaa. Päätepakkaukset sisältävät erityisiä alkoholipuhdistusliinoja (tolyeteeni). Hohtosuojan poistamisen jälkeen kuoritaan eristettä kaapelikengän vaatiman alan verran. Eriste on pehmeää ja se irtoaa helposti. Tähän soveltuvat esim. kaapelisakset hyvin. Johdineristettä poistettaessa on varottava vahingoittamasta johdinmetallia.

Eristeen kuorimisessa tulee ottaa huomioon mahdollinen kaapelikengän venyminen, joka huomioidaan kuorimalla n. 5-10 mm ylimääräistä eristettä. /5/ /13/ /14/

#### 4.4 Kaapelikenkien ominaisuuksia

Kenkien valinnassa yleisesti on otettava huomioon seuraavat asiat.

- Liitospaikka ja sen materiaali
- Kaapelikengän mitat; leveys ja syvyys
- Johtimen kuormitus ja oikosulkulämpötilat
- Johtimen materiaali ja poikkipinta
- Korroosion vaikutus ympäristössä
- Käytettävissä olevat työkalut

Keskijännitekaapeleissa johdinmateriaalina käytetään usein alumiinia, jonka pintaan normaalitilanteissa muodostuu oksidikerros, mikä aiheuttaa ylimenovastusta liitostilanteissa. Eristävä oksidikerros poistetaan harjaamalla. Ettei johdin oksidoituisi uudelleen, suojataan johdin liitosrasvalla. Liitosrasva sisältää lisäksi pieniä sinkkihiukasia, jotka rikkovat oksidikerrosta ja parantavat johtavuutta. Alumiini vastustaa korroosiota hyvin, mutta jos se joudutaan liittämään kupariin, (liitostekniikassa usein joudutaan) syntyy kosteuden vaikutuksesta elektrolyyttinen korroosio. Tässä tapauksessa alumiini on luovuttava - napa ja kupari muuttumaton + napa, AL/CU liitoksessa tapahtuu elektrolyysin vaikutuksesta metallin katoamista alumiinissa, joka syöpyy. Tämän vuoksi pyritään kuparipinnat ko. tapauksissa tinaamaan. Yleisesti alumiini-johtimet saa liittää vain sellaisiin kenkiin, joissa on merkintä AL. Kuparijohtimille tarkoitetut CU liittimet soveltuvat vain kuparijohtimien liittämiseen. Alumiinisia kaapelikenkiä puristettaessa on myös otettava huomioon alumiinin kylmä juokseminen. Siinä metalli pursuaa puristuskohdasta pois jo huoneen lämpötilassa. Alumiinil-

la kylmäjuoksemista tapahtuu jo pienelläkin puristusvoimakkuudella, sen vuoksi alumiinikengät pyritään muotoilemaan siten, että liitin mahdollisimman tarkasti ympäröi johdinta. Alumiiniset kengät ovat ulkomitoiltaan suurempia kuin saman kokoluokan kuparikengät ja ne vaativat useampia puristuksia. Tämä voi aiheuttaa hankaluuksia kojeiston läpiviennissä tai muissa työvaiheissa. Alumiinikaapelikenkiä esittää kuva 5.3.

**Kuva 5.3.** Puristamalla valmistetut ja puristamalla asennettavat alumiini kaapelikengät momentti- ja paineentasausaluslaattoineen /15/



Kaapelikengän valitsemisessa pitää lisäksi huomioida, onko kenkä valmistettu puristamalla vai valamalla. Erityisesti ulkoasennuksissa ja kosteissa tiloissa on käytettävä valettuja kaapelikenkiä, jotta vesi ei pääse johtimen sisään. Puristetussa kaapelikengässä vesi voi kulkeutua sisään kengän päässä olevista raoista. Yleensä kuitenkin käytetään puristettuja kaapelikenkiä niiden halvemman hinnan vuoksi. Alumiinijohtimille tarkoitetut kengät on valmistettu 99,7-prosenttisesta, kiinteästä alumiinista lisäaineena on tina. Kuparikaapelikengät on valmistettu 99,9-prosenttisestä sähkökuparista, yleisin pintakäsittelymateriaali on tina. Puristettavien kaapelikenkien lisäksi on olemassa momenttiruuvikaapelikenkiä. Momenttiruuvikaapelikenkien etu on, että puristustyökaluja ei tarvita. Kaapelikengän kiristysruuvi katkeaa, kun riittävä vään-

tömomentti ruuvia kiristettäessä on saavutettu. Kuva 5.4 esittää AL momenttiruuvikaapelikengää. Huom. rasva kaapelikengän sisällä

**Kuva 5.4.** Momenttiruuvikaapelikengä /11/



Johtimen kuormitus ja oikosulkulämpötilojen vuoksi kaapelikengät jaetaan kahteen ryhmään käyttölämpötilojen mukaan:

- T1 liittimet on tarkoitettu enintään 80 °C:n käyttölämpötiloille ja oikosulussa enintään 180 °C:n lämpötiloille.
- T2 liittimet on tarkoitettu enintään 80 °C:n käyttölämpötiloille ja oikosulussa enintään 250 °C:n lämpötiloissa.

Kaapelikengät, jotka täyttävät luokan T2 vaatimukset, ovat merkitty lämpöluokkansa T2 tunnuksella ja ovat tarkoitettu keskijännitekaapeleiden kanssa. /5/ /11/ /13/ /14/

#### 4.5 Kaapelikengien asennustekniikka

Yleisesti on otettava huomioon seuraavat asiat. /5/ /13/

- Liittimen valmistajan ilmoittamia ohjeita on noudatettava.
- Johtimen poikkipinnalle on asennettava oikean poikkipinnan liitin.
- materiaalista riippuen on käytettävä oikeaa liitinmateriaalia.
- Eristettä kuorittaessa on varottava naarmuttamasta johtimen pintaa, mikä saattaa aiheuttaa oksidoitumista.
- Eristettä on kuorittava oikea määrä.
- Johtimen ollessa sektorin muotoinen on johdin yleensä suurilla poikkipinnoilla muokattava siirtoleukapihdeillä sopivan muotoiseksi, jotta kengän saa mahtumaan johtimeen. (Tämä ei ole ongelma AHXAMK – W, AHXCMK-WTC ja HXCMK tyyppin pyöreille johdinkaapeleille).
- Liitintä saa käyttää ainoastaan yhden johtimen liittämiseen.
- Liittimen rakennetta ei saa muuttaa asennuksen yhteydessä esim. poraamalla reikää suuremmaksi ja lyhentämällä liitintä.

#### 4.5.1 Puristettavien kaapelikengien puristustyökalut.

Puristettavat kaapelikengät on puristettava liittimen valmistajan ilmoittamalla työkalulla. Puristustyökalujen kuntoa on tarkkailtava. Pienillä johdin poikkipinnoilla voidaan käyttää käsikäyttöisiä puristustyökaluja, mutta nämä eivät sovellu keskijännitekaapeleille. Aiemmin oli suurille kaapeleille käytössä ainoastaan hydraulisia puristimia, jotka toimivat joko käsikäyttöisesti tai niissä oli moottori. Niissä oli erillinen moottoriyksikkö ja puristusleuka noin 1.5 m:n johdolla. Sekä moottori yksikkö (noin 40 kg) ja leukaosa (noin 10 kg) olivat melko raskaita kuljettaa, niiden käyttäminen oli hankalaa vaativissa asennusympäristöissä ja käyttäminen vaatii yleensä kaksi asentajaa. Puristustyökalujen hinnan vuoksi näitä vanhoja työkaluja käytetään edelleen yleisesti, eikä niiden käyttöön esteitä ole, jos puristustyö on satunnaista ja asennusympäristö on helppo. Nykyisin puristustekniikka on kehittynyt, työkalut ovat pie-

nentyneet, keventyneet ja ne ovat akkukäyttöisiä. Seuraavien valmistajien työkalut ovat nykyisin yleisesti käytössä: /5/

#### 4.5.2 Klauke

Klauken valmistamat työkalut ovat erittäin yleisiä käytössä olevista puristustyökaluista. Klauken puristustyökaluilla on vaihdettavat leuat jokaiselle eri kaapelikenkäpoikkipinnalle sekä alumiini että kupariliittimille on omat puristusleuat. Työkaluun saa myös erilaisia katkaisuleukoja kaapelin tai esim. kierretangon katkaisuun. Klauken työkalut toimivat 18 V:n Lithium-Ion akuilla, jotka antavat noin 50 % lisää kapasiteettia. Latausaika on 15 – 22 min, mikä kuvastaa nykyisten akkutyökalujen tehokkuutta. Työkaluihin on saatavana erillinen verkkoadapteri 230 V:n käyttöön. Verkkoadapterin käyttö on suositeltavaa, jos työ tapahtuu samassa paikassa ja puristuksia on useita. Klauken uusin innovaatio on “Safety Plus” sarja, joka tarjoaa ns. älykkään työkalun puristukseen ja katkaisuun. Tämä “älykäs puristustekniikka” tarkoittaa sisäänrakennettua puristuspainanturia, joka mittaa työkalun öljynpainetta jokaisen puristustapahtuman osalta. Puristuspaineen ollessa vaatimusta alhaisempi ilmaisee työkalu käyttäjälle virheestä merkkiäänellä ja merkkiledillä. Puristustyökaluja on kolmea eri kokoluokkaa: Klauke mini+ mahdollistaa puristuksen 120 mm<sup>2</sup> saakka. Se on erittäin käytännöllinen ja kevyt yhdenkäden työkalu. Klauke ultra on tarkoitettu puristukseen ja katkaisuun 300 mm<sup>2</sup> asti ja Klauke ultra+ työkalut soveltuvat 400 mm<sup>2</sup> kaapelikenkien puristamiseen ja kaapelien katkaisuun 105 mm halkaisijaan asti. Klauke ultra ja ultra+ ovat pistoolin mallisia ja tasapainotettuja, mikä helpottaa puristuksen tekoa. Kaikki mallit ovat varustettu 350° kääntyvillä puristuspäillä, jolloin työskentely ahtaissa paikoissa helpottuu. Puristimet ovat varustettu automaattisella palautuksella puristuksen ollessa valmis. Klauken puristusjälki on kuusion mallinen ja melko ohut. Puristusten lukumäärä riippuu kaapelikenkien pituudesta. Puristusten keskinäinen etäisyys ja niiden välisen symmetrian saavuttaminen on hankalaa ahtaissa kojeistossa ja puristaminen vaatii melko paljon kokemusta ja tarkkuutta. Suurin etu Klauken puristimissa on niiden pieni paino: Klauke mini+ 1,2 kg, Klauke ultra 4,8 kg ja Klauke ultra+ 6 kg. Leuat vaihdetaan avaamalla lukitus työka-

lun päässä, niin saadaan leukapidikkeet irti ja leuat vaihdettua. Klauken puristimia esittää kuva 5.5. /16/

**Kuva 5.5 Klauken puristustyökalut:** Pieni EK 35/3 ja pistoolin mallinen EK 60 UNVL /16/



#### 4.5.3 Elpress

Elpress tarjoaa Klauken tapaan laajan valikoiman erilaisia puristus työkaluja. Elpressin puristimien käyttö perustuu vaihdettaviin puristusleukoihin eri kaapelikenkä poikkipinnan mukaan. Sekä kupari ja alumiiniliittimille omat puristusleuat. Myös Elpressin työkalut soveltuvat erilaisten puristusten lisäksi katkaisuun. Lisäksi Elpressillä on puristimia eri kokoluokan puristuksiin; käsikäyttöisistä puristimista hydraulisiin puristimiin. PV 350 Mini puristaa kaapelikenkiä 95 mm<sup>2</sup> asti. Se on pieni työkalu hyvällä ergonomialla ja toimii 9,6V:n NiCd akulla. PV611 puristimella pääsee 240 mm<sup>2</sup>:n, se on pistoolinmallinen ja siinä on 12V:n NiMH akku. PV1300 on tehokkain Elpressin yhdenkäden puristimista, sen puristusteho riittää 400 mm<sup>2</sup>:n asti ja se toi-



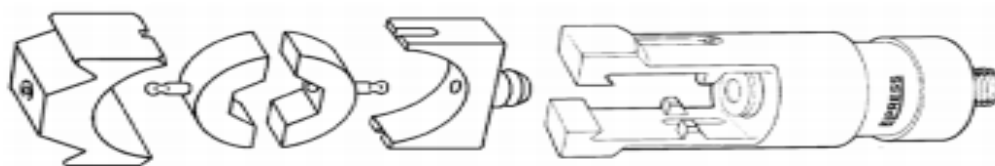
mii 12V:n NiMH akulla. Elpressin puristimia havainnoi kuva 5.6. Siitä käy ilmi työkalujen yhdennäköisyys Klauken vastaaviin.

**Kuva 5.6** Elpress PV350 Mini ja PV1300. /17/



Verrattaessa Klauken puristimiin Elpressin puristimien suorituskyky ei ole aivan yhtä hyvä: Puristimilla ei pääse niin suuriin poikkipintoihin lukuun ottamatta mallia PV1300, joka onkin erinomainen yleispuristin. Lisäksi Elpressin työkalujen akkuteho on pienempi kuin Klauken, joskaan ei merkittävästi ja verkkoadapteri poistaa tämän ongelman. Puristimet on varustettu automaattisella palautuksella puristuksen ollessa valmis. Jos akku loppuu kesken puristuksen, akku tulee vaihtaa puristinta vapauttamatta ja jatkaa puristus uudella akulla loppuun. Elpressin puristusjälki on kuusion mallinen ja paksumpi kuin Klauken vastaava. PV1300:lla puristettaessa yksi puristus riittää 150 mm<sup>2</sup> saakka. Näin puristusjäljestä tulee siistimpi. Elpressissä puristus pää on valmistettu titaanista ja ulompi leukapidike on magneettisesti kiinni työkalussa ja puristus pää pyörii 350° ympäri asennusta helpottaen. Elpressin puristus pää on esittänyt kuva 5.7. /17/

**Kuva 5.7** Elpressin V1300 leukajärjestelmän rakenne. /17/



1. Ulompi.      2. Leuat.      3. Sisempi.      4. Puristus pää.  
leukapidike      leukapidike

#### 4.5.4 Novopress

Novopressillä on hydraulisten puristimien lisäksi käytössä sähköhydraulinen, akku-käyttöinen HPA 400. Sen erikoisominaisuutena on V – puristus. V – puristus mahdollistaa puristamisen kärkiä vaihtamatta. Sama puristus käy kaikille poikkipinnoille 400 mm<sup>2</sup> saakka. Alumiini ja kupari liittimien puristaminen käy samalla V – puristuspäällä. HPA 400:n saa vaihdettua myös kuusiopuristusleuan, mutta tämä on hankalaa. HPA 400 toimii 14.4V:n akulla ja akun kapasiteetista ilmoittaa LED valoasteikko.

**Kuva 5.8** Novopress HPA 400. /18/



Mahdollisuus puristaa yhdellä päällä säästää aikaa ja sillä vältetään kalliiden puristusleukojen erillinen hankinta. Tämän vuoksi työkalun sisäinen puristusmittaus on

erittäin tarkka koko AL ja CU poikkipinta-alueella. Puristuksen saavutettua riittävän momentin laite lopettaa automaattisesti puristuksen, palautus on manuaalisesti käsin. Novopressillä puristusten lukumäärä riippuu kaapelikengän poikkipinnasta. Kuparikengällä 120 mm<sup>2</sup> poikkipinta edellyttää jo kaksi puristusta, pidemmällä alumiinikengillä jokainen poikkipinta vaatii kaksi puristusta. Puristukset suositellaan tehtäväksi vastakkaisilta puolilta, jotta vältetään liittimen vääntymisen. Puristusväli tulee olla vähintään 5 mm. Puristuspyörä pyörii 90° ympäri, mutta työkalun melko suuri puristuspyörä voi hankaloittaa työtä. Taulukko 5.1 kuvaa Klauke Allrounder, Elpress PV 1300 ja Novopress HPA 400 keskinäisiä ominaisuuksia. Taulukosta huomataan, työkalujen samankaltaisuus, eikä minkään työkalun yksiselitteinen paremmuus/huonomuus nouse esiin. /18/

**Taulukko 5.1** Puristustyökalujen vertailu. /16/ /17/ /18/

Valmistaja	Novopress	Elpress	Klauke
Malli	HPA 400	PV 1300	EK 120 UNV-L
Puristus poikkipinta-alue CU/AL	400	400/240	400/240
Akku	14,4V/2.4Ah	12V/2.6Ah	18V/3Ah
Puristus aika	9 -22 s	12 -18 s	12 -15 s
Puristusmäärä/akku	120	30 - 80	80 - 110
Puristusvoima	110 kN	125 kN	108 kN
Paino	8 kg	5.1 kg	6.3 kg

#### 4.5.5 Kaapelikengän puristaminen

Jokaisen valmistajan puristimella on omat etunsa ja haittansa puristusta suoritettaessa. Asennusympäristöjen erilaisuus suosii vaihtelevasti eri puristimia. Sopivan puristimen valintaan vaikuttavat asennusympäristön lisäksi työkalujen saatavuus. Kaapelikengien puristusjärjestykseen liittyy jonkin verran ristiriitaa. Yleensä kaapelikengät neuvotaan puristettavaksi ensimmäinen puristus kengän päähän ja toinen johtimen suuntaan. Tätä puristusjärjestystä suosittelevat mm. Novopress, Klauke, Tyco electronics; verkonrakentajankäsikirjassa ja Markku Monni sähkölaitos asentajan ammattioppi 2:ssa. Elpress suosittelee puolestaan ensimmäisen puristuksen kaapelikengän

takaosaan ja toisen puristuksen kaapelikengän etuosaan. Puristusta suoritettaessa kannattaa siis noudattaa työkalun valmistajan puristusohjetta. Ennen puristamista on edellä mainittujen asioiden lisäksi varmistuttava siitä, että kaapelikengä on mahdollisimman syvällä johtimessa ja kaapelikengän lavan suuntaus kannattaa myös huomioida ennen puristamista. Puristettaessa ensimmäistä puristusta kaapelikengän etuosaan on oltava varma siitä, että puristin on sijoitettu oikein: Jos puristus suoritetaan liian läheltä kengän lapaa, voi kaapelikengä luiskahtaa pois johtimen päältä. Kupari-kaapelikengää puristettaessa liittimen venyminen ei ole suurta, joten usein puristus suoritetaan joka tapauksessa vastakkaiseen suuntaan. Alumiinikaapelikengä on rakenteeltaan pidempi ja puristamisessa tulee ottaa huomioon alumiinin venyminen kuorimalla riittävästi eristettä ja suorittamalla puristukset johtimeen päin. Kuitenkin Elpress neuvoo alumiininkin puristettavaksi toiseen suuntaan käytettäessä Elpressin liittimiä. /5/ /13/

#### 4.5.6 Ruuvikiristeisten kaapelikengien asennus

Ruuvikiristeiset kaapelikengät ovat varustettu momenttiruuveilla. Ruuvien kannat katkeavat, kun riittävä momentti on saavutettu. Momenttiruuvikaapelikengien etuna on, ettei tarvita erikoistyökaluja kaapelikengien asennuksessa. Avaimella kiristettäessä johdin kannattaa kiinnittää kunnolla, ettei väännettäessä synny rasitusta päätteeseen. Koneella kiristettäessä vastaavaa rasitusta ei synny. Ruuvien kiristystä ei voida asennuksen jälkeen enää muuttaa, koska ruuvien kannat ovat poikki. Johtimien turhaa liikuttelua tulee myös välttää, sillä liike saattaa muuttaa kiristystä. Joissakin ruuvikaapelikengissä on kaksoiskanta, mikä mahdollistaa kiristysmomentin tarkistuksen. Taulukossa 5.2 on alumiinin kiristysmomentit. Kaapelikengien asennuksen jälkeen niistä tulee poistaa asennuksessa mahdollisesti syntyneet terävät osat. /5/ /11/

#### **Taulukko 5.2** Alumiinikaapelikengien kiristysmomentit /5/

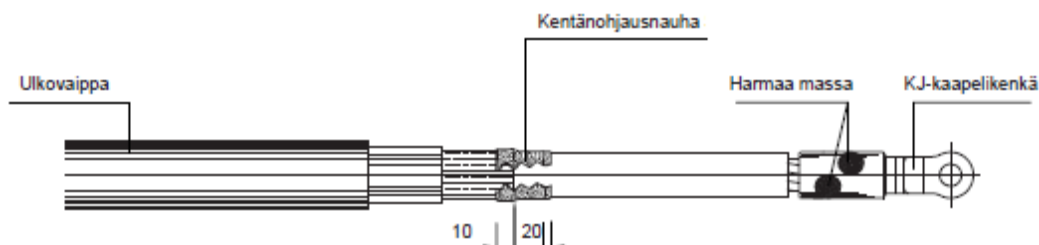
Johdin (mm <sup>2</sup> )	Kiristysmomentti /Nm
10. - 35	16
35 - 95	23
95 - 185	38
185 - 300	50

#### 4.6 Kaapelipäätteen asennuksen muut vaiheet

##### 4.6.1 Päätteen tiivistäminen ja maadoituspunoksen asennus

Kaapelikenkien asennuksen jälkeen tulee eriste ja hohtosuoja puhdistaa. Puhdistus suoritetaan eristeestä hohtosuojaan päin, eristeen hiukkasia ei saa kulkeutua hohtosuojan päälle. Puhdistuksen jälkeen kiedotaan kentänohjausnauha hohtosuojan katkaisukohtaan niin, että 2/3 tulee eristeen ja 1/3 hohtosuojan päälle. Kietominen aloitetaan hohtosuojasta nauhaa 50 % venyttämällä. Momenttiruuvikaapelikenkien ruuvien katkaisureiät täytetään harmaalla massalla. Kentänohjausnauhan ja harmaan massan asennus on suoritettava puhtailla käsineillä.

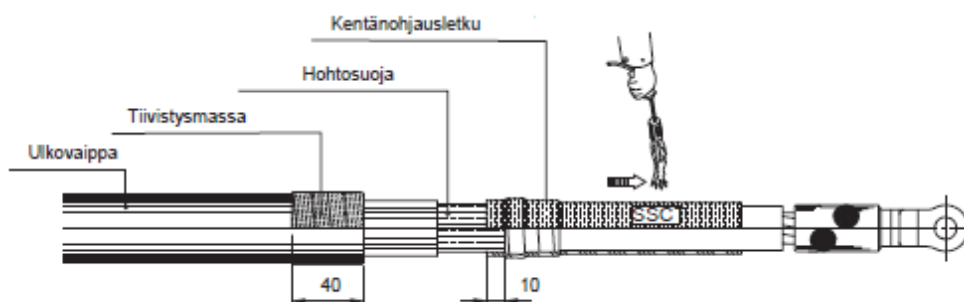
**Kuva 5.10.** Kentänohjausnauhan ja harmaan massan asennus /11/



Tämän jälkeen päätteeseen asennetaan kentänohjausletku, koska päätteissä sähkökenttää on ohjattava niin, ettei synny liukupurkauksia. Päätteissä kentänvoimakkuudella on taipumus vääristyä, joka aiheutuu siitä, että jännitteinen johdin jatkuu, mutta maadoitettu elektrodi katkaistaan. Kentänohjaus pyrkii minimoimaan eristeen ja lisäeristeen rajapintaan syntyvän pitkittäisen sähkökentän. Sähkökenttää ohjailaan eristyksen paksuutta lisäämällä ja sitä keilaksi muotoilemalla. Kapasitiivisessa ohjauksessa sijoitetaan eristykseen sylinterimäisiä johtavia kerroksia, resistiivisessä ohjauksessa laitetaan puolijohtavia materiaaleja eristeen päälle hohtosuojan katkaisukohdas-

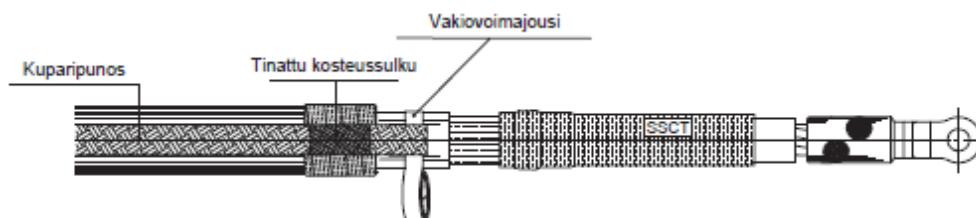
ta eteenpäin. Kentänohjauksen oikea tekeminen on tärkeää, koska väärin tehtynä se aiheuttaa osittaispurkauksia, jotka vanhentavat ja rikkovat päätteen. Ilman virheitä päätte vanhenee samoilla säännöillä kuin kaapelikin. Kentänohjausletku kutistetaan varovasti, päätettä liikaa kuumentamatta. Tiivistysmassa kiedotaan kaapelin ulkovaipan päälle kosteussulukuksi ja se kutistuu kutistettaessa.

**Kuva 5.11** Kentänohjausletkun ja tiivistysmassan asennus /11/



Seuraavaksi asennetaan tinattu kuparipunos alumiinifolion päälle, punos kiinnitetään folioon vakiovoimajousella kiertämällä sitä yksi kierros. Punos taivutetaan taakse ja loput jousesta kierretään punoksen päälle. Kuparipunoksen kiinnitys varmistetaan vielä kietomalla sen päälle itsevulkanoituvaa nauhaa, siihen suuntaan, mihin jousi kiristyy.

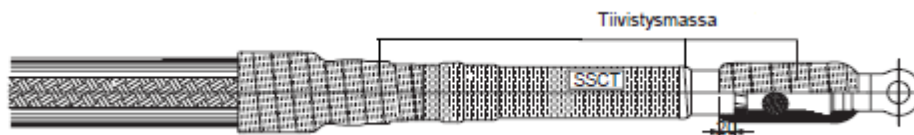
**Kuva 5.12** Tinatun kuparipunoksen asennus /11/



Kuparipunoksen päälle asennetaan vielä tiivistysmassa ulkovaipasta kentänohjausletkuun niin, että siitä tulee mahdollisimman tasainen. Kentänohjausletkun päähän kiedotaan kierros tiivistysmassaa, myös kaapelikengän ja eristeen välinen rako täytetään tiivistysmassalla niin, että tiiviste tulee noin 20 mm kaapelikengän päälle. Tii-

vistemassoja laitettaessa on huolehdittava niiden puhtaudesta. Nyt pääte on sisäosiltaan valmis ja sen päälle asetetaan pintavirtaa kestävä kutisteletku, joko kylmäkutisteinen tai lämpökutisteinen. /5/ /11/ /13/

**Kuva 5.13** Tiivistysmassojen asennus /11/

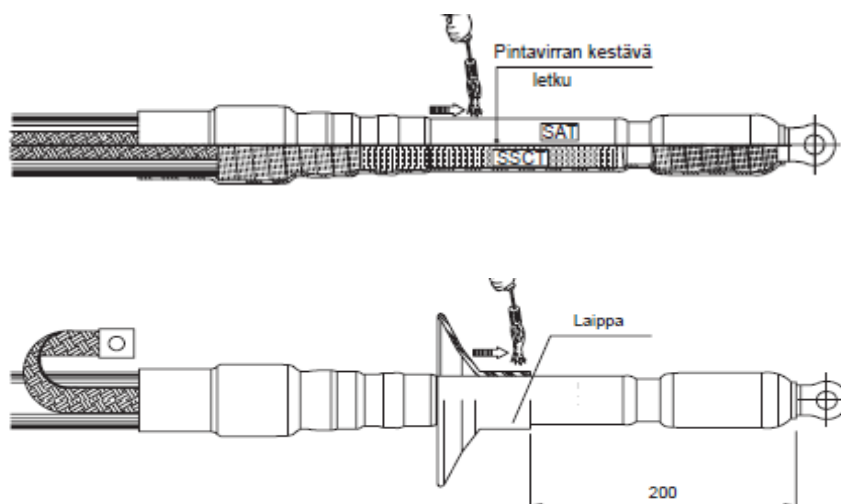


#### 4.6.2 Pintavirtakutisteletkun asennus

Kutistettaessa nestekaasulla on muistettava, että se aiheuttaa räjähdysvaaran ilmassa. Kaasu on ilmaa raskaampaa ja laskeutuu maan pintaan, tällöin voi esim. kipinä aiheuttaa räjähdyksen. Kaasun kanssa työskennellessä on huomioitava tulityölupa ja varovaisuus sitä käytettäessä. Lämpökutistepääte kutistuu noin 130 °C:n lämpötilassa ja kutistuminen on mallista riippuen 40 – 60 %. Myös pituussuuntaista kutistumista voi tapahtua, mikä tulee huomioida kuitstetta asetettaessa. Kutistaminen suoritetaan nestekaasupolttimella jossa on noin 10 cm keltainen kärki. Terävää sinistä liekkiä tulee välttää. Liekkiä on pidettävä liikkeellä koko ajan, ettei pinta paikallisesti kuumene liikaa. Kutistaminen aloitetaan ulkovaipan päästä edeten kohti kaapelikenkää. Kutistaminen tulee suunnata kutistuksen suuntaisesti niin, että se esilämmittää kutistettavaa aluetta. Kutistumisen pitää tapahtua tasaisesti myös vaikeasti havaittavilta alueilta. Kutistuminen on valmis kun kutisteen päästä pursuaa liimaa. Tämän jälkeen varmistetaan, ettei kutisteessa ole kylmää kohtaa tai ryppyjä. Jos päätettä joudutaan vielä taivuttamaan, tulee se uudelleen lämmittää noin 70 °C:n. Kylmäkutistepääteessä pääte on asennettu spiraalin päälle, joka poistetaan asennuksen yhteydessä. Kun spiraali poistetaan, kutistuu pääte kiinni kohteeseen. Pääte vedetään liukasteaineen avulla valmistellun kaapelin sekä maadoitusliittimen päälle. Pääte puristuu kaapelin päälle eikä väliin jää ilmataskuja.

Kylmäkutistepäätteen pintavirtaletkuun on valmiiksi integroituna ryömintävirta pituutta lisäävät laipat. Lämpökutistepäätteeseen nämä laipat joudutaan erikseen lisäämään ja kutistamaan paikalleen. Laipat tulee kutistaa vain kutistuvan osan päältä eikä laippaa itsessään. Laippoja ei välttämättä ole sisäpäätteissä. Ulkopäätteisiin laippoja on sitä enemmän, mitä suurempi virta on

**Kuva 5.14** Pintavirtaletkun ja laipan kutistus /11/



Kutistusten jälkeen asennetaan vielä maadoituksen kaapelikengät ja päätte on valmis kytkettäväksi. Pistokepäätteissä kaapeli valmistellaan samoin, mutta itse pistokkeen asentaminen riippuu mallista ja valmistajasta. /5/ /11/ /13/

## 5 KESKIJÄNNITEPÄÄTTEEN LIITOSTEKNIikka

### 5.1 Yleistä

Kojeistoihin tulevat kaapelit pyritään asentamaan siten, että ne risteävät mahdollisimman vähän keskenään. Jos keskijännitekaapelit on asennettu järjestelmäksi, tätä ongelmaa ei ole. Kaapelit on mitoitettava siten, että asennuksen jälkeen kiinnityskoh-



tiin ei kohdistu vetoa. Lisäksi kaapelit on päätteiden lähellä kiinnitettävä hyvin, koska päätteiden läheisyydessä dynaamiset rasitukset ovat suurimmillaan. Jos liittimen materiaali on alumiinia, tulee liittimen pinta oksidoitumisen vuoksi ensin harjata rikki ja hieroa siihen liitosrasvaa. Myös kojeisto, johon pääte liitetään, täytyy harjata ja rasvata. Kupariliittimiä ei tarvitse esivalmistella ennen liitosta. Keskijännitekaapelit liitetään kojeiston liittimiin 10 mm tai 12 mm pulteilla. Pulttiin tulee laittaa jousialuslaatta ja paineentasauslaatta sekä pultin että mutterin puolelle. Hyvässä liitoksessa kaapelikengän lapa on suunnattu siten, ettei liitoskohtaan synny vetoa. Pultin pituuden on oltava riittävä: Pultin päästä on oltava näkyvissä vähintään yksi kierre, kun mutteri on kiristetty. Pultit pyritään suuntaamaan siten, että kiristäminen tapahtuisi mutterin puolelta. Mutterin kiristämisessä oikea työkalu on momenttiavain. 10 mm ruuvin oikea kiristysmomentti on 45 Nm ja 12 mm ruuvin kiristysmomentti on 72 Nm, ellei kojeiston asennusohjeessa momenttia erikseen ilmoiteta. /5/

## 5.2 ABB Uniswitch

**Kuva 6.1** ABB Uniswitch /19/



ABB:n Uniswitch on ilmaeristeinen kojeisto, se koostuu erilaisista moduuleista. Kojеisto on erittäin monikäyttöinen, sen joustavuudesta ja korkeasta käyttöturvallisuudesta johtuen. Sitä käytetään sekä teollisuudessa että liikenteessä. Kojеiston etuna on se, että sitä voi käyttää täysin automatisoidussa jakeluverkossa. Uniswitchin ominaisuuksia ovat: /19/

- ”Älykäs” - valmiudet kauko-ohjaukseen ja -valvontaan.
- Valokaarikoestuksesta johtuen turvallinen, täyttää uusimmat standardit.
- Edullinen hankkia ja halpa ylläpitää.
- Suuresta suorituskyvystään ja kennovalikoimastaan huolimatta kojeisto on pienikokoinen.
- Luotettava.

**Taulukko 6.1** Kojеiston arvot /19/

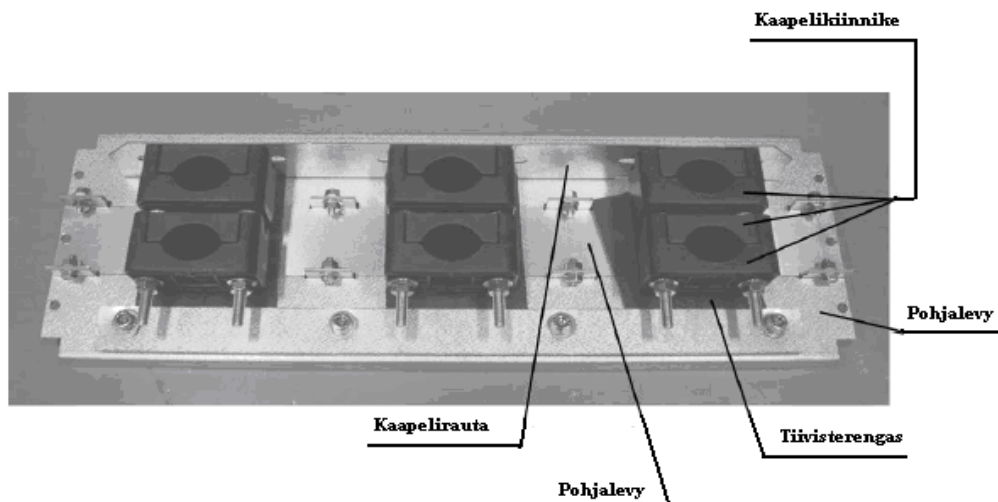
Nimellisjännite (kV)	12 - 24.
Kokoojakiskoston nimellisvirta (A)	630 - 1250
Kennojen nimellisvirta (A)	630 - 800 - 1250
Dynaaminen kestovirta (kA)	65 / 50 / 50

Oikosulkukestoisuus (kA)	25 / 20
Terminen kestovirta 1s (kA)	25 / 20 / 20

### 5.2.1 Pääteen liittäminen kojeistoon

Ennen kaapelointia on kojeiston pohjalevy ja kaapelikiinnikkeet irrotettava. Pääteiden asentaminen tulee aina aloittaa L1 vaiheesta, jos L2 ja L3 johtimet ovat jo kaapeloitu, ne on taivutettava sivuun. Ennen pääteen asennusta on muistettava pujottaa muovinen kaapelitiiviste johtimeen ja mitata kaapelille oikea pituus, ottaen huomioon tiivisten oikea paikka. Lisäksi tiivisterenkaat on säädettävä kaapelin läpimitan mukaiseksi. Tiivisterenkaiden säätötoleranssi on 20 – 45 mm. Tämän jälkeen voidaan päte liittää kojeistoon. Kiristysmomentit ovat kuormanerotin- ja katkaisijakennoissa 55 Nm ja vaihekuorman erotinkennossa 35 Nm. Lopuksi kaapeli on kiinnitettävä kennoon kaapelikiinnikkeillä (9-11 Nm), jotka ovat asennettu kaapelirautoihin osana pohjalevyä. Kun L1 vaihe on liitetty, kytketään L2 ja L3 vaiheet. Kuva 6.1 havainnollistaa kojeiston läpiviennin rakennetta. Kuormanerotinkennossa on huomioitava se, että normaalin mittainen kaapelikenkä ei välttämättä mahdu kennossa olevaan liittimeen, tällöin on käytettävä mitoiltaan sopivankokoista kaapelikenkää.

**Kuva 6.2** Uniswitch kojeiston läpiviennin rakenne /19/



Kennot ovat normaalisti tarkoitettu yksijohtimisille muovikaapeleille ja asiakkaan on erikseen ilmoitettava, jos käytetään kolmijohdin tai paperieristeistä kaapelia. Jos kennossa on kaapelivirta muuntaja, se on asennettava kennon alapuolelle, kiinnittämällä kaapelivirtamuuntajan kannattimet pohjarakenteeseen. /19/

### 5.3 ABB Unigear ZS1

**Kuva 6.3** ABB Unigear ZS1 /19/



Unigear ZS1 on ABB:n raskas metallikoteloitu kojeisto sisätiloihin. Kojeistoa on saatavissa joko yksikiskoisena tai kaksikiskoisena ratkaisuna. Yksikiskoisen kojeisto voidaan yhdistää moottorikojeistoon. /19/

**Taulukko 6.2** Kojeiston arvot /19/

Yksikisko

Nimellisjännite (kV)	7,2 - 24
Kokoojakiskoston nimellisvirta (A)	1250-4000
Terminen kestovirta 1s (kA)	16 - 50

Kaksikisko

Nimellisjännite (kV)	7,2 - 17,5
Kokoojakiskoston nimellisvirta (A)	1250-1600
Terminen kestovirta 1s (kA)	16 - 50

Tuplakisko

Nimellisjännite (kV)	12,0 - 24
Kokoojakiskoston nimellisvirta (A)	1250-4000
Terminen kestovirta 1s (kA)	16 - 31,5

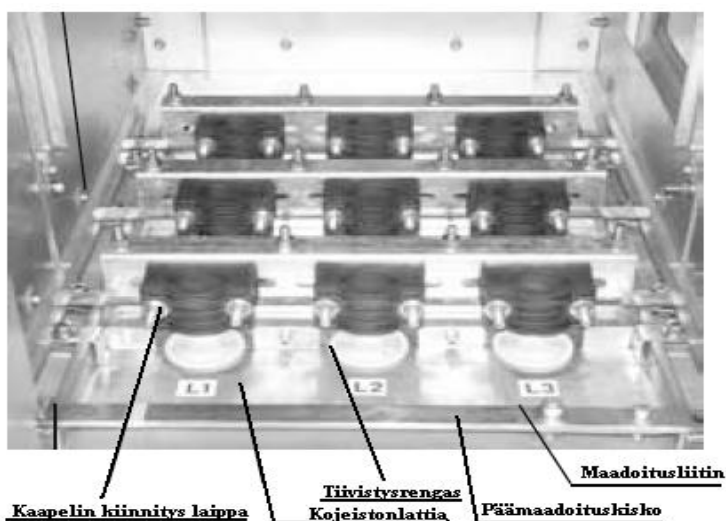
ZS1:llä on useiden muiden ABB:n kojeistojen tapaan moduuli rakenne, lisäksi kojeisto on turvallinen ja pienikokoinen. Kojeiston piirteitä ovat: /19/

- Valokaarikoestettu
- Katkaisijan siirto tapahtuu suljetun oven takana
- Kaapelointi edestä
- Kahden lähdön kennot
- Kapea tyhjä kontaktorikenno

### 5.3.1 Pääteen liittäminen kojeistoon

Kuten ABB:n Uniswitch kojeistossa, myös ZS1:ssä on kojeiston pohjalevyt ja kaapeliläpiviennit, ensin irrotettava. Kaapelit vedetään kumisten tiivisterenkaiden läpi, jotka mukautuvat kaapeli halkaisijan mukaan. Pääteen tukemiseksi kaapelit kiinnitetään kojeistoon laipan avulla. Laipat mahdollistavat kaapelin kiinnittämisen 35 54mm halkaisijalla. Kojeisto mahdollistaa eri valmistajien päätteiden käytön, kunhan pääteen kokonaispituus ei ylitä kojeiston mittoja läpiviennistä kytkentäliittimiin. /19/

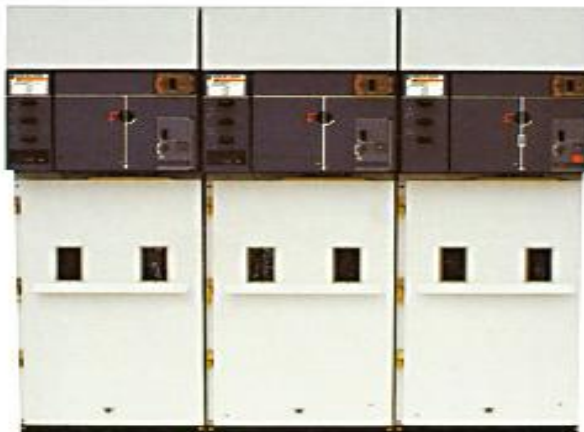
**Kuva 6.4** Unigear ZS1 läpiviennin rakenne /19/



Kojeiston kytkentäliittimet on varustettu 16 mm pulteilla. Käytettäessä 12 mm reiällä olevia kaapelikenkiä, on käytettävä erikoisvalmisteisia 12 mm aluslevyjä. Maadoitus toteutetaan kiinnittämällä maadoitusliittimet potentiaalintasauskiskoon. Virranmittauskäämien liittäminen kennoon on mahdollista, myös ylijännitesuojat asennetaan kennoon. Uniswitch kojeiston tapaan asiakkaan on erikseen ilmoitettava, jos käytetään kolmivaihe- tai paperieristeisiä kaapeleita. /19/

## 5.4 Merlin Gerin SM6

**Kuva 6.5** Merlin Gerin SM6 /20/



Merlin Gerinin SM6 on moduulirakenteinen kojeisto, jonka kokoonpanoa voi muuttaa käyttöympäristöön sopivaksi. Kojeston kisko- ja kaapelitila on ilmaeristeinen. Katkaisija sekä kuorman/maadoitus erotin ovat SF6 kaasukäyttöisiä.. SM6 on oman kokoluokkansa markkinajohtaja maailmalla ja sitä käytetään teollisuudessa, sähköasemilla, kulutusmuuntamoissa. Kojeston etuja ovat: /20/

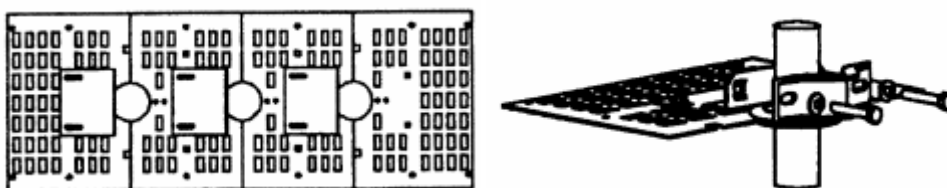
- Kojeisto on turvallinen.
- Kojeston asennonosoitus on selkeä.
- Moduulirakenteen vuoksi joustavaa asentaa
- Suojareleet eivät tarvitse apusähkölähdettä, minkä vuoksi kojeiston huollontarve vähenee
- Schneiderin oma SF6 kaasun kierrätyslaitoksen ansiosta asiakkaan ei tarvitse huolehtia katkaisijoiden huollon yhteydessä kaasun hävittämisestä

**Taulukko 6.3** Kojeiston arvot /20/

Nimellisjännite (kV)	7,2 - 12 - 17,5-24
Kokoojakiskoston nimellisvirta (A)	400 - 630-1250;
Terminen kestovirta 1s (kA)	12,5-16 - 20 - 25

#### 5.4.1 Pääteen liittäminen kojeistoon

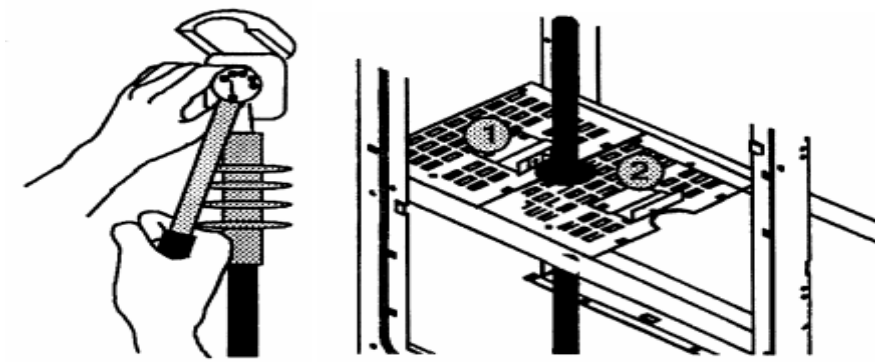
Pääteiden asentaminen aloitetaan L1 vaiheesta, tämän vuoksi tulee reunimmainen suojalevy jättää paikalleen ja kolme seuraavaa irrottaa. Kaapelin läpivientitiivistysrengas, joka on itsesäätyvä, asennetaan pohjalevyn päälle. Jos päätteeseen asennetaan virranmittaustoroidi (käämi), se tulee asettaa pohjalevyn yläpuolelle. /20/

**Kuva 6.6** Kennon pohjalevy ja kaapelinkiinnitys /20/

SM6 kojeistossa on käytössä halkaistavat ”kupin” malliset liittimet, jonka sisään pääte asetetaan. Kaapelin kytkemisessä liittimeen, voi ilmaantua ongelmia: Jos kaapelikengän pituus on liian lyhyt, eikä kenkä yllä pultin reikään. Tai lavan kokoon, jos lapa on liian leveä, eikä kenkä mahdu liittimeen. Näissä tapauksissa on käytettävä erikoiskaapelikenkiä. Päätteet kiristetään liittimiin momenttiavaimella, kiristysmomentilla 50 Nm. Tämän jälkeen tuetaan kaapeli pohjalevyyn kaapelikiinnikkeillä, laitetaan seuraava pohjalevy paikalleen ja siirrytään seuraavan vaiheen kytkentään. /20/



**Kuva 6.7** Päänteen kytkentä liittimeen ja L1 vaiheen sijoittuminen kennoon /20/



## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia keskijännitepääte- ja liitostekniikkaa eri kojeisto vaihtoehdoilla. Työn aihe oli hyvin laaja ja rajauksia oli pakko tehdä. Työssäni olennainen osa oli hyvän lähdemateriaalin hankinta. Tähän tarkoitukseen käytin Satakunnan ammattikorkeakoulun tiedepuiston kirjastoa: Sieltä saamani materiaali muodosti työni rungon ja sain tiedonhankintaan ammattitaitoista palvelua. Porin Yliopistokeskuksen kirjastoa: Mistä en löytänyt tarkoitukseeni soveltuvaa materiaalia. EPF Oy:n toimitusjohtaja Jarmo Kauniston henkilökohtaista kokoelmaa: Josta löysin erittäin käyttökelpoista erikoismateriaalia. Myös internetin käyttö tiedonhankinnassa oli välttämätöntä.

Työn alussa käsiteltiin keskijännitekaapeleita, koska kaapelit asettavat vaatimukset niiden tarvitsemille päätteille. Ja toisaalta varsinkin kaapelin varastointi voidaan katsoa kuuluvaksi osaksi asennusta. Keskijännitekaapeleiden tutkiminen oli helppoa, koska niistä löytyi paljon hyviä ja käyttökelpoisia lähteitä. Lisäksi yleisesti käytössä olevia kaapeleita, valmistajasta riippumatta on vain muutamia. Keskijännitepäätteisiin siirryttäessä oli hyvän ja nykyaikaisen lähdemateriaalin löytäminen huomattavan vaikeaa. Löydetyt materiaalit olivat suurelta osin lyhyitä tuoteselostuksia, ilman teoreettista selvitystä päätteistä. Ongelmaksi muodostui myös se, että keskijännitepäätteitä on käytössä monia erityyppisiä ja usealta eri valmistajalta. Keskijännitepäätteen asennustekniikan tutkiminen oli kaikkein mieluisin työvaihe, koska siinä oman kokemuksen hyödyntämiseen oli suuri mahdollisuus ja päätteen tekoon käytettävistä työkaluista oli omaa kokemusta. Päätteen tekoon liittyviin työvaiheisiin sai myös teoreettista tukea keskijännitekaapeleiden teoriasta. Päätteen liitostekniikasta eri kojeistovaihtoehdoilla löytyi kojeistonvalmistajien internetsivuilta asennusohjeet. Päätteiden kojeistoon liittämässä on kuitenkin joka asennuksessa omat erityispiirteensä ja käytössä olevia ohjeita joutuu yleensä soveltamaan. Työssä haastavinta oli löytää päätteistä kertovaa teoreettista materiaalia. Tämä ongelma saatiin kuitenkin ratkaistua keskijännitepäätteiden asennustekniikka kappaleessa, kun jokaisesta päätteen teko vaiheesta löytyi riittävästi teoreettista taustaa. Kokonaisuutena katsoen työ onnistui tavoitteessaan olemalla lyhyehkö teoreettinen kuvaus keskijännitepääte- ja liitostekniikasta

## LÄHTEET

- /1/ : Teknisiä tietoja ja taulukoita: ABB 9. painos. 2000
- /2/ : [www.draka.fi/draka\\_suomessa](http://www.draka.fi/draka_suomessa). Viitattu 11.11.2010
- /3/ : [www.reka.fi/products](http://www.reka.fi/products). Viitattu 11.11.2010
- /4/ : [www.prysmian.fi](http://www.prysmian.fi). Viitattu 11.11.2010
- /5/ : Sähkölaitos asentajan ammattioppi 2: Markku Monni 1. painos 2002
- /6/ : Keski jännitekaapeleiden terminen kuormitettavuus: Vesa – Matti Simonen 2009
- /7/ : Maakaapelien kuntomittaukset: Juha Estola 2010
- /8/ : Sähkötekniikan käsikirja 1: Otso W Pöyhönen 4. painos 1975
- /9/ : Sähkölaitostekniikan perusteet: Jarmo Elovaara ja Yrjö Laiho 3. painos 1993
- /10/ : Suurjännitetekniikka: Aro, Elovaara, Nousiainen, Palva 1. painos 1996
- /11/ : [www.ensto.com/catalog/1/tuotteet](http://www.ensto.com/catalog/1/tuotteet). Viitattu 11.11.2010
- /12/ : [www. energy.tycoelectronics.com/countries/finland/tuoteluett\\_04.pdf](http://www.energy.tycoelectronics.com/countries/finland/tuoteluett_04.pdf). Viitattu 11.11.2010
- /13/ : Verkonrakentajan käsikirja: SLO 2008
- /14/ : [www.elpress.se/index](http://www.elpress.se/index). Viitattu 11.11.2010
- /15/ : [www.sahkonumerot.fi/list/](http://www.sahkonumerot.fi/list/). Viitattu 11.11.2010
- /16/ : [www.cablex.fi/upload/news\\_files/21.pdf](http://www.cablex.fi/upload/news_files/21.pdf). Viitattu 11.11.2010
- /17/ : [www.elpress.se/elpress/fckImages/File/fi/Hydrauliset puristusjärjestelmät.pdf](http://www.elpress.se/elpress/fckImages/File/fi/Hydrauliset_puristusjarjestelmat.pdf). Viitattu 11.11.2010
- /18/ : [www.hsaoy.com/tools/novopress/novopress\\_esitteet/ES\\_Novopress\\_HPA400](http://www.hsaoy.com/tools/novopress/novopress_esitteet/ES_Novopress_HPA400). Viitattu 11.11.2010
- /19/ : [www.abb.fi/product](http://www.abb.fi/product). Viitattu 11.11.2010
- /20/ : [www.ecatalogue.schneider-electric.fi](http://www.ecatalogue.schneider-electric.fi). Viitattu 11.11.2010