



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Aripekka Pietiläinen

TEHOMUUNTAJAN  
KAAPELIKOTELOIDEN  
KUSTANNUSLASKENTA

Tekniikka ja liikenne  
2010

## **ALKUSANAT**

Tämä päättötyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan linjalle sekä ABB Oy:n Muuntajat -yksikölle. Päättötyön ohjauksesta on Vaasan ammattikorkeakoulun puolesta vastannut lehtori Aarre Perälä, ja ABB Oy:n puolesta tuotepäällikkö, diplomi-insinööri Otso Takala. Esitän heille suuret kiitokset työhöni saamasta tuesta ja ohjauksesta. Kiitän myös kaikkia muita, jotka auttoivat työni valmistumisessa.

Vaasa 17.8.2010

Aripekka Pietiläinen

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Aripekka Pietiläinen
Opinnäytetyön nimi	Tehomuuntajan kaapelikoteloiden kustannuslaskenta
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	77
Ohjaaja	Aarre Perälä

---

Tässä työssä tutkitaan, mitkä tekijät vaikuttavat muuntajan kaapelikotelon kustannuksiin ja sitä kautta myyntihintaan. Työssä kehitetään ABB Oy:n Muuntajat -yksikön tarjouslaskentaan runko kaapelikotelon hankintakustannusten määrittämiseksi. Kaapelikoteloiden hinnoittelu perustuu niiden painoon. Työssä laaditaan laskukaavat, joilla saadaan laskettua CT- ja KT -muuntajien kaapelikoteloiden pinta-alat ja niiden kautta koteloiden painot. Myös kaapelikoteloiden virtakiskojen, aurinkosuojien ja eristyslevyjen koon selvittämiseksi laaditaan laskukaavat selitteineen. Viimeinen vaihe kustannusten selvittämisessä on kustannusten euromääräinen laskenta. Työssä annetaan kaavat kaapelikotelon ja sen eri komponenttien hinnan laskemiseksi.

Työssä luotujen kaavojen toimivuus todistetaan esimerkkilaskujen avulla. Muun muassa kaapelikotelon, virtakiskojen ja maadoituskiskojen painot lasketaan ja tuloksia verrataan todellisiin painoihin. Kaavojen toimivuutta kokeillaan myös laskemalla neljän kaapelikotelon hinnat, joita verrataan suunnittelijan käyttämien mittojen perusteella laskettuihin hintoihin ja alihankkijan veloittamiin hintoihin. Tämän työn kaavojen avulla lasketut hinnat ovat näissä neljässä tapauksessa 17,5 % - 53,5 % pienempiä kuin alihankkijan veloittamat hinnat. Tämä johtuu siitä, että kaikkia kaapelikotelon osia ja erityissäätöjä ei ole voitu laskuissa huomioida.

Esimerkkilaskujen ja hintojen vertailun perusteella voidaan sanoa, että työssä luotujen kaavojen avulla voidaan selvittää kaapelikotelon suurpiirteiset hankintakustannukset. Tarkkoja hintoja on vaikea selvittää, koska suunnittelijat muuntelevat kaapelikoteloita usein asiakkaan tarpeiden mukaisiksi.

---

Asiasanat     muuntaja, kaapelikotelo, kustannuslaskenta

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Aripekka Pietiläinen
Title	Cost Accounting of Cable Cases for Transformers
Year	2010
Language	Finnish
Pages	77
Name of Supervisor	Aarre Perälä

---

In this thesis I examined the factors that have an effect on the costs of a transformer's cable case and hence the selling price. I also developed a scheme for determining the purchasing costs of a cable case. The scheme is to be used in the offer accounting of ABB's transformer unit. The pricing of cable cases is based on their weight. In this thesis, formulas for calculating the surface areas and weight of cable cases in CT and KT transformers were developed. Formulas for calculating the sizes of cable cases' conductor rails, sun covers and insulation sheets were also developed. The last phase in determining the costs is to calculate the costs in Euros. Formulas for calculating the purchasing prices of cable cases and their components were developed as well.

The functioning of the formulas was tested by model calculations. The weights of a cable case, conductor rails and grounding rails among others were calculated and the results were compared with the real weights. The functioning of the formulas was also tested by calculating the purchasing prices of four cable cases. The results were compared with the prices calculated on the basis of the measures the designer has used and with the prices that have been charged by the subcontractor. The prices that were calculated with the formulas developed in this thesis were in these four cases 17.5 % - 53.5 % smaller than the prices charged by the subcontractor. This is because all the parts of the cable cases and special adjustments cannot have been taken into consideration in the calculations.

On the basis of the model calculations and the comparison of the prices it can be said that the approximate purchasing costs of a cable case can be determined with the formulas developed in this thesis. Exact prices are hard to determine since designers often modify cable cases to meet the needs of an individual customer.

---

Keywords Transformer, Cable Case, Cost Accounting

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
LIITTELUETTELO .....	8
KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET .....	9
1 ABB YLEISESTI.....	11
1.1 Historia .....	11
1.2 ABB nykypäivänä .....	11
1.3 ABB OY Muuntajat, Vaasa.....	12
2 JOHDANTO .....	14
2.1 Tavoitteet ja ongelmat .....	14
2.2 Tutkimusaineisto .....	14
2.3 Laajuus ja rajaus .....	15
3 KAAPELIKOTELO.....	16
3.1 Materiaalit .....	18
3.2 Pintakäsittely .....	18
3.3 Komponentit .....	18
3.3.1 Virtakisko.....	18
3.3.2 Tukieristin.....	19
3.3.3 Eristyslevyt .....	20
3.3.4 Aurinkosuojaja.....	20
3.3.5 Maadoituspallo.....	20
3.3.6 Lämmitin.....	21
3.3.7 Ilmanvaihtotulppa .....	21
3.3.8 Kondensiovesitulppa.....	22
4 CT-MUUNTAJAN KAAPELIKOTELON KAAVAT .....	23
4.1 CT-välikotelo, pituus, korkeus, leveys .....	23
4.2 CT-välikotelon pinta-alan laskenta.....	25
4.3 CT-erilliskotelo .....	26
4.4 CT-pääty, alaspäätö .....	28

4.5 CT-pääty, ”kanootti” .....	29
5 KT-AALTOLEVYMUUNTAJAN KAAPELIKOTELON KAAVAT .....	34
5.1 KT-välikotelo, pituus, korkeus, leveys .....	34
5.2 KT-välikotelon pinta-alan laskenta .....	35
5.3 KT-erilliskotelo .....	35
5.4 KT-pääty, alasveto.....	35
5.5 KT-pääty, ”kanootti” .....	35
6 KT-RADIAATTORIMUUNTAJAN KAAPELIKOTELON KAAVAT .....	36
6.1 KT-välikotelo, pituus, korkeus, leveys.....	36
6.2 KT-välikotelon pinta-alan laskenta .....	39
6.3 KT-erilliskotelo .....	39
6.4 KT-pääty, alasveto.....	40
6.5 KT-pääty, ”kanootti” .....	43
7 VIRTAKISKOJEN KAAVAT .....	46
7.1 CT-alasveto + välikotelo .....	46
7.1.1 Yläjännitepuoli.....	46
7.1.2 Alajännitepuoli.....	46
7.2 CT-alasveto + erilliskotelo .....	46
7.3 KT-aaltolevy, alasveto + välikotelo .....	47
7.3.1 Yläjännitepuoli.....	47
7.3.2 Alajännitepuoli.....	47
7.4 KT-aaltolevy, alasveto + erilliskotelo .....	47
7.5 KT-radiaattori, alasveto + välikotelo.....	48
7.5.1 Yläjännitepuoli.....	48
7.5.2 Alajännitepuoli.....	48
7.6 KT-radiaattori, alasveto + erilliskotelo .....	48
7.7 Maadoituskiskot .....	49
7.8 Virtakiskojen pinta-ala ja massa.....	49
8 AURINKOSUOJAKAAVAT .....	50
9 ERISTYSLEVYKAAVAT .....	51
9.1 CT-alasveto + välikotelo .....	51
9.2 CT-alasveto + erilliskotelo .....	52

9.3 CT-”kanootti” + välikotelo.....	52
9.4 CT-”kanootti” + erilliskotelo.....	53
9.5 KT-aaltolevy, alaspveto + välikotelo .....	53
9.6 KT-aaltolevy, alaspveto + erilliskotelo .....	54
9.7 KT-aaltolevy, ”kanootti” + välikotelo.....	54
9.8 KT-aaltolevy, ”kanootti” + erilliskotelo.....	55
9.9 KT-radiaattori, alaspveto + välikotelo.....	55
9.10 KT-radiaattori, alaspveto + erilliskotelo .....	56
10 HANKINTAKUSTANNUKSET.....	57
11 LASKUESIMERKKI.....	59
11.1 Erilliskotelon mitat ja pinta-alan laskeminen.....	59
11.2 Alaspveto-päädyn mitat ja pinta-alan laskeminen.....	60
11.3 Kiskojen mitat ja paino.....	61
12 LASKENTATULOSTEN ANALYSOINTI.....	63
12.1 CT-muuntaja, projekti 415542 .....	63
12.2 KT-muuntaja, projekti 431371 .....	63
12.2.1 AJ1 .....	64
12.2.2 AJ2 .....	64
12.2.3 YJ .....	64
13 YHTEENVETO .....	66
LÄHTEET .....	67
LIITTEET .....	68

## **LIITTELUETTELO**

Liite 1. Välikotelon leveysmittoja

Liite 2. Välikotelon leveys- ja korkeusmittoja

Liite 3. Erilliskotelon mittoja

Liite 4. Erilliskotelon mittoja

Liite 5. Päätykappaleen: alaveto- ja "kanootti"mittoja, muita mittoja

Liite 6. Materiaalitiheyksiä, säiliömittoja

Liite 7. IEC 60076-3 taulukko

Liite 8. Läpivientimittoja, tukieristinmittoja

Liite 9. Säiliöleveyksiä

Liite 10. Päätykappalemittoja, virtakiskomitat



## KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

ABB = Asea Brown Boveri

U = Jännite

I = Virta

kV = Kilovoltti

kg = Kilogramma

kpl = kappale

KT = Muuntajatyyppe

CT = Muuntajatyyppe

Kanootti = Kaapelikotelon tyyppi

Alasveto = Kaapelikotelon tyyppi

Välikotelo = Kaapelikotelon tyyppi

Erilliskotelo = Kaapelikotelon tyyppi

SL = Säiliölaji

A1 = Aaltojen pituus

A2 = Aaltojen pituus

m = massa

$\rho$  = Tiheys

A = Pinta-ala

h = Levyn paksuus

mm = Millimetri

Um = Jänniteluokka

IEC = International Electrotechnical Commission

# **1 ABB YLEISESTI**

## **1.1 Historia**

ABB OYJ Suomen historia alkaa vuodesta 1889, jolloin Axel Gottfrid Strömberg perusti Helsinkiin sähköliikkeen, josta kasvoi myöhemmin yksi Suomen merkittävimmistä teollisuusyrityksistä. Strömbergin liiketoiminnan ydin oli alussa tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskeskukset sekä niiden asennukset. Strömbergin liiketoiminnan kehittyessä sveitsiläinen AG Brown Boveri & Cie ja ruotsalainen Asea Ab tulivat yrityksen osakkaiksi. Vuonna 1987 Strömberg Oy siirtyi kokonaan Asean omistukseen. Nykyinen ABB muodostui vuotta myöhemmin kun Asea ja Brown Boveri & Cie fuusioituivat. Uuden yrityksen nimeksi valittiin ABB. Vaasassa ABB (Strömberg) on toiminut 1940-luvulta lähtien. /1/, /8/

## **1.2 ABB nykypäivänä**

Nykyään ABB on yksi johtavista sähkövoima- ja automaatioteknologian yrityksistä. Se on markkinajohtaja tärkeimmillä liiketoiminta-alueillaan. ABB:n palveluksessa työskentelee noin 120 000 henkilöä 100:ssa maassa. Suomessa henkilöstöä on noin 7 500. Koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2009 32 miljardia Yhdysvaltojen dollaria. Suomen ABB:n liikevaihto oli noin 2,3 miljardia euroa. ABB:n pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. ABB on pörssi-yhtiö, joka on listattu Ruotsin, Sveitsin ja New Yorkin pörssissä.

ABB panostaa voimakkaasti tutkimukseen ja tuotekehitykseen, joihin kuluu vuosittain noin miljardi dollaria. Suomen osuus tästä on noin 130 miljoonaa euroa. Tutkimuksessa ja tuotekehityksessä työskentelee noin 6 000 henkilöä, joista Suomessa noin 130. ABB:n tutkimus ja tuotekehitys tekee yhteistyötä 70:n eri yliopiston kanssa ympäri maailmaa.

ABB:n tuotesegmentin voi jakaa viiteen eri kategoriaan:

1. Sähkövoimatuotteet: Muuntajat, suur- ja keskijännitekojeistot, katkaisijat, releet, kaapelit ja näihin liittyvät komponentit
2. Sähkövoimajärjestelmät: FACTS- ja HVDC -järjestelmät, voimalaitos- ja verkostoautomaatio, voiman tuotannon instrumentointi-, valvonta- ja sähköistysratkaisut
3. Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio: Moottorit, generaattorit, taajuusmuuttajat, ohjelmoitavat logiikat, tehoelektroniikka ja robotit
4. Pienjännitetuotteet: Rakennusautomaatio, pienjännitteiset katkaisijat, kytkimet, ohjaus- ja valvontakojeet, asennustarvikkeet sekä kotelo- ja kaapelijärjestelmät
5. Prosessiautomaatio: turbot, instrumentointi ja analysointi, ohjausjärjestelmät, voimien mittaus. /1/

### **1.3 ABB OY Muuntajat, Vaasa**

Strömbergin muuntajatuotanto alkoi Vaasassa vuonna 1947. Vuonna 1951 valmistui ensimmäinen jakelumuuntajatehdas. Suurmuuntajatuotanto aloitettiin vasta 1955 - 1956 monen vuoden viiveellä. Vaasan muuntajatehtaiden ensimmäinen laajennus valmistui 1961 ja laajennuksia tehtiin vielä monia vuosien saatossa. Jakelumuuntajien valmistus Vaasassa lopetettiin vuonna 2005. Vuonna 2009 henkilöstöä Vaasan muuntajayksikössä oli 325. Yksikön tuotannosta 93 % menee vientiin 60:een maahan ja siis vain 7 % jää kotimaan markkinoille.

Vaasassa sijaitsevassa ABB:n tehtaassa toimii maailman ainoa vedenalaisia muuntajia valmistava yksikkö. Näitä ryhdyttiin kehittämään 80-luvun puolivälissä ja ensimmäinen vedenalainen muuntaja saatiin käyttöön vuonna 1999. Muuntajat -yksikkö muodostettiin vuonna 2005 yhdistämällä jakelumuuntajat ja suurmuuntajat yhdeksi yksiköksi. Yksikkö valmistaa muuntajat asiakkaan vaatimuksen mukaan. Tuotanto on vain mittatilaustyötä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Muuntajat valmistaa seuraavia tuotteita:

1. Uuni- ja tasasuuntamuuntajat
2. Laivamuuntajat

3. Offshore-muuntajat
4. Taajuusmuuttajakäyttöjen muuntajat
5. Rautateiden sähköistysverkon muuntajat
6. Reaktorit.

Muuntajien visio on olla vaativien muuntajien teknologiajohtaja sekä luotettavin ja osaavin erikoismuuntajien valmistaja. /1/, /8/

## **2 JOHDANTO**

Tarjouslaskennassa täytyy olla tarkat tiedot omien tuotteiden kustannuksista, jotta kaupoissa ei tehtäisi tappioita. Jos tarjouslaskenta on epäonnistunut ja kustannukset on arvioitu liian suuriksi, kaupat voidaan pahimmassa tapauksessa menettää kokonaan. Nykypäivänä kilpailu on kovaa eikä virheisiin ole varaa. Tässä päättötyössä tutkitaan kaapelikoteloihin liittyviä kustannuksia. Kaapelikotelot ovat muuntajien osia, joiden tehtävä on muuntajan läpivientien suojaus. Työn tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat kaapelikotelon kustannuksiin ja sitä kautta myyntihintaan. Työssä luotuja kaavoja ja laskelmia tullaan käyttämään apuna ABB:n Vaasan muuntajat-yksikön tarjouslaskennassa.

### **2.1 Tavoitteet ja ongelmat**

ABB:n Vaasan erikoismuuntajayksikön tarjouslaskennassa ongelmana on ollut se, ettei tarjouslaskentaohjelmassa ole ollut määriteltynä hintaa kaapelikoteloilta. Tässä työssä kyseinen ongelma pyritään poistamaan luomalla valmiit kaavat kaapelikoteloiden kustannusten laskemiseksi. Kaavat siirretään tulevaisuudessa ABB:n tarjouslaskentaohjelmistoon.

Työn ensimmäinen tavoite on määrittää ja selvittää tarvittavat tiedot ja kaavat kustannusten laskemiseksi. Toisena tavoitteena on laskea kustannukset käsin, jotta kaavojen toimivuus voidaan varmistaa. Samalla kaavojen antamia tuloksia verrataan aiemmin toteutuneisiin hintoihin.

### **2.2 Tutkimusaineisto**

Tutkimuksessa käytetään cad-kuvia, joista saadaan mittoja ja painoja, joita voidaan vertailla uusiin malleihin. Tutkimuksessa hyödynnetään Pro E- ja Autocad-ohjelmiin luotuja ohjelmia. Ohjelmilla voidaan mallintaa suunnittelussa kaapelikotelaita antamalla vaadittavat tiedot, joiden perusteella ohjelma valmistaa 3D-kuvan kaapelikotelosta. Tutkimuksessa hyödynnetään myös IEC-standardeja ja tekniikan kaavastokirjaa.

### **2.3 Laajuus ja rajaus**

Työssä tutkitaan, mitkä asiat vaikuttavat oleellisesti kaapelikotelon ostohintaan alihankkijalta. Työssä ei puututa muihin muuntajan kustannuksiin. Työn loppuksi verrataan toteutuneita hintoja työssä luotujen kaavojen avulla laskettuihin hintoihin. Kaavoista tehdään yleiset vaatimukset täyttävät, kaikkia erityistapauksia ei voida ottaa huomioon.

### 3 KAAPELIKOTELO

Kaapelikotelot koostuvat kahdesta eri osasta: kotelosta, jolla suojataan läpiviennit, ja päädyistä, joiden valinta riippuu siitä, miten kaapelit tai virtakiskot tulevat muuntajalle. Kaapelikoteloissa on erilliskotelo tai yhtenäinen välikotelo. Erilliskotelolla suojataan halutut läpiviennit, kun taas yhtenäinen välikotelo suojaa niin ala- kuin yläjännitepuolen läpiviennit. Päädyissä on kaksi eri vaihtoehtoa, jotka ovat alasvedettävä pääty ja niin sanottu kanoottimalli. Alasvedettävä pääty voidaan myös kääntää siten, että kotelo onkin ylöspäin suunnattu. Kuvissa 1 - 3 esitellään eri tyyppiset kotelot ja päädyt.



**Kuva 1. Yhtenäinen välikotelo + alasvedettävä pääty. Pidempi nuoli osoittaa päätyä, lyhyempi koteloa.**





**Kuva 2. Erilliskotelo + alasvedettävä pääty. Pidempi nuoli osoittaa päätyä, lyhyempi koteloa.**



**Kuva 3. Yhtenäinen välikotelo + "kanootti" pääty. Pidempi nuoli osoittaa päätyä, lyhyempi koteloa.**

### **3.1 Materiaalit**

Kaapelikotelot valmistetaan joko teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä. ABB:n Vaasan erikoismuuntajyksikölle kotelot ja päädyt valmistaa alihankkija. Kaapelikotelot leikataan työstökoneella levyistä. Leikkaamisen jälkeen tehdään taitokset, ja levyistä leikatut palat hitsataan yhteen. Tämän jälkeen pinnat puhdistetaan ja kotelo menee pintakäsittelyyn. Läpivientilevyissä käytetään messinkiä, alumiinia, terästä ja epämagneettista terästä. Kaapelikotelon materiaalin vahvuus CT-muuntajassa ja KT-aaltolevyymuuntajassa 2 mm. KT-radiaattorimuuntajassa käytetään 3 mm vahvuista levyä.

### **3.2 Pintakäsittely**

Pintakäsittelyllä suojataan kaapelikotelo ruosteelta ja muilta korroosiota aiheuttavilta ilmiöiltä. Pintakäsittelyn tarkoituksena on myös saada kotelo näyttämään yhtenäiseltä muuntajan kanssa. Asiakas ilmoittaa millaiseen ympäristöön muuntaja tulee, ja tätä kautta tarjouslaskennassa valitaan sopivin pintakäsittely. Asiakas voi myös itse vaatia halutun käsittelyn. Pintakäsittelyllä tarkoitetaan puhdistetun pinnan maalausta. Käsittelylle on neljä eri paksuutta, jotka ovat 120, 200, 240 ja 300 µm. Paksuudet vaihtelevat sen mukaan kuinka monta tai minkälaista käsittelyä kaapelikotelolle tehdään. Jos pintakäsittelylle halutaan jokin erikoisväri, siitä aiheutuu tuotteen hinnan nousu sopimusehtojen mukaan.

### **3.3 Komponentit**

Kappaleessa käydään läpi kaapelikotelon kustannuksiin oleellisesti vaikuttavat komponentit. Komponentit vaikuttavat oleellisesti kaapelikotelon hintaan. Suurimmat kustannukset itse kaapelikotelon lisäksi aiheuttavat virtakiskot, virtakiskojen tukieristimet, eristyslevyt ja maadoituspallo.

#### **3.3.1 Virtakisko**

Virtakiskot kiinnitetään läpivienteihin, joista kiskot menevät kaapelikotelon päytyyn, johon asiakas liittyy omilla johdoilla tai virtakiskoilla. ABB käyttää

virtakiskojen materiaalina kuparia, mutta myös alumiinia olisi mahdollista käyttää. Virtakiskot tinaataan. Tällä estetään jalometallin ja epäjalon metallin liitännän syntyminen, mikä on tärkeää, koska jalompi metalli syövyttää epäjalon metallin. Kun virtakiskot ovat kuparia ne on parempi tinaata, jolloin kaapelikenkien materiaali voi olla esimerkiksi kuparia tai alumiinia. Vaikka virtakiskojen tinaus aiheuttaa kustannuksia, se maksaa myöhemmin itsensä takaisin, koska vältetään jalon ja epäjalon metallin kohtaamisesta aiheutuneelta korroosiolta.

### 3.3.2 Tukieristin

Tukieristimellä tuetaan virtakiskot, jotka tulevat muuntajan läpivienneistä. Tukieristimet ovat kiinni kaapelikotelon katossa. Tukieristimien valintaan vaikuttaa käytössä oleva jännite. Tukieristimiksi valitaan ulkokäyttöön soveltuvat mallit, koska jos tukieristimen välit likaantuvat, säilyy pintaryömintämatka tarpeeksi suurena kun käytetään ulkokäyttöön tarkoitettuja malleja. Pintaryömintämatkalla tarkoitetaan välimatkaa jännitteellisestä osasta maadoitettuun osaan. Kuvassa 1 on erilaisia tukieristimiä.



**Kuva 4. Tukieristimiä /4/**

### 3.3.3 Eristyslevyt

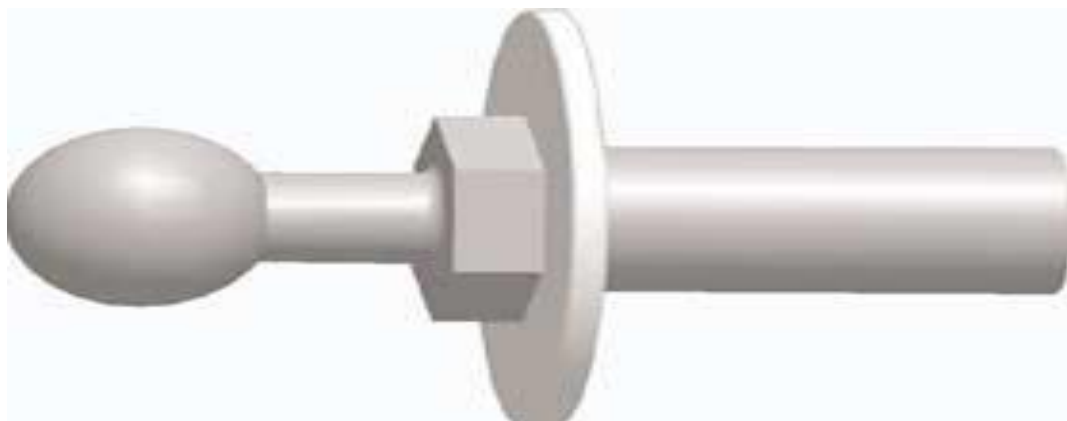
Eristyslevyillä tarkoitetaan läpivientien ja kaapelikotelon sivuihin asennettavia polykarbonaattilevyjä. Eristyslevyjä käytetään yleensä jos kaapelikotelosta tulisi muuten liian leveä asennettavaksi muuntajan kannelle. Eristyslevyillä saadaan pienennettyä kaapelikotelon leveyttä. Jos kaapelikotelo pienennetään ilman eristyslevyjä, voi jänniteilmaväli jäädä liian pieneksi. Muuntajan ollessa jännitteellisenä virtakiskosta voi iskeä virtapiikki maadoitettuun kaapelikoteloon. Eristyslevyjä käytettäessä voidaan kaapelikotelo tehdä alemman jänniteportaan mukaan. Asiakas saa halutessaan eristyslevyt kaapelikoteloon vaikka niille ei olisikaan tarvetta. Eristyslevynä käytetään 4 millimetrin paksuista polykarbonaattilevyä.

### 3.3.4 Aurinkosuoja

Aurinkosuojalla suojataan kaapelikotelo suoralta auringon paisteelta, lisää kappaleessa 8.

### 3.3.5 Maadoituspallo

Maadoituspallo asennetaan virtakiskoihin ja kaapelikotelon kylkeen jos asiakas niin haluaa. Virtakiskojen maadoituksella varmistetaan huollon turvallisuus. Maadoitus on turvallinen asentaa, koska virtakiskoon ei tarvitse fyysisesti koskea. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki maadoituspallosta.



**Kuva 5. Esimerkki maadoituspallosta /2/**

### 3.3.6 Lämmitin

Lämmittimen tarkoitus on poistaa kosteutta ilmasta. Se lämmittää ilmaa, jolloin ilman kosteus poistuu kondensiovesitulpan kautta kaapelikotelosta. Erilliskotelossa käytetään yhtä lämmitintä. Jos käytetään välikoteloa, kumpaankin kotelon päähän laitetaan yksi lämmitin, eli yhteensä tarvitaan kaksi lämmitintä. Kuvassa 3 on esimerkki lämmitimestä.



**Kuva 6. Lämmitin /6/**

### 3.3.7 Ilmanvaihtotulppa

Ilmanvaihtotulpilla hoidetaan kaapelikotelon ilmanvaihtuvuus, jonka avulla estetään kaapelikotelon liiallinen lämpeäminen. Ilmanvaihtotulpat asennetaan kaapelikotelon vastakkaisiin nurkkiin. Yhteensä ilmanvaihtotulppia asennetaan kaksi kappaletta.

### 3.3.8 Kondensiovesitulppa

Kondensiovesitulpan kautta poistuu kondensiovesi, jota muodostuu kaapelikoteloon kun lämmitintä käytetään ilman kuivattamiseen kaapelikotelossa. Kondensiovesitulppia asennetaan välikaapelikoteloon 2 kappaletta ja erilliskoteloon 1 kappale. Alasveto-malliseen pätyyn ja kanootti-malliseen pätyyn tulppia asennetaan kumpaankin 1 kappale. Kuvassa 4 on esimerkki kondensiovesitulpasta.



**Kuva 7. Kondensiovesitulppa /7/**

## 4 CT-MUUNTAJAN KAAPELIKOTELON KAAVAT

Kaapelikoteloiden hinnoittelu pohjautuu niiden painoon. Kaapelikotelon pinta-alan kautta saadaan laskettua sen massa, jonka avulla voidaan laskea myös välikotelon osuus valmistettavan kaapelikotelon kustannuksista. Tässä luvussa käsitellään CT-muuntajan kaapelikoteloita. CT (ABB Common Technology)-muuntajissa käytetään ovaalinmuotoisia käämejä, jotka käämitään suoraan muuntajan sydämen päälle.

### 4.1 CT-välikotelo, pituus, korkeus, leveys

Välikaapelikotelon pituuteen (V<sub>kpit</sub>) vaikuttavat säiliölaji ja muuntajasäiliön aaltojen syvyys niin alajännite- kuin yläjännitepuolella. Muuntajasäiliön aalloilla tarkoitetaan muuntajan kyljissä sijaitsevia jäähdytyslementtejä. Elementit ovat aallonmallisia ja tästä syystä niitä nimitetään aalloiksi. Aaltojen syvyys ylä- ja alajännitepuolella voi olla eri mittainen. /3/



Kuva 8. CT-aaltolevymuuntaja, nuoli osoittaa muuntajasäiliötä ja aaltoja /3/



Aallon syvyydet (A1, A2) esitetään liitteessä 4 ja säiliölajit esitetään liitteessä 1.

Välikaapelikotelon korkeus (Vkkor) määräytyy jännitteen mukaan. Korkeuden arvot suhteessa jännitteeseen on esitetty liitteessä 2. Esimerkiksi jos jännite on 12 kilovoltia, välikaapelikotelon korkeus on 386 millimetriä. Jos jännite jää alle 12 kV:n, määräytyy välikaapelikotelon korkeus kuitenkin standardointisyistä 12 kV:n mukaan. Vastaavasti jos jännite on välillä 12 kV ja 24 kV korkeus valitaan 24 kV:n mukaan. Jänniteluokat ovat IEC:n mukaisia. Vastaavaa mallia sovelletaan myös suuremmille jännitteille, eli jännitteen jäädessä kahden yleisarvon väliin välikaapelikotelon korkeus määräytyy suuremman jännitteen mukaan.

Välikaapelikotelon leveyteen (Vklew) vaikuttavat jännite ja säiliölaji. Leveydessä säiliölajilla on suurempi merkitys kuin jännitteellä. Välikaapelikotelon leveys suhteessa jännitteeseen ja säiliölajiin esitetään liitteessä 1 ja 2. Jos jännite on esimerkiksi 12 kV ja säiliölaji on 38, valitaan leveydeksi 920 millimetriä.

Välikaapelikotelon pituus lasketaan kaavoilla 1, 2 ja 3. Laskun tulos pyöristetään ylöspäin lähimpään 50 millimetriin. Jos pituudeksi tulisi esimerkiksi 1133 millimetriä, se pyöristettäisiin 1150 millimetriin. Tällä saavutetaan säästöjä, koska alihankkijan ei välttämättä tarvitse syöttää parametrejä työstökoneeseen, vaan siihen voidaan ladata vanhat parametrit, ja näin välttyään uusien parametrien syötöstä aiheutuneilta kustannuksilta.

$$M1 = \left( \frac{SL \cdot 12 + 60 \text{mm}}{2} \right) + A1 \quad (1)$$

$$M2 = \left( \frac{SL \cdot 12 + 60 \text{mm}}{2} \right) + A2 \quad (2)$$

$$Vkpit = (M1 + 30 \text{mm}) + (M2 + 30 \text{mm}) \quad (3)$$



Jossa

M1	Yläjännitepuolen välikotelon pituus ilman 30 millimetrin rakoa aaltoihin
M2	Alajännitepuolen välikotelon pituus ilman 30 millimetrin rakoa aaltoihin
Vkpit	Välikotelon pituus [1]
SL	Säiliölaji
12	Vakiokerroin
60	Vakioarvo
30	Vähimmäisetäisyys aalloista
A1	Aaltojen syvyys, yläjännitepuoli
A2	Aaltojen syvyys, alajännitepuoli

#### 4.2 CT-välikotelon pinta-alan laskenta

Välikotelon pinta-ala lasketaan suorakulmion pinta-alan laskukaavalla. Tällä päästään tarpeeksi lähelle oikeaa pinta-alaa, josta saadaan laskettua kotelon massa. Välikotelon pohjan aukkoa ei huomioida, koska koko kaapelikotelon (välikotelo ja päädyt) taivutukset syövät aukon pinta-alan. Välikotelon nostokorvien ja kaapeliradan osien painoksi arvioidaan 2 kilogrammaa. Kotelon paino voidaan laskea vasta kun tiedossa on kotelon kokonaispinta-ala, joka sisältää päätyjen ja välikotelon pinta-alan. Kaavoilla 4 - 7 saadaan laskettua välikotelon pinta-ala.

$$Vkkylpa = (Vkpit * Vkkor) * 2 \quad (4)$$

$$Vkkapa = (Vkpit * Vklev) * 2 \quad (5)$$

$$Vkpa = Vkkylpa + Vkkapa \quad (6)$$

$$m = \rho * A * h \quad (7)$$

Jossa	
Vkpa	Välikotelon pinta-ala
Vkkylpa	Välikotelon kylkien pinta-ala [2]
Vkkapa	Välikotelon pohjan ja katon pinta-ala [3]
Vkkor	Välikotelon korkeus [4]
Vklev	Välikotelon leveys [5]
m	Massa
$\rho$	Tiheys
A	Pinta-ala
h	Levyn paksuus

### 4.3 CT-erilliskotelo

Erilliskoteloä käytetään, jos halutaan suojata ylä- tai alajännitepuolen läpiviennit, tai jos yhtenäistä välikoteloä ei ole mahdollista tai kannattavaa laittaa. Erilliskotelo on periaatteessa vain katkaistu välikotelo. Erilliskotelon piteuden ratkaisu on huomattavasti vaikeampaa kuin välikotelon. Erilliskotelon pinta-ala lasketaan myös suorakulmion pinta-alan laskukaavaa käyttäen, mutta nyt pitää ottaa huomioon myös kotelon takaseinä. Erilliskotelon pohja-aukko piteuus (Eklrp) muuttuu suhteessa jännitteeseen ja säiliölajiin. Sen arvot on esitetty liitteessä 3 ja 4. Tässäkään laskussa ei huomioida pohja-aukon pinta-alaa, koska taivutukset syövät sen pois. Erilliskotelon piteuus (Ekkokp) pyöristetään lähimpään 50 millimetriin. Esimerkiksi jos piteudeksi tulisi 878 millimetriä, se pyöristyy 900 millimetriin. Erilliskotelon nostokorvien ja kaapeliradan osien lisäpainoksi arvioidaan 1 kilogramma. Erilliskotelon piteuus ja pinta-ala saadaan laskettua kaavoilla 8 - 16.

$$E_{kpuo} = \frac{SL \cdot 12 + 60 \text{mm}}{2} \quad (8)$$

$$\text{Ekkprk} = (\text{Ekpuo} - \text{Vahrim} - \text{Kulpak}) + \text{Kulpp} \quad (9)$$

$$\text{Ekktsa} = \text{Ekkkr} + \text{Eklrp} + \text{Eklrlt} \quad (10)$$

$$\text{Ekeklkp} = \text{Ekkprk} - \text{Ekktsa} \quad (11)$$

$$\text{Ekkokp} = (\text{Ekpuo} + A1 + 30\text{mm}) - \text{Ekeklkp} \quad (12)$$

$$\text{Ektakpa} = \text{Vklev} * \text{Vkkork} \quad (13)$$

$$\text{Ekkylpa} = (\text{Ekkokp} * \text{Vkkork}) * 2 \quad (14)$$

$$\text{Ekkatppa} = (\text{Ekkokp} * \text{Vklev}) * 2 \quad (15)$$

$$\text{Ekkokpa} = \text{Ektakpa} + \text{Ekkylpa} + \text{Ekkatppa} \quad (16)$$

Jossa

Ekpuo	Puolet säiliön leveydestä
Ekkprk	Etäisyys keskeltä kiinnityspulttien reikien keskelle
Ekktsa	Etäisyys erilliskotelon takaseinästä aaltojen alkamisreunaan
Ekeklkp	Etäisyys säiliön keskilinjalta erilliskotelon takaseinään
Vahrim	Aaltojen vahvistusrima
Kulpak	Kulmaraudan paksuus
Kulpp	Etäisyys kulmaraudan päästä pulttireikien päähän
Ekkkr	Erilliskotelon kiinnitysreikien keskikohta reunasta
Eklrp	Pohja-aukon pituus
Eklrlt	Etäisyys pohja-aukon päästä takaseinään
Ekkokp	Erilliskotelon pituus, yli aaltojen
Ektakpa	Erilliskotelon takaseinän pinta-ala [17]
Ekkylpa	Erilliskotelon kylkien pinta-ala [18]

Ekkatppa Erilliskotelon pohjan ja katon pinta-ala [19]

Ekkokpa Erilliskotelon kokonaispinta-ala [20]

#### 4.4 CT-pääty, alasveto

Päätykappaleista alasveto on useimmin käytetty tyyppi. Alasvedon pinta-ala lasketaan suorakulmion pinta-alan laskukaavaa käyttäen. Alasvedon korkeus (Pakork) määräytyy jänniteluokan mukaan. Alasvedon korkeudet on esitetty liitteessä 5. Alasvedon sivun pituus (Papit) määräytyy myös jänniteluokan mukaan. Alasvedon sivun pituudet esitetään liitteessä 5. Alasvedon leveys (Vklew) on sama kuin väli- tai erilliskotelon leveys. Alasvedon nostokorvien ja kaapeliradan osien lisäpainoksi arvioidaan 1 kilogramma. Alasvedon läpivientilevyn massa lasketaan aina levyssä käytetyn materiaalin mukaan. Ylä- ja alajännitepuolelle tulevat erikokoiset alasvedot, koska jännite eri puolilla ei yleensä ole sama. Läpivientilevyissä käytettävien materiaalien tiheydet esitetään liitteessä 6. Alasvedon pinta-ala saadaan laskettua kaavojen 17 - 22 avulla. Kaavassa 19 esiintyvä 100 millimetriä on taivutuksista tuleva lisä, joka otetaan huomioon tarkemman tuloksen saamiseksi.

$$\text{Pakapa} = \text{Vklew} * \text{Pakork} \quad (17)$$

$$\text{Pakylpa} = (\text{Papit} * \text{Pakork}) * 2 \quad (18)$$

$$\text{Pakatpa} = (\text{Papit} + 100\text{mm}) * \text{Vklew} \quad (19)$$

$$\text{Patakpa} = (\text{Pakork} - \text{Vkkor}) * \text{Vklew} \quad (20)$$

$$\text{Paläple} = \text{Papit} * \text{Vklew} \quad (21)$$

$$\text{Pakokpa} = \text{Pakapa} + \text{Pakylpa} + \text{Pakatpa} + \text{Patakpa} \quad (22)$$

Jossa

Pakapa	Päätykappaleen alasvedon kannen pinta-ala [6]
Pakylpa	Päätykappaleen alasvedon kylkien pinta-ala [7]
Pakatpa	Päätykappaleen alasvedon katon pinta-ala [8]
Patakpa	Päätykappaleen alasvedon takaseinän pinta-ala [9]
Paläple	Päätykappaleen alasvedon läpivientilevyn pinta-ala [10]
Pakokpa	Päätykappaleen alasvedon kokonaispinta-ala ilman läpivientilevyn pinta-alaa.
Pakork	Päätykappaleen korkeus [11]
Papit	Päätykappaleen sivun pituus [12]

#### 4.5 CT-pääty, ”kanootti”

Kanoottipääty on sivusta katsottuna kolmion mallinen. ”Kanootti”-nimitys tulee siitä, että katsottuna kokonaisuutta katsotaan sivusta päin se näyttää kanootilta. Päädyn sivut lasketaan kolmion pinta-alan laskukaavalla. Päädyn kannen ja läpivientilevyn pinta-alat lasketaan suorakulmion pinta-alan laskukaavalla. ”Kanootin” eri mitat vaihtuvat suhteessa jännitteeseen kuten liitteestä 5 käy ilmi. ”Kanootin” leveys (Vkkor) määrittyy jännitteen mukaan. ”Kanootin” pinta-ala saadaan laskettua kaavoilla 23 - 27. Kylkien pinta-alan kaavassa (Kkylpa) välikotelon korkeuteen (Vkkor) on lisättävä 4 millimetriä, koska kanoottipäädystä pitää ottaa tarkemmin huomioon kaikki pinnat, sillä muuten sille ei saada laskettua tarkkaa pinta-alaa ja sen kautta painoa. Pktai-mitta esitetään liitteessä 5.

$$Kkylpa = (Vkkor + 4) * Pkpit \quad (23)$$

$$Pkkapa = \sqrt{(((Vkkor + 4) - Pkp1)^2 + Pkpit^2)} * Vklev \quad (24)$$

$$Pkläppa = Vklev * (\sqrt{Pkp1^2 + Pkpit^2}) \quad (25)$$

$$Pklisäpa = Pktai * Vklev \quad (26)$$

$$Pkkokpa = Kkylpa + Pkkapa + Pklisäpa \quad (27)$$

Jossa

Kkylpa      Kylkien pinta-ala [13]

Pkkapa      Kannen pinta-ala [14]

Pkläppa      Läpivientilevyn pinta-ala [15]

Pklisäpa      Lisäpinta-ala taivutuksista

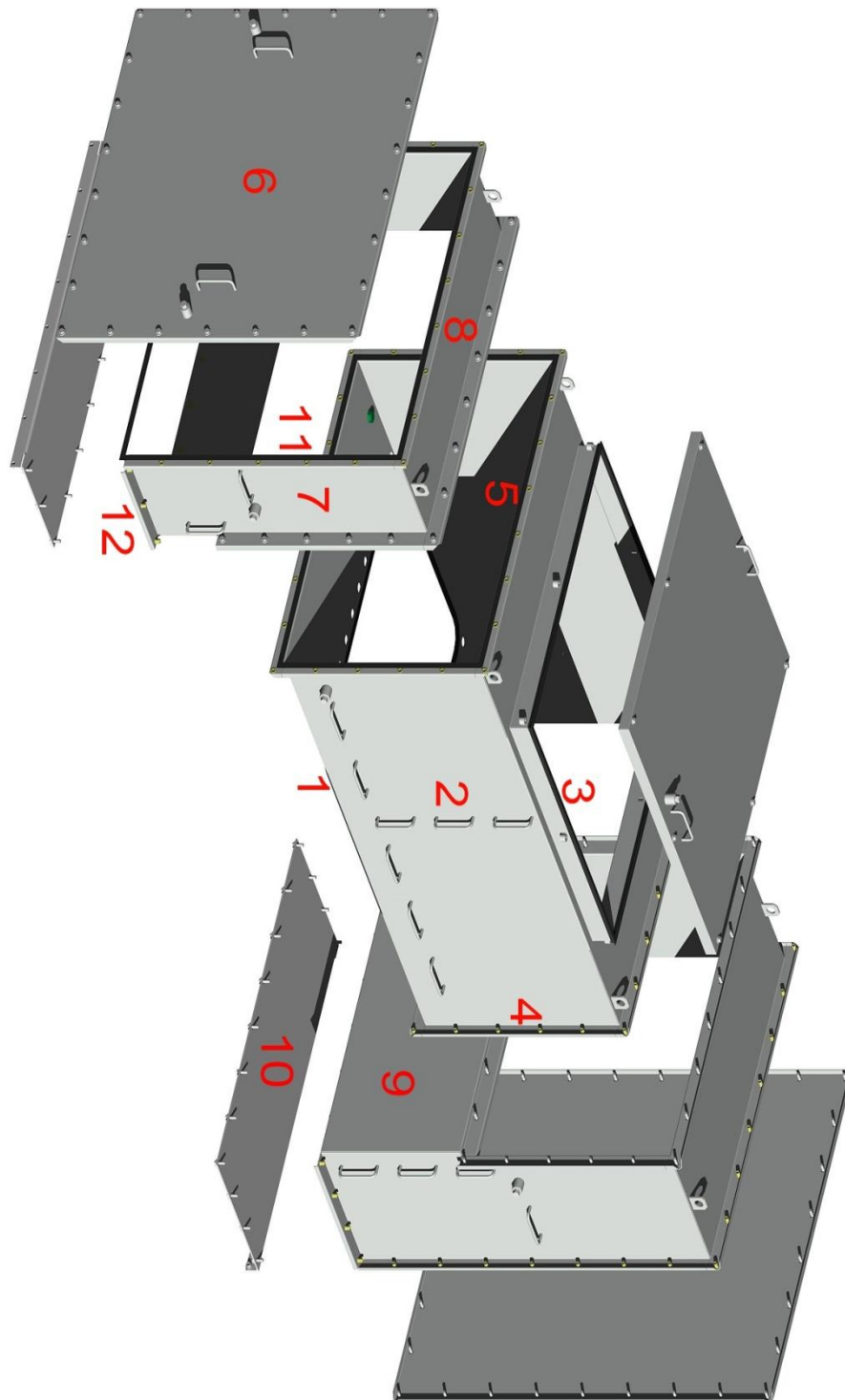
Pkp1      Etäisyys kanootin kolmion kärjestä kolmion alareunaan [16]

Pkpit      Kyljen pituus [17]

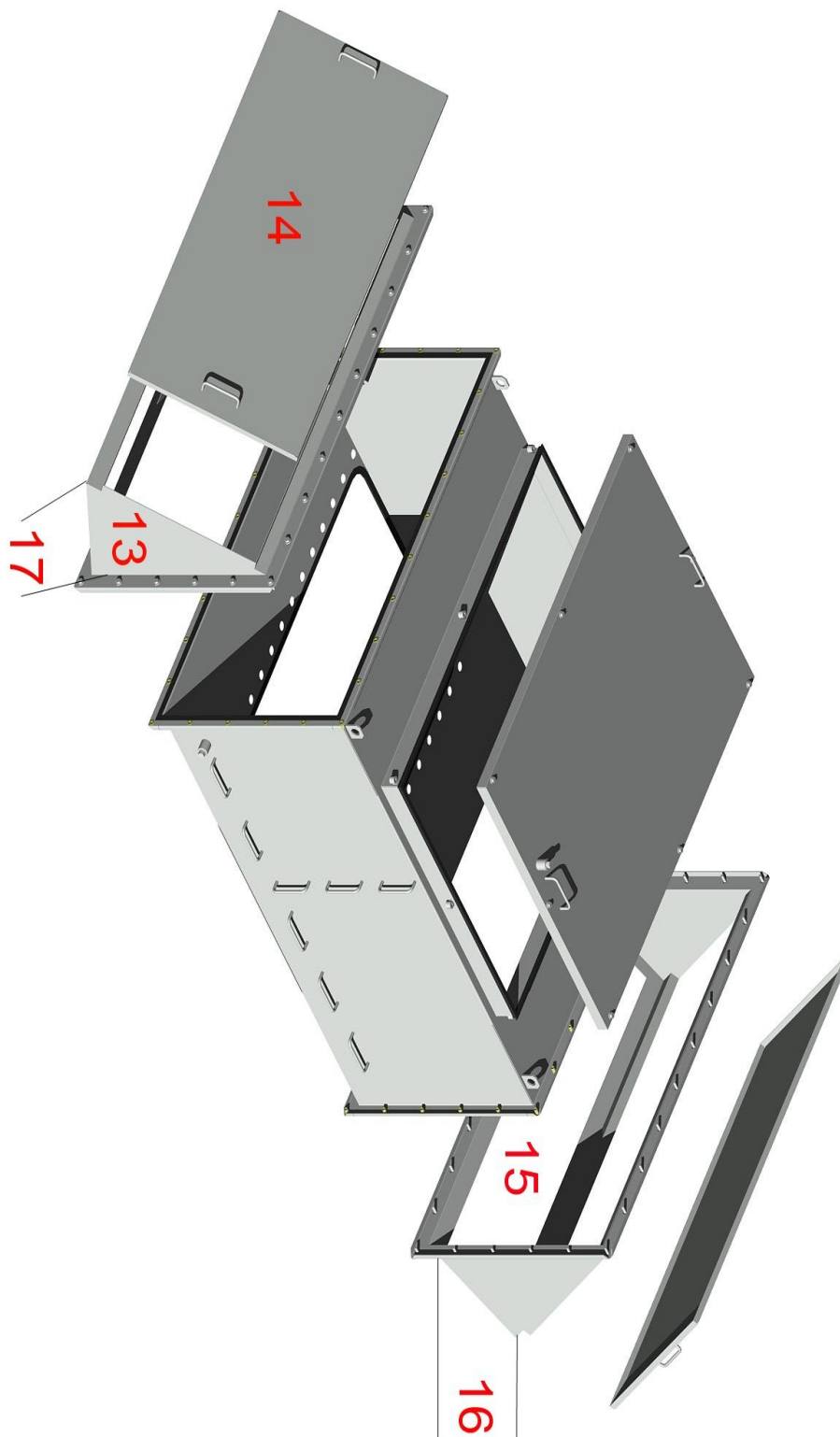
Pktai      Taivutuksia

Pkkokpa      Päätykappaleen "kanootti"-kokonaispinta-ala

Kuvissa 6, 7 ja 8 esitettyihin räjäytyskuviin on merkitty laskukaavoissa 1 - 27 käytettävät välikotelon, erilliskotelon, alasveto-päädyn ja "kanootti"-päädyn osat. Laskukaavojen yhteydessä on annettu selitteet kaavoissa käytetyille lyhenteille. Selitteiden perässä olevat hakasulkeiden numerot viittaavat kuvissa 6, 7 ja 8 oleviin eri osiin.

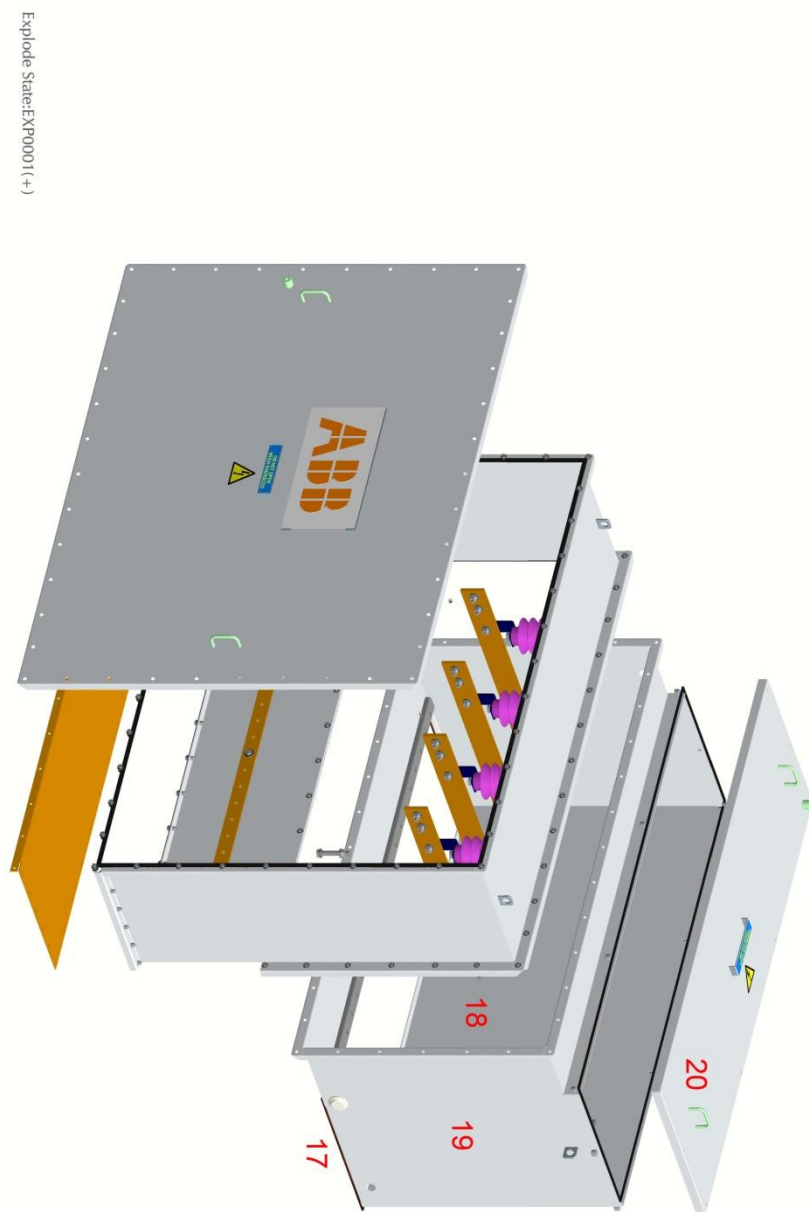


**Kuva 9. Räjätyskuva CT-muuntaja, alaspäin ja välitelo**



**Kuva 10. Räjätyskuva CT-muuntaja, "kanootti" ja välikutelo**





**Kuva 11. Räjätyskuva CT-muuntaja, alaspöytä ja erilliskotelo**

## 5 KT-AALTOLEVYMUUNTAJAN KAAPELIKOTELON KAAVAT

KT-muuntaja tarkoittaa muuntajaa, jonka käämit ovat pystysuoria samankeskisiä lieriöitä. Käämin muoto on pyöreä. Käämi kierretään lestin päälle ja pudotetaan sydämen päälle. Lesti on puinen pyöreä kehikko, johon käämit kierretään käämikoneella. KT-aaltolevyvuuntaajan kaapelikotelon laskut ovat pitkälti CT-aaltolevyvuuntaajan mukaiset, täten KT-aaltolevyvuuntaajan kaapelikotelon laskukaavoista esitetään vain ne, jotka ovat muuttuneet. /3/

### 5.1 KT-välikotelo, pituus, korkeus, leveys

Välikaapelikotelon pituuteen (Vkpit) vaikuttavat säiliölaji ja muuntaajan aaltojen syvyys niin alajännite- kuin yläjännitepuolella. Välikaapelikotelon pituuden laskentakaavaan tulee muuttuja (W), joka vaihtelee säiliölajin mukaan. Muuttuja W on kokemusperäistä tietoa. W:n riippuvuus säiliölajista esitetään liitteessä 6. Samassa liitteessä esitetään KT-aaltolevyvuuntaajan säiliölajit. Kaavassa muuttuu myös vakiokerroin, joka on tässä tapauksessa 10. CT-muuntaajassa tämä arvo on 12. Korkeus ja leveys määräytyvät kuten kohdassa 4.1 on esitetty.

Välikaapelikotelon pituus lasketaan kaavoilla 28, 29 ja 30. Laskun tulos pyöristetään ylöspäin lähimpään 50:een. Jos pituudeksi tulisi esimerkiksi 1133 millimetriä, se pyöristettäisiin 1150 millimetriin.

$$M1 = \left( \frac{SL*10+W}{2} \right) + A1 \quad (28)$$

$$M2 = \left( \frac{SL*10+W}{2} \right) + A2 \quad (29)$$

$$Vkpit = (M1 + 30) + (M2 + 30) \quad (30)$$

Jossa

10 Vakiokerroin

W Vakioarvo, joka on sidoksissa säiliön lajiin.

## 5.2 KT-välikotelon pinta-alan laskenta

KT-aaltolevyvuontajan välikotelon pinta-ala lasketaan kohdassa 4.2 esitettyjen kaavojen mukaisesti.

## 5.3 KT-erilliskotelo

KT-aaltolevyvuontajan erilliskotelon pinta-ala lasketaan kohdassa 4.3 esitettyjen kaavojen mukaisesti. Ainoastaan yksi kaava (Ekpuo) muuttuu. Tähänkin kaavaan tulee muuttuja W ja vakiokerroin muuttuu.

$$Ekpuo = \frac{SL \cdot 10 + W}{2} \quad (31)$$

## 5.4 KT-pääty, alasveto

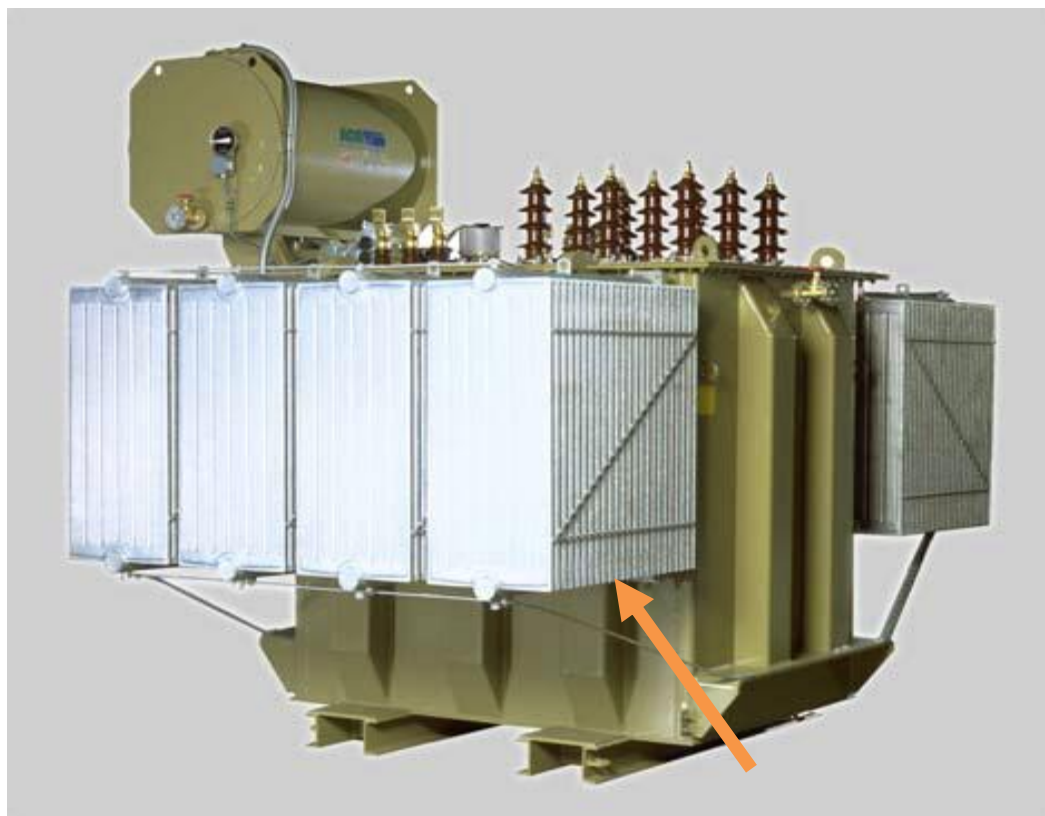
KT-aaltolevyvuontajan alasveto-mallisen päädyn pinta-ala lasketaan kohdassa 4.4 esitettyjen kaavojen mukaisesti.

## 5.5 KT-pääty, ”kanootti”

KT-aaltolevyvuontajan ”kanootti”-mallisen päädyn pinta-ala lasketaan kohdassa 4.5 esitettyjen kaavojen mukaisesti.

## 6 KT-RADIAATTORIMUUNTAJAN KAAPELIKOTELON KAAVAT

KT-radiaattorimuuntajan kaapelikotelon laskennassa ratkaistaan korkeudet, leveydet ja pituudet erikseen kotelokohtaisesti, koska niille ei ole määritetty vakioita toisin kuin CT-muuntajien tapauksessa. Radiaattorit ovat jäähdytyslementtejä, jotka asennetaan radiaattorimuuntajan säiliössä sijaitseviin kiinnikkeisiin. Muuntajaöljy kiertää radiaattoreiden kautta ja luovuttaa hukkalämmön, joka syntyy muuntajan käämeissä. Kuvassa 12 on esimerkki KT-radiaattorimuuntajasta. /3/



**Kuva 12. KT-radiaattorimuuntaja, nuoli osoittaa radiaattoreita /3/**

### 6.1 KT-välikotelo, pituus, korkeus, leveys

Välikaapelikotelon pituuteen (KTvkpit) vaikuttaa säiliön sisäleveys, joka määräytyy säiliölajin mukaan. Säiliölajit ja niiden mitat esitetään liitteessä 9.

Laskettaessa tulee huomioida onko muuntajatyypin KTI vai KTN, koska säiliön sisäleveys vaihtuu muuntajatyypin vaihtuessa. Välikaapelikotelon korkeus lasketaan erikseen ylä- ja alajännitepuolelle (KTkorkyj ja KTkorkaj) kaavoilla 36 - 37. Läpivientien mitat suhteessa jännitteeseen ja virtaan esitetään liitteessä 8. Tukieristimien mitat suhteessa jännitteeseen esitetään myös liitteessä 8. Välikaapelikotelon leveyteen vaikuttavat läpivientien lukumäärä, käytettävä jännite, syöksyjännite ja se, ovatko läpiviennit yhdessä rivissä vai kahdessa rivissä limittäin tai kohdakkain. Jos läpiviennit ovat kahdessa rivissä limittäin, leveys lasketaan kaavalla 33. Jos läpiviennit ovat yhdessä rivissä tai kahdessa rivissä kohdakkain, leveys lasketaan kaavalla 32. KTlev1 ja KTlev2 tulos pyöristetään ylöspäin, esimerkiksi jos tulokseksi tulee 7.09, tulos pyöristetään 8.00:aan. Tämä johtuu suunnitteluohjelman pyöristyssäännöstä. KTlevlop on lopullinen leveys, jossa on 40 millimetrin virhemarginaali, koska tarjouslaskijan ei voida olettaa syöttävän tarjouslaskentaohjelmaan kaikkia pienimpiäkin tietoja niiden runsauden takia. Jänniteilmaväli (jänilvä) suhteessa jännitteeseen ja syöksyjännitteeseen esitetään liitteessä 7.

Välikaapelikotelon pituus lasketaan kaavalla 38. Laskun tulosta ei pyöristetä. Ylä- ja alajännitepuolelle lasketaan korkeus erikseen, koska alajännitepuolella on yleensä alhaisempi jännite, näin säästetään materiaalikuluissa. 52 kilovoltin jänniteluokassa valitaan tukieristimiksi 2\*24 kV tukieristimet.

$$KTlev1 = \frac{(1+l\ddot{a}plkm*j\ddot{a}nilv\ddot{a})+(l\ddot{a}plkm*l\ddot{a}phalk)}{160} \quad (32)$$

$$KTlev2 = \frac{(1+l\ddot{a}plkm*j\ddot{a}nilv\ddot{a})+(l\ddot{a}plkm*l\ddot{a}phalk)+(l\ddot{a}puo)}{160} \quad (33)$$

$$l\ddot{a}puo = \frac{j\ddot{a}nilv\ddot{a}+l\ddot{a}phalk}{2} \quad (34)$$

$$KTlevlop = (KTlev1 \text{ tai } Ktlev2 * 160) + 66\text{mm} \quad (35)$$

$$KTkorkyj = l\ddot{a}pkork + tukerpit + 60\text{mm} \quad (36)$$

$$KTkorkaj = l\ddot{a}pkork + tukerpit + 60\text{mm} \quad (37)$$

$$KTvkpit = SLsis + 300mm + (2 * 235mm) \quad (38)$$

Jossa

KTlev1	Välikotelon leveyden laskuvaihe, läpiviennit yhdessä rivissä tai kahdessa rivissä kohdakkain
KTlev2	Välikotelon leveyden laskuvaihe, läpiviennit kahdessa rivissä limittäin
läpuo	KTLev2 laskukaavassa tarvittava välivaihe
KTlevlop	Välikotelon leveys [5]
KTvkpit	Välikotelon pituus [1]
300	Vakio
235	Vakio
160	Vakio
66	Vakio
KTkorkyj	Yläjännitepuolen korkeus [4a]
KTkorkaj	Alajännitepuolen korkeus [4b]
läpkork	Läpiviennin korkeus
tukerpit	Tukieristimen pituus
SLsis	Säiliön sisäleveys
läplkm	Läpivientien lukumäärä rivissä
läphalk	Läpiviennin halkaisija
jänilvä	Vähimmäisilmaväli, IEC 60076-3 taulukko 5

## 6.2 KT-välikotelon pinta-alan laskenta

KT-radiaattorimuuntajan välikotelon pinta-alan laskenta ei poikkea CT-muuntajan välikotelon pinta-alan laskennasta. Välikotelon pohjan aukkoa ei huomioida, koska koko kaapelikotelon (välikotelo + päädyt) taivutukset syövät pohjan aukon pinta-alan. Välikotelon nostokorvien ja kaapeliradan osien painoksi arvioidaan 2 kilogrammaa. Arvoja on hyvä käsitellä perusmuodossa eli millimetrit syötetään metreinä ja tiheys ilmoitetaan kuutiometreinä. Kotelon paino on hyvä laskea vasta kun tiedossa on kotelon kokonais pinta-ala, joka sisältää päätyjen ja välikotelon pinta-alan. Kaavoilla 39 - 42 saadaan laskettua välikotelon pinta-ala.

$$KTvkkylpa1 = (KTkorkaj * KTVkpit) * 2 \quad (39)$$

$$KTvkkylpa2 = ((KTkorkyj - KTkorkaj) * KTVkpit) * 2 \quad (40)$$

$$KTvkkppa = (KTVkpit * KTlevlop) * 2 \quad (41)$$

$$KTvkajppa = (KTkorkyj - KTkorkaj) * KTlevlop \quad (42)$$

$$KTvkkokpa = KTVkkylpa1 + KTVkkylpa2 + KTVkkppa + KTVkajppa \quad (43)$$

Jossa

KTvkkylpa1 Välikotelon kylkien pinta-ala [2]

Ktvkkylpa2 Välikotelon kylkien pinta-ala [2]

KTvkkppa Välikotelon pohjan ja katon pinta-ala [3]

KTvkajppa Alajännitepuolen pääty

KTvkkokpa Välikotelon kokonaispinta-ala

## 6.3 KT-erilliskotelo

Erilliskotelon pituus ja pinta-ala saadaan laskettua kaavoilla 44 - 53. Erilliskotelon nostokorvien ja kaapeliradan osien lisäpainoksi arvioidaan 1 kilogrammaa.

$$KTERpit = 2 * jänilvä + läphalk + 235mm \quad (44)$$

$$KTlev1 = \frac{(1+l\ddot{a}plkm*j\ddot{a}nilv\ddot{a})+(l\ddot{a}plkm*l\ddot{a}phalk)}{160} \quad (45)$$

$$KTlev2 = \frac{(1+l\ddot{a}plkm*j\ddot{a}nilv\ddot{a})+(l\ddot{a}plkm*l\ddot{a}phalk)+(l\ddot{a}puo)}{160} \quad (46)$$

$$l\ddot{a}puo = \frac{j\ddot{a}nilv\ddot{a}+l\ddot{a}phalk}{2} \quad (47)$$

$$KTlevlop = (KTlev1 \text{ tai } Ktlev2 * 160) + 66\text{mm} \quad (48)$$

$$KTerkork = l\ddot{a}pkork + tukerpit + 60\text{mm} \quad (49)$$

$$KTerkylpa = (KTerpit * KTerkork) * 2 \quad (50)$$

$$KTerkpaa = (KTerpit * KTlevlop) * 2 \quad (51)$$

$$KTertakpa = KTlevlop * KTerkork \quad (52)$$

$$KTerkokpa = KTerkylpa + KTerkpaa + KTertakpa \quad (53)$$

Jossa

KTerpit Erilliskotelon pituus [17]

KTerkylpa Erilliskotelon kylkien pinta-ala [19]

KTerkpaa Erilliskotelon katon ja pohjan pinta-ala [20]

KTertakpa Erilliskotelon takaseinän pinta-ala [18]

KTerkokpa Erilliskotelon kokonaispinta-ala

#### 6.4 KT-pääty, alasveto

KT-päädyn alasvedon korkeus (Ktpakorkyj) yläjännitepuolella lasketaan kaavalla 54 ja alajännitepuolen korkeus (Ktpakorkaj) lasketaan kaavan 62 mukaan. Alasvedon sivun pituus (Ktpapit) määräytyy jännitteen mukaan. Alasvedon sivun pituudet esitetään liitteessä 10. Alasvedon leveys (KTlevlop) on sama kuin väli- tai erilliskotelon leveys. Alasvedon nostokorvien ja kaapeliradan osien lisäpainoksi arvioidaan 2 kilogrammaa. Alasvedon pinta-ala saadaan laskettua



kaavoilla 17 - 22. Jos kotelona käytetään KT-erilliskotelo, lasketaan alaveto vain kerran käyttäen kaavoja 54 - 61. 52 kilovoltin jännitteluokan rakennesuunnittelun puutteen vuoksi 52 kV mittoihin (KTPapit) on sovellettu IEC 60076-3 taulukon 5 standardia. Standardissa ilmoitetaan vähimmäisilmaväli, ja KTPapit 52 kV:n arvo on määritelty tätä kautta.

$$KTpakorkyj = KTkorkyj + T - 66\text{mm} \quad (54)$$

$$KTpatakorkyj = KTpakorkyj - KTkorkyj \quad (55)$$

$$KTPakylpayj = (KTPapit * KTpakorkyj) * 2 \quad (56)$$

$$KTPakatpayj = KTPapit * KTlevlop \quad (57)$$

$$KTPayjläppa = KTPapit * KTlevlop \quad (58)$$

$$KTPakapayj = KTpakorkyj * KTlevlop \quad (59)$$

$$KTPatakspa = KTpatakorkyj * KTlevlop \quad (60)$$

$$KTPakokpayj = KTPakylpayj + KTPakatpayj + KTPakapayj + KTpatakspayj \quad (61)$$

$$KTPakorkaj = KTkorkaj + T - 66\text{mm} \quad (62)$$

$$KTpatakorkaj = KTpakorkaj - KTkorkaj \quad (63)$$

$$KTPakylpaaj = (KTPapit * KTpakorkaj) * 2 \quad (64)$$

$$KTPakatpaaj = KTPapit * KTlevlop \quad (65)$$

$$KTPaajläppa = KTPapit * KTlevlop \quad (66)$$

$$KTPakapaaj = KTpakorkaj * KTlevlop \quad (67)$$

$$KTPatakspa = KTpatakorkaj * KTlevlop \quad (68)$$

$$KTPakokpaaj = KTPakylpaaj + KTPakatpaaj + KTPakapaaj + KTpatakspaaj \quad (69)$$

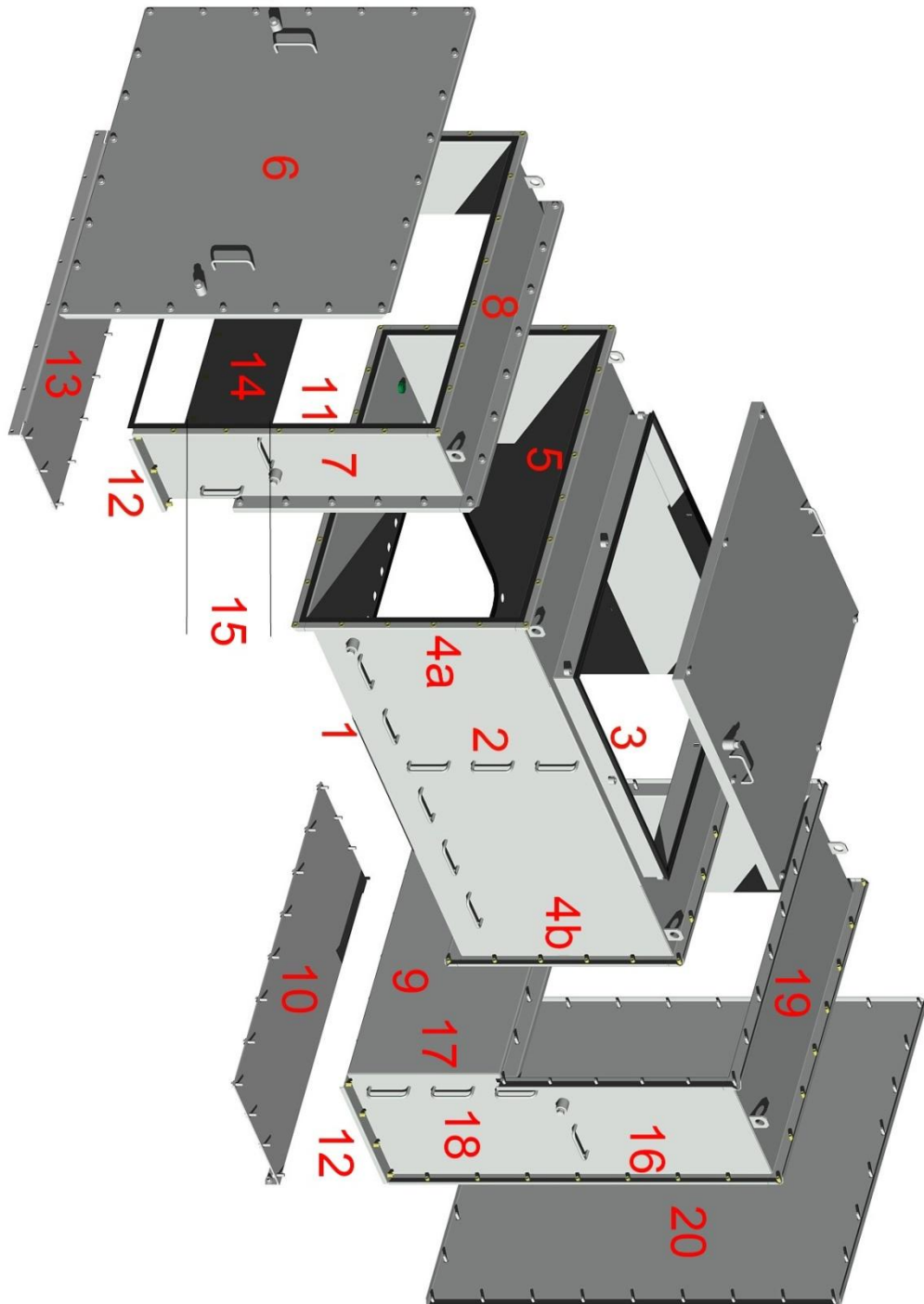
Jossa

KTpakorkyj	Yläjännitepuolen päätykappaleen korkeus [11]
T	Vakio, vaihtelee jännitteen mukaan
66	Vakio
KTpapit	Päätykappaleen sivun pituus [12]
KTpatakorkyj	Yläjännitepuolen päätykappaleen takaseinän korkeus [15]
KTpakylpayj	Yläjännitepuolen päätykappaleen kylkien pinta-ala [7]
KTpakatpayj	Yläjännitepuolen päätykappaleen katon pinta-ala [8]
KTpajyläppä	Yläjännitepuolen päätykappaleen läpivientilevyn pinta-ala [13]
KTpakapayj	Yläjännitepuolen päätykappaleen kannen pinta-ala [6]
KTpatakspayj	Yläjännitepuolen päätykappaleen takaseinän pinta-ala [14]
KTpakokpayj	Yläjännitepuolen päätykappaleen kokonaispinta-ala
KTpakorkaj	Alajännitepuolen päätykappaleen korkeus [16]
KTpatakorkaj	Alajännitepuolen päätykappaleen takaseinän korkeus [17]
KTpakylpaaj	Alajännitepuolen päätykappaleen kylkien pinta-ala [18]
KTpakatpaaj	Alajännitepuolen päätykappaleen katon pinta-ala [19]
KTpaajläppä	Alajännitepuolen päätykappaleen läpivientilevyn pinta-ala [10]
KTpakapaaj	Alajännitepuolen päätykappaleen kannen pinta-ala [20]
KTpatakspaaj	Alajännitepuolen päätykappaleen takaseinän pinta-ala [9]
KTpakokpaaj	Alajännitepuolen päätykappaleen kokonaispinta-ala

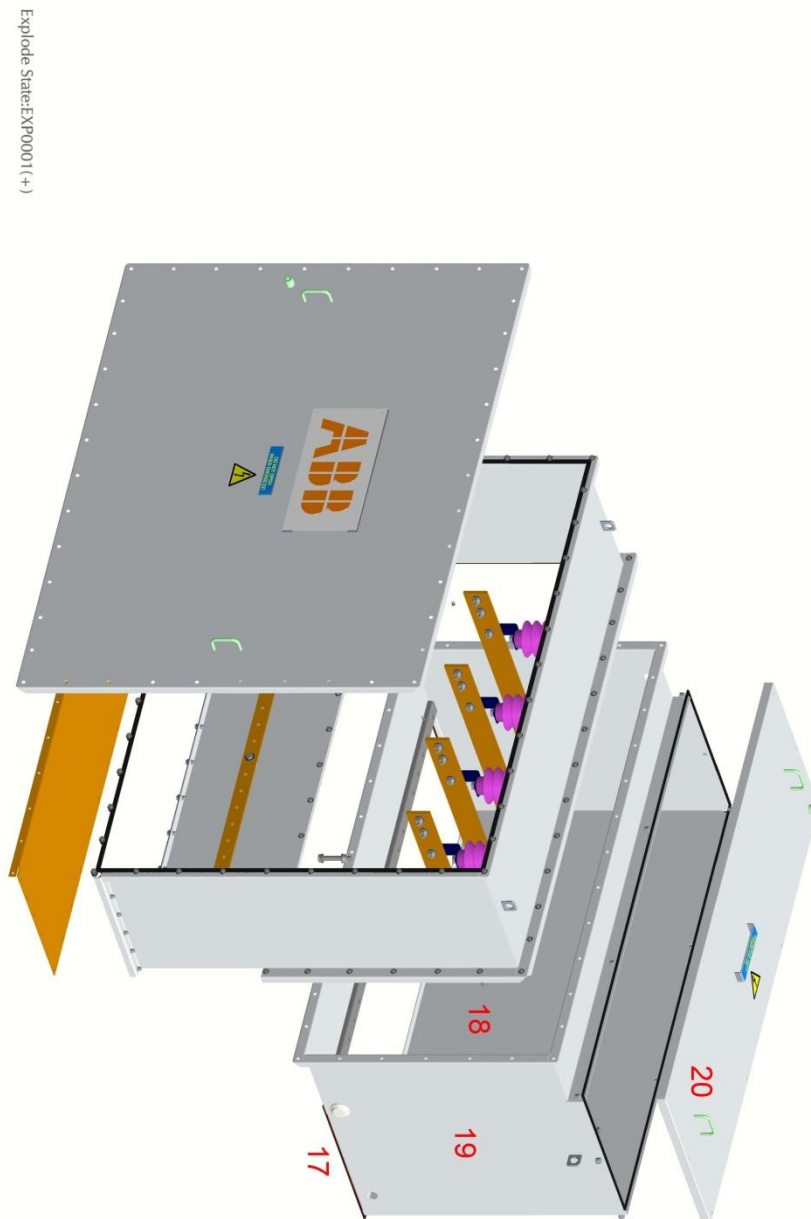
## **6.5 KT-pääty, ”kanootti”**

Kanoottipäätyä ei käytetä KT-radiaattorisäiliöisessä muuntajassa, siksi sille ei ole selvitetty kaavoja. Jos kanoottipäätyä käytetään, kyseessä on erikoistapaus ja suunnittelija tekee vaatimusten mukaisen kanoottipäädyn.

Kuvissa 10 ja 11 esitettyihin räjäytyskuviin on merkitty laskukaavoissa 32 - 69 käytettävät alaveto-päädyn, erilliskotelon ja välikotelon osat. Laskukaavojen selitteiden perässä hakasulkeissa olevat numerot viittaavat jälleen kuvissa 10 ja 11 oleviin numeroituihin osiin.



Kuva 13 Räjätyskuva KT, alasveto ja välikotelo



**Kuva 14 Räjätyskuva KT, alaspäin ja erilliskotelo**

## 7 VIRTAKISKOJEN KAAVAT

Virtakiskot muodostavat ison osan kaapelikotelon kustannuksista, tämän vuoksi on tärkeä saada tietoon kuinka paljon virtakiskot tulevat maksamaan. Virtakiskojen virtatiheys ei saa ylittää 1,8 ampeeria/mm<sup>2</sup>. Virtakiskojen leveys, paksuus ja lukumäärä suhteessa virtaan esitetään liitteessä 10. Virtakiskoja ei käytetä CT- tai KT-kanoottikaapelikoteloissa. Seuraavilla kaavoilla saadaan laskettua virtakiskojen pituudet CT- ja KT-muuntajille.

### 7.1 CT-alasveto + välikotelo

#### 7.1.1 Yläjännitepuoli

$$\text{läppäi} = \frac{SL \cdot 12 + 60 \text{mm}}{4} \quad (70)$$

$$\text{CTvirtipityj} = \left( \frac{\text{Papit}}{2} \right) + (M1 + 30 \text{mm} - \text{läppäi}) \quad (71)$$

Jossa

läppäi          Läpiviennin paikka

CTvirtipityj    Virtakiskon pituus yläjännitepuolella

#### 7.1.2 Alajännitepuoli

$$\text{CTvirtipitaj} = \left( \frac{\text{Papit}}{2} \right) + (M2 + 30 \text{mm} - \text{läppäi}) \quad (72)$$

Jossa

CTvirtipitaj    Virtakiskon pituus alajännitepuolella

### 7.2 CT-alasveto + erilliskotelo

$$\text{läppäier} = \frac{\text{Ekktsa}}{2} \quad (73)$$

$$\text{CTvirtipiter} = \left( \frac{\text{Papit}}{2} \right) + (\text{Ekkokp} - \text{läppäier}) \quad (74)$$

Jossa

läppäier Läpiviennin paikka

CTvirtpiter Virtakiskon pituus erilliskotelossa

### 7.3 KT-aaltolevy, alasveto + välikotelo

#### 7.3.1 Yläjännitepuoli

$$KTaläppai = \frac{SL*10+W}{4} \quad (75)$$

$$KTavirtpityj = \left(\frac{Papit}{2}\right) + (M1 + 30mm - KTaläppai) \quad (76)$$

Jossa

KTaläppai Läpiviennin paikka

KTavirtpityj Virtakiskon pituus yläjännitepuolella

#### 7.3.2 Alajännitepuoli

$$KTavirtpitaj = \left(\frac{Papit}{2}\right) + (M2 + 30mm - KTaläppai) \quad (77)$$

Jossa

KTaläppai Läpiviennin paikka

KTavirtpitaj Virtakiskon pituus yläjännitepuolella

### 7.4 KT-aaltolevy, alasveto + erilliskotelo

$$KTervirtpit = KTerpit - jänilvä + \left(\frac{KTpapit}{2}\right) \quad (78)$$

Jossa

KTervirtpit Virtakiskon pituus

## 7.5 KT-radiaattori, alasveto + välikotelo

### 7.5.1 Yläjännitepuoli

$$KTraläppai = \frac{SLsis}{4} \quad (79)$$

$$KTravirtpityj = \left( \frac{KTPapit}{2} \right) + \left( \frac{SLsis+300mm}{2} + 235mm \right) - KTraläppai \quad (80)$$

Jossa

KTraläppai                      Läpiviennin paikka

KTravirtpityj                      Virtakiskon pituus yläjännitepuolella

### 7.5.2 Alajännitepuoli

$$KTravirtpitaj = \left( \frac{KTPapit}{2} \right) + \left( \frac{SLsis+300mm}{2} + 235mm \right) - KTraläppai \quad (81)$$

KTravirtpityj                      Virtakiskon pituus alajännitepuolella

## 7.6 KT-radiaattori, alasveto + erilliskotelo

$$KTraervirtpit = KTerpit - jänilvä + \frac{KTPapit}{2} \quad (82)$$

Jossa

KTraervirtpit                      Virtakiskon pituus



## 7.7 Maadoituskiskot

CT ja KT muuntajissa maadoituskiskona käytetään 50 mm leveä ja 8 mm paksua tinattua kuparikiskoa. Maadoituskiskojen pituuden jälkeen lasketaan massa ja sen jälkeen maadoituskiskon hinta. Kiskojen pituudet lasketaan seuraavilla kaavoilla.

$$KTmaadpit = KTlevlop - 200mm \quad (83)$$

$$CTKTmaadpit = Vklel - 200mm \quad (84)$$

Jossa

KTmaadpit                      Maadoituskiskon pituus alasvedossa

CTKTmaadpit                 Maadoituskiskon pituus CT- ja KT-aaltolevy  
muuntajassa

## 7.8 Virtakiskojen pinta-ala ja massa

Virtakiskojen massa lasketaan virtakiskojen pinta-alan kautta. Virtakiskojen leveys ja vahvuus suhteessa virtaan esitetään liitteessä 10. Samaa kaavaa käytetään maadoituskiskon laskennassa.

$$Virtkiskpa = Virtkiskpit * Virtkisklev * läplkm \quad (85)$$

$$m = \rho * A * h \quad (86)$$

Jossa

Virtkiskpit    Tapauskohtaisen virtakiskon pituus

Virtkisklev    Tapauskohtaisen virtakiskon leveys

Virtkiskpa    Tapauskohtaisen virtakiskon pinta-ala

## 8 AURINKOSUOJAKAAVAT

Aurinkosuojalla tarkoitetaan muuntajan kaapelikotelon päälle asennettavaa suojalevyä. Aurinkosuojalla estetään suora auringonpaiste kaapelikoteloon ja siten kaapelikotelon lämpötilan kohoaminen. Aurinkosuojaa käytetään maissa, joissa aurinko paistaa kuumasti ympäri vuoden. Aurinkosuojan materiaalina käytetään terästä. Aurinkosuojan levyn vahvuus on 1,5 millimetriä. Aurinkosuojan koon laskemisessa käytetään kaapelikotelon kokonaismittoja, joihin lisätään 100 millimetriä, jotta aurinkosuoja olisi suurempi kuin itse kaapelikotelo. Aurinkosuojan pituus, leveys ja pinta-ala lasketaan kaavoilla 87 - 89. Aurinkosuojan massa lasketaan kaavalla 7, aurinkosuoja pintakäsitellään samalla vahvuudella kuin muuntaja.

$$\text{Aurlev} = \text{Kaaplev} + 100\text{mm} \quad (87)$$

$$\text{Aurpit} = \text{Kaapkokpit} + 100\text{mm} \quad (88)$$

$$\text{Aurkokpa} = \text{Aurlev} * \text{Aurpit} \quad (89)$$

Jossa

Aurlev      Aurinkosuojan leveys

Aurpit      Aurinkosuojan pituus

Aurkokpa    Aurinkosuojan kokonaispinta-ala

Kaaplev      Tapauskohtaisen kaapelikotelon leveys

Kaapkokpit   Tapauskohtaisen kaapelikotelon kokonaispituus

100          Vakio

**Esimerkki:** Välikaapelikotelon leveydeksi saadaan CT-muuntajassa 920 millimetriä. Välikaapelikotelon pituudeksi saadaan 1350 millimetriä. Alasveto-päätyjen pituus niin ylä- kuin alajännitepuolella on 300 millimetriä. Yhteispituudeksi näin tulee 1950 millimetriä. Aurinkosuojan pituus on tällöin 2050 millimetriä ja leveys 1020 millimetriä.

## 9 ERISTYSLEVYKAAVAT

Eristyslevyistä lasketaan kokonaispinta-ala, joka kerrotaan polykarbonaatin neliöhinnalla. Tästä saadaan eristyslevyjen kustannukset.

### 9.1 CT-alasveto + välikotelo

$$CTetyslevyj = M1 + 30\text{mm} + \left(\frac{Papit}{2}\right) \quad (90)$$

$$CTetyslevaj = M2 + 30\text{mm} + \left(\frac{Papit}{2}\right) \quad (91)$$

$$CTetyslevyjpa = CTetyslevyj * Vkkor \quad (92)$$

$$CTetyslevajpa = CTetyslevaj * Vkkor \quad (93)$$

$$CTetyslevpayj = CTetyslevyjpa * (\text{läplkm} + 1) \quad (94)$$

$$CTetyslevpaaj = CTetyslevajpa * (\text{läplkm} + 1) \quad (95)$$

$$CTetyslevkokpa = CTetyslevpayj + CTetyslevpaaj \quad (96)$$

Jossa

CTetyslevyj	Yläjännitepuolen eristyslevyn pituus
CTetyslevaj	Alajännitepuolen eristyslevyn pituus
CTetyslevyjpa	Yläjännitepuolen eristyslevyn pinta-ala
CTetyslevajpa	Alajännitepuolen eristyslevyn pinta-ala
CTetyslevpayj	Yläjännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala yläjännitepuolella
CTetyslevpaaj	Alajännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala yläjännitepuolella
CTetyslevkokpa	Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

## 9.2 CT-alasveto + erilliskotelo

$$CTetyseralpa = \left( (EKerkokp + \left( \frac{Papit}{2} \right)) * Vkkork \right) * (läplkm + 1) \quad (97)$$

Jossa

CTetyseralpa                      Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

## 9.3 CT-”kanootti” + välikotelo

$$CTetyslevyjka = M1 + 30mm \quad (98)$$

$$CTetyslevajka = M2 + 30mm \quad (99)$$

$$CTetyslevyjpaka = CTetyslevyjka * Vkkor \quad (100)$$

$$CTetyslevajpaka = CTetyslevajka * Vkkor \quad (101)$$

$$CTetyslevpayjka = CTetyslevyjpaka * (läplkm + 1) \quad (102)$$

$$CTetyslevpaajka = CTetyslevajpaka * (läplkm + 1) \quad (103)$$

$$CTetyslevkokpa = CTetyslevpayjka + CTetyslevpaajka \quad (104)$$

Jossa

CTetyslevyjka                      Yläjännitepuolen eristyslevyn pituus

CTetyslevajka                      Alajännitepuolen eristyslevyn pituus

CTetyslevyjpaka                      Yläjännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

CTetyslevajpaka                      Alajännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

CTetyslevpayjka                      Yläjännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala  
yläjännitepuolella

CTetyslevpaajka                      Alajännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala  
yläjännitepuolella

CTetyslevkokpaka                      Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

#### 9.4 CT-”kanootti” + erilliskotelo

$$CTetyserkapa = (EKerkokp * Vkkork) * (läplkm + 1) \quad (105)$$

Jossa

CTetyserkapa                      Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

#### 9.5 KT-aaltolevy, alasveto + välikotelo

$$KTetyslevyj = M1 + 30mm + \left(\frac{Papit}{2}\right) \quad (106)$$

$$KTetyslevaj = M2 + 30mm + \left(\frac{Papit}{2}\right) \quad (107)$$

$$KTetyslevyjpa = KTetyslevyj * Vkkor \quad (108)$$

$$KTetyslevajpa = KTetyslevaj * Vkkor \quad (109)$$

$$KTetyslevpayj = KTetyslevyjpa * (läplkm + 1) \quad (110)$$

$$KTetyslevpaaj = KTetyslevajpa * (läplkm + 1) \quad (111)$$

$$KTetyslevkokpa = KTetyslevpayj + KTetyslevpaaj \quad (112)$$

Jossa

KTetyslevyj                      Yläjännitepuolen eristyslevyn pituus

KTetyslevaj                      Alajännitepuolen eristyslevyn pituus

KTetyslevyjpa                    Yläjännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

KTetyslevajpa                    Alajännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

KTetyslevpayj                    Yläjännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala  
yläjännitepuolella

KTetyslevpaaj                    Alajännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala  
yläjännitepuolella

KTetyslevkokpa                    Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

## 9.6 KT-aaltolevy, alaveto + erilliskotelo

$$KTetyseralpa = \left( EKerkokp + \left( \frac{Papit}{2} \right) \right) * Vkkork \cdot (\text{läplkm} + 1) \quad (113)$$

Jossa

KTetyseralpa                      Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

## 9.7 KT-aaltolevy, ”kanootti” + välikotelo

$$KTetyslevyjka = M1 + 30\text{mm} \quad (114)$$

$$KTetyslevajka = M2 + 30\text{mm} \quad (115)$$

$$KTetyslevyjpaka = KTetyslevyjka * Vkkor \quad (116)$$

$$KTetyslevajpaka = KTetyslevajka * Vkkor \quad (117)$$

$$KTetyslevpayjka = KTetyslevyjpaka * (\text{läplkm} + 1) \quad (118)$$

$$KTetyslevpaajka = KTetyslevajpaka * (\text{läplkm} + 1) \quad (119)$$

$$KTetyslevkokpa = KTetyslevpayjka + KTetyslevpaajka \quad (120)$$

Jossa

KTetyslevyjka                      Yläjännitepuolen eristyslevyn pituus

KTetyslevajka                      Alajännitepuolen eristyslevyn pituus

KTetyslevyjpaka                      Yläjännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

KTetyslevajpaka                      Alajännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

KTetyslevpayjka                      Yläjännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala  
yläjännitepuolella

KTetyslevpaajka                      Alajännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala  
yläjännitepuolella

KTetyslevkokpaka                      Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

### 9.8 KT-aaltolevy, ”kanootti” + erilliskotelo

$$KTetyserkapa = (EKerkokp * Vkkork) * (läplkm + 1) \quad (121)$$

Jossa

KTetyserkapa                      Eristyslevyjen kokonaispinta-ala

### 9.9 KT-radiaattori, alasveto + välikotelo

$$KTraetyslevyj = \left( \frac{SLsis+300mm}{2} \right) + \left( \frac{KTpapit}{2} \right) + 235mm \quad (122)$$

$$KTraetyslevyjpa = KTraetyslevyj * KTkorkyj \quad (123)$$

$$KTraetyslevpayj = KTraetyslevyjpa * (läplkm + 1) \quad (124)$$

$$KTraetyslevaj = \left( \frac{SLsis+300mm}{2} \right) + \left( \frac{KTpapit}{2} \right) + 235mm \quad (125)$$

$$KTraetyslevajpa = KTraetyslevyj * KTkorkyj \quad (126)$$

$$KTraetyslevpaaj = KTraetyslevajpa * (läplkm + 1) \quad (127)$$

Jossa

KTraetyslevyj                      Yläjännitepuolen eristyslevyn pituus

Ktraetyslevyjpa                    Yläjännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

KTraetyslevpayj                    Yläjännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala

KTraetyslevaj                      Alajännitepuolen eristyslevyn pituus

Ktraetyslevajpa                    Alajännitepuolen eristyslevyn pinta-ala

KTraetyslevpaaj                    Alajännitepuolen eristyslevyjen kokonaispinta-ala

**9.10 KT-radiaattori, alaspöytä + erilliskotelo**

$$K_{\text{Traetyseralpa}} = \left( (K_{\text{Terpit}} + \left( \frac{K_{\text{Tpapit}}}{2} \right)) * K_{\text{Ter kork}} \right) * (\text{läplkm} + 1) \quad (128)$$

Jossa

$K_{\text{Traetyseralpa}}$

Eristyslevyjen kokonaispinta-ala



## 10 HANKINTAKUSTANNUKSET

Viimeinen vaihe kaapelikotelon kustannusten laskemisessa on kustannusten euromääräinen laskenta. Kustannuksiin lasketaan kulloisenkin tilanteen mukaan halutut asiat, esimerkiksi 300 µm pinnoitus, varusteiden asennus ja varusteet. Kaavoilla 129 - 138 lasketaan kaapelikotelon eri osien hinnat. Kaavaa 135 käytetään niin maadoituskiskojen kuin virtakiskojen hinnan laskemiseksi. Työn alussa esiteltiin kaapelikotelon eri komponentteja ja samassa yhteydessä kerrottiin kuinka monta kutakin komponenttia tulee kaapelikotelon eri variaatioihin. Erilaisten kaapelikoteloiden kokonaishintaan lasketaan niiden vaatimat komponentit, joten suoraa kaavaa on mahdotonta tehdä eri variaatioille.

$$\text{Maadkin} = \text{läplkm} + 1 * \text{CC1} \quad (129)$$

$$\text{Eristyslevyt} = \text{Eriskok} * \text{CC2} \quad (130)$$

$$\text{Tukieris} = \text{läplkm} * \text{DDx} \quad (131)$$

$$\text{Kondvesin} = \text{L} * \text{EE1} \quad (132)$$

$$\text{Lämmi} = \text{L} * \text{FF1} \quad (133)$$

$$\text{Ilmatulp} = 2 * \text{JJ1} \quad (134)$$

$$\text{Kiskot} = \text{Kiskkokm} * \text{KK1} \quad (135)$$

$$\text{Läpivientilev} = \text{läpilevm} * \text{LLx} \quad (136)$$

$$\text{Kotelonhint} = \text{Kaapkotm} * \text{Maalhint} \quad (137)$$

$$\text{Asenn} = \text{Kaapkotm2} * \text{Varhint} \quad (138)$$

Jossa

Maadkin                      Maadoituskiinnikkeiden hinta

Eristyslevyt                Eristyslevyjen hinta

Tukieris                      Tukieristimien hinta, x kuvaa numeroa, joka on annettu eri tukieristimille Excel taulukkoon

Kondvesin	Kondensiovesitulppien hinta
Lämmi	Lämmittimien hinta
Ilmatulp	Ilmanvaihtotulppien hinta
Kiskot	Kiskojen hinta
Kiskkokm	Kiskojen kokonaismassa
Läpivientilev	Läpivientilevyn hinta, x kuvaa numeroa, joka on annettu eri läpivientimateriaaleille.
läpilevm	Läpivientilevyn massa
Kotelonhint	Kaapelikotelon hinta maalattuna ja hitsattuna
Kaapkotm	Kaapelikotelon massa, joka sisältää koteloiden eri osat
Maalhint	Maalauksen hinta, vaihtelee eri vahvuuksilla
Asenn	Kaapelikotelon asennushinta
Kaapkotm2	Kokonaispaino sisältäen kaikkien komponenttien painon
Varhint	Alihankkijan asennuksista perimä hinta

## 11 LASKUESIMERKKI

Seuraavaksi esitetään esimerkkilasku, jolla kokeillaan kaavojen toimivuus. Esimerkissä lasketaan KT-radiaattorimuuntajan (projekti 431371 AJ1) kaapelikotelon paino, virtakiskojen paino, maadoituskiskojen paino, kaapelikotelon asennuspaino, läpivientilevyn paino ja muut tarvittavat tiedot. Kaapelikotelon hinnan laskeminen esitetään Excel taulukossa, joka on salainen.

### 11.1 Erilliskotelon mitat ja pinta-alan laskeminen

Tarvittavia tietoja muuntajasta laskennan suorittamiseksi:

$$U = U_m = 12\text{kV} (8,567\text{kV})$$

8,567kV on muuntajan jännite. 12kV on jänniteluokka, jonka mukaan muuntaja rakennetaan.

$$\text{Syöksyjännite} = 60\text{kV}$$

$$I = 1,320\text{kA}$$

Läpivientilevy messinkiä 5 mm

Kaapelikotelon materiaali 3 mm RST

Messingin tiheys  $8400 \text{ kg/m}^3$

RST -tiheys  $7900 \text{ kg/m}^3$

Mittojen ja pinta-alan laskenta:

$$K\text{Terpit} = 2 * 90\text{mm} + 120\text{mm} + 235\text{mm} = 0,535\text{m}$$

$$\text{läpuo} = \frac{90\text{mm} + 120\text{mm}}{2} = 0,105\text{m}$$

$$K\text{Tlev2} = \frac{(1 + 6 * 90\text{mm}) + (6 * 120\text{mm}) + 105\text{mm}}{160} = 9,09$$

9,09 pyöristetään 10: een.

$$K\text{Tlevlop} = 10 * 160 + 0,066\text{m} = 1,666\text{m}$$

$$K\text{Ter kork} = 0,530\text{m} + 0,130\text{m} + 0,060\text{m} = 0,720\text{m}$$

$$K\text{Ter kylpa} = 0,535 * 0,720 * 2 = 0,77\text{m}^2$$

$$K\text{Ter kppa} = 0,535\text{m} * 1,666\text{m} * 2 = 1,78\text{m}^2$$

$$K\text{Tertakpa} = 1,666\text{m} * 0,720\text{m} = 1,19\text{m}^2$$

$$K\text{Ter kokpa} = 0,77\text{m}^2 + 1,78\text{m}^2 + 1,19\text{m}^2 = 3,74\text{m}^2$$

## 11.2 Alasveto-päädyn mitat ja pinta-alan laskeminen

Seuraavassa on laskettu alasveto-mallisen päädyn mitat ja pinta-ala.

$$K\text{Tpakorkyj} = 0,720\text{m} + 0,484\text{m} - 0,066\text{m} = 1,138\text{m}$$

$$K\text{Tpatakorkyj} = 1,138\text{m} - 0,720\text{m} = 0,418\text{m}$$

$$K\text{Tpakylpayj} = 0,400\text{m} * 1,138\text{m} * 2 = 0,91\text{m}^2$$

$$K\text{Tpakatpayj} = 0,400\text{m} * 1,666\text{m} = 0,66\text{m}^2$$

$$K\text{Tpajyläppa} = 0,400\text{m} * 1,666\text{m} = 0,66\text{m}^2$$

$$K\text{Tpakapayj} = 1,138\text{m} * 1,666\text{m} = 1,89\text{m}^2$$

$$K\text{Tpatakspa} = 0,418\text{m} * 1,666\text{m} = 0,69\text{m}^2$$

$$K\text{Tpakokpayj} = 0,91\text{m}^2 + 0,66\text{m}^2 + 1,89\text{m}^2 + 0,69\text{m}^2 = 4,15\text{m}^2$$

Messingistä valmistetun läpivientilevyn painon laskeminen:

$$8400\text{kg/m}^3 * 0,66\text{m}^2 * 0,005\text{m} = 27,72\text{kg}$$

Laskettu paino on 29,3 % pienempi kuin todellinen paino, joka on 39,2 kilogrammaa. Suunnittelijan mitoilla laskettu paino läpivientilevylle on 35,7 kilogrammaa, joka poikkeaa todellisesta painosta 8,9 %. Se, että edellä laskettu paino jää pienemmäksi kuin todellinen paino johtuu siitä, että suunnittelija on tehnyt kaapelikoteloon muutoksia asiakkaan vaatimuksien mukaan.

Kaapelikotelon paino ennen kalustamista:

$$7900\text{kg/m}^3 * 3,74\text{m}^2 + 4,15\text{m}^2 * 0,003\text{m} = 186,28\text{kg}$$

Seuraavassa lasketaan alihankkijan mittaaman ja edellä esitetyillä kaavoilla lasketun massan prosentuaalinen ero. Massaan on lisätty 3 kilogrammaa kaapeliradoista ja nostokorvista.

$$1 - \left(\frac{189,28\text{kg}}{276\text{kg}}\right) = 0,314 = 31,4\%$$

Seuraavassa lasketaan alihankkijan mittaaman ja suunnittelijan mitoilla selvitetyn massan ero. Massaan on lisätty 3 kilogrammaa kaapeliradoista ja nostokorvista.

$$1 - \left(\frac{236,8\text{kg}}{276\text{kg}}\right) = 0,14,2 = 14,2\%$$

Kaavojen voidaan todeta toimivan, sillä suunnittelijan mitoilla laskettu paino jää vain 14,3 % pienemmäksi kuin todellinen paino. Edellä esitetyillä kaavoilla lasketun painon poikkeaminen 31,4 % todellisesta painosta selittyy sillä, että suunnittelija on muokannut kaapelikoteloa vastaamaan asiakkaan vaatimuksia. Edellä esitetyillä kaavoilla saadaan laskettua vähimmäispaino kaapelikotelolle.

### 11.3 Kiskojen mitat ja paino

Seuraavaksi lasketaan virtakiskojen mitat ja paino. Laskemisessa on käytetty tässä työssä luotujen kaavojen avulla laskettuja arvoja. Virtakiskon leveys on 0,080m ja paksuus 0,010 m. Seuraavassa lasketaan kuuden virtakiskon yhteispaino. Maadoituskiskon leveys on 0,050 m ja paksuus 0,008 m.

Virtakisko:

$$K\text{Traervirtpit} = 0,535\text{m} - 0,060\text{m} + \frac{0,400}{2} = 0,675\text{m}$$

$$\text{Virtkiskpa} = 0,675\text{m} * 0,080\text{m} * 6 = 0,324\text{m}^2$$

$$m = 8930\text{kg}/\text{m}^3 * 0,324\text{m}^2 * 0,010\text{m} = 28,93\text{kg}$$

Tässä laskettu virtakiskojen yhteispaino on 54,9 % pienempi kuin todellinen paino, joka on 64,2 kilogrammaa. Tämä johtuu siitä, että todellisen painon antavissa virtakiskoissa on käytetty leveämpää kiskoa kuin edellä lasketussa esimerkissä. Virran mukaan kyseisen kiskon leveydeksi riittäisi esimerkissä käytetty 0,080 m, mutta suunnittelija on muuttanut tässä tapauksessa virtakiskon

leveydeksi 0,120 m. Suunnittelijan mitoilla laskettu paino on 1,4 % suurempi kuin todellinen paino.

Maadoituskisko:

$$KTmaadpit = 1,666m - 0,200m = 1,466m$$

$$Virtkiskpa = 1,466m * 0,050m = 0,0733m^2$$

$$m = 8930kg/m^3 * 0,0733m^2 * 0,008m = 5,23kg$$

Tässä laskettu maadoituskiskon paino on 34,1 % suurempi kuin todellinen paino, joka on 3,90 kilogrammaa. Ero johtuu maadoituskiskoon poratuista rei'istä, jotka laskevat kiskon painoa. Eroon vaikuttaa myös se, että kaapelikotelon laskettu leveys on hieman suurempi kuin kotelon todellinen leveys. Suunnittelijan mitoilla laskettu paino on 12,3 % suurempi kuin todellinen paino. Tähän vaikuttaa kaapelikotelon leveyden määrittäminen.

## **12 LASKENTATULOSTEN ANALYSOINTI**

Tässä työssä rakennettujen kaavojen toimivuus on tarkistettu laskemalla yhden sattumanvaraisesti valitun CT-muuntajan kaapelikotelon sekä sattumanvaraisesti valitun KT-radiaattorimuuntajan kolmen erikokoisen kaapelikotelon euromääräiset hinnat. Kaavojen toimivuutta on tarkastettu myös laskemalla erikokoisten kaapelikoteloiden painoja. Tässä ei kuitenkaan analysoida näitä painoja vaan painopiste on hintojen analysoinnissa. Euromääräiset hinnat ovat salaisia, joten niitä ei tulla mainitsemaan. Analysoinnissa keskitytään tarkastelemaan työssä kehitettyjen kaavojen avulla laskettujen hintojen, sekä suunnittelijan käyttämien mittojen perusteella laskettujen hintojen vastaavuutta alihankkijan veloittamiin hintoihin.

### **12.1 CT-muuntaja, projekti 415542**

CT-muuntajan kaapelikotelon hinnan laskemisessa tämän työn kaavojen avulla laskettu hinta muodostui 19,5 % pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Suunnittelijan käyttämällä tiedoilla laskettu hinta puolestaan muodostui 10,5 % pienemmäksi kuin veloitettu hinta. Ero näiden prosenttien välillä johtuu pääasiassa siitä, että suunnittelija on virrasta johtuen joutunut valitsemaan järeämmän läpiviennin muuntajaan ja tästä johtuen kaapelikotelon korkeus on suurempi kuin laskelmissa käytetty korkeus. Se, että sekä tämän työn kaavojen avulla että suunnittelijan tiedoilla laskettu hinta on pienempi kuin veloitettu hinta johtuu pääasiassa siitä, että hinnan laskemisessa ei ole voitu huomioida kaapelitukia eikä tukilevyä. Myöskään asennuspainon määrittämisessä ei ole huomioitu muttereista aiheutuvaa painoa, sillä sen selvittäminen on hyvin työlästä.

### **12.2 KT-muuntaja, projekti 431371**

Projektin 431371-muuntajassa on kolme kaapelikotelo; kaksi alajännitepuolella (AJ1 ja AJ2) sekä yksi yläjännitepuolella (YJ).

### **12.2.1 AJ1**

AJ1-kaapelikotelon hinnan laskemisessa tämän työn kaavojen avulla laskettu hinta muodostui 38,9 % pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Suunnittelijan tiedoilla laskettu hinta puolestaan muodostui 16,1 % pienemmäksi kuin veloitettu hinta. Ero tämän työn kaavojen avulla ja suunnittelijan tiedoilla saadun tuloksen välillä johtuu siitä, että suunnittelija on muokannut kaapelikoteloa. Kotelon mittoja on kasvatettu ja virtakiskot ovat suuremmat kuin virran perusteella vaadittaisiin. Suunnittelija on myös lisännyt tukieristimien määrää. Yleensä tukieristimiä on yksi kutakin läpivientä kohden, mutta tässä tapauksessa suunnittelija on kaksinkertaistanut eristimien määrän.

Sekä tässä työssä luoduilla kaavoilla että suunnittelijan käyttämällä tiedoilla laskettu hinta muodostui pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Tämä johtuu siitä, että kiskonkannattimia, puristinta ja tukieristinten kannattimia ei ole huomioitu materiaalikustannuksissa, koska niiden vaikutus kokonaishintaan on pieni. Myöskään asennuspainon määrittämisessä ei ole huomioitu muttereiden painoa. Kyseessä olevassa kaapelikotelossa on käytetty erikoistiivisteitä, joita ei myöskään ole laskuissa huomioitu, koska niiden käyttö on tapauskohtaista.

### **12.2.2 AJ2**

AJ2-kaapelikotelon hinnan laskemisessa tämän työn kaavojen avulla laskettu hinta muodostui 53,5 % pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Suunnittelijan tiedoilla laskettu hinta muodostui 26,4 % pienemmäksi kuin veloitettu hinta. Ero tämän työn kaavojen avulla ja suunnittelijan tiedoilla saadun tuloksen välillä johtuu siitä, että suunnittelija on suurentanut kaapelikoteloa.

Sekä tässä työssä luoduilla kaavoilla että suunnittelijan käyttämällä tiedoilla laskettu hinta muodostui pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Syyt tähän ovat samat kuin AJ1-kaapelikotelon tapauksessa.

### **12.2.3 YJ**

YJ-kaapelikotelon hinnan laskemisessa tämän työn kaavojen avulla laskettu hinta muodostui 17,5 % pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Suunnittelijan



tiedoilla laskettu hinta muodostui myös 20,7 % pienemmäksi kuin veloitettu hinta. Ero tämän työn kaavojen avulla ja suunnittelijan tiedoilla saadun tuloksen välillä johtuu siitä, että suunnittelija on valinnut kaapelikoteloon kapeammat ja ohuemat virtakiskot kuin liitteessä 10 olevassa taulukossa on määritetty.

Sekä tässä työssä luoduilla kaavoilla että suunnittelijan käyttämällä tiedoilla laskettu hinta muodostui pienemmäksi kuin alihankkijan veloittama hinta. Tämä johtuu siitä, että laskelmissa ei ole huomioitu tukieristinten kannatinta, puristinta, erikoistiivisteitä eikä muttereita.

## 13 YHTEENVETO

Tässä lopputyössä tutkittiin kaapelikoteloiden hinnan määräytymistä. Tarkoituksena oli luoda runko ABB Oy:n muuntajat -yksikön tarjouslaskentaan kaapelikoteloiden ostohinnan määrittämiseksi. Kaapelikoteloiden kustannusten tarkka selvittäminen paljastui hyvin haastavaksi tehtäväksi. Työssä saatiin kuitenkin luotua toimivat peruskoteloiden laskentakaavat, joita voidaan vielä tarpeen mukaan kehittää.

Tämän työn laskukaavojen avulla voidaan määrittää kaapelikotelon suurpiirteiset hankintakustannukset riittävällä tarkkuudella tarjouslaskentaa varten. Tarkkojen tulosten saavuttaminen on vaikeaa, koska suunnittelijat muuntelevat kaapelikoteloita usein asiakkaan tarpeiden mukaisiksi. Nämä muunnokset ovat aina tapauskohtaisia, ja juuri siksi tämän työn tarkoituksena olikin luoda pelkkä runko kustannusten selvittämiseksi. Esimerkkilaskujen ja hintojen vertailun perusteella voidaan todeta, että runko on toimiva. Kaapelikoteloiden mittojen selvittämiseksi luotujen laskukaavojen luotettavuus on myös tarkistettu vertaamalla saatuja tuloksia kaapelikoteloiden suunnittelussa käytettävän tietokoneohjelman antamiin tuloksiin.

## LÄHTEET

/1/ ABB:n intrasta löytyvät PowerPoint-esitykset.

/2/ ABB Oyj. Kaapelitarvikkeet 1-36kV [viitattu 03.05.2010]. Saatavilla [www-muodossa](#):

<URL:[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/9BD1B21FCD17143C2256E1B0038E067/\\$File/1SCC320002C1801.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/9BD1B21FCD17143C2256E1B0038E067/$File/1SCC320002C1801.pdf)>.

/3/ ABB Oyj. Muuntajatekniikan perusteet, opintomoniste. ABB:n intrasta löytyvä pdf-tiedosto.

/4/ ABB Oyj. NT cast resin post insulators and busbar clamps [viitattu 03.05.2010]. Saatavilla [www-muodossa](#):

<URL:[http://library.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/f322285d370e06d8c125755400293aa9/\\$File/nt1gb.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/f322285d370e06d8c125755400293aa9/$File/nt1gb.pdf)>.

/5/ ABB Oyj. Strömberg-Asea-BBC -yhteistyön juuret [viitattu 13.6.2010]. Saatavilla [www-muodossa](#):

<URL:<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/49ec18cae8cea8b1c12575bc002a085e.aspx>>.

/6/ Heatterm Oy. PTC-Heaters [viitattu 03.05.2010]. Saatavilla [www-muodossa](#):

<URL:[http://www.heatterm.fi/ptc\\_heaters.htm](http://www.heatterm.fi/ptc_heaters.htm)>.

/7/ STAHL. Breathing glands [viitattu 03.05.2010]. Saatavilla [www-muodossa](#):

<URL:[http://www.r-stahl.com/products-and-systems/inst-material-and-accessories/breathing-glands.html?tx\\_cronstahlproducts\\_pi\[view\]=product&tx\\_cronstahlproducts\\_pi\[product\\_id\]=2617&cHash=db2427d22a](http://www.r-stahl.com/products-and-systems/inst-material-and-accessories/breathing-glands.html?tx_cronstahlproducts_pi[view]=product&tx_cronstahlproducts_pi[product_id]=2617&cHash=db2427d22a)>.

/8/ Strömberg Parkin Toimihenkilöt 20-vuotistoimintakertomus [viitattu 16.03.2010]. Saatavilla [www-muodossa](#):

<URL:<http://www.toimihenkilounioni.fi/yhdistykset/web/easypagepro/files/640/20vuotta.pdf>>.

## LIIKTEET

### LIITE 1

Välikotelon leveys V <sub>klev</sub>			Välikotelon leveys V <sub>klev</sub>		
U/kV/Um	mm	Säiliölaji	U/kV/Um	mm	Säiliölaji
12	680	25	24	680	25
12	680	26	24	680	26
12	680	27	24	680	27
12	680	28	24	680	28
12	680	29	24	680	29
12	680	30	24	680	30
12	680	31	24	680	31
12	680	32	24	680	32
12	680	33	24	680	33
12	680	34	24	680	34
12	680	35	24	680	35
12	680	36	24	680	36
12	920	37	24	920	37
12	920	38	24	920	38
12	920	39	24	920	39
12	920	40	24	920	40
12	920	41	24	920	41
12	920	42	24	920	42
12	920	43	24	920	43
12	920	44	24	920	44
12	920	45	24	920	45
12	920	46	24	920	46
12	920	47	24	920	47
12	920	48	24	920	48
12	920	49	24	920	49
12	920	50	24	920	50
12	920	51	24	920	51
12	920	52	24	920	52
12	920	53	24	920	53
12	920	54	24	920	54
12	920	55	24	920	55
12	920	56	24	920	56
12	920	57	24	920	57
12	920	58	24	920	58
12	920	59	24	920	59
12	920	60	24	920	60

## LIITE 2

Välikotelon leveys V <sub>klev</sub>			Välikotelon korkeus V <sub>kkor</sub>	
U/kV/Um	mm	Säiliölaji	U/kV/Um	mm
36	920	25	12	386
36	920	26	24	580
36	920	27	36	810
36	920	28		
36	920	29		
36	920	30		
36	920	31		
36	920	32		
36	920	33		
36	920	34		
36	920	35		
36	920	36		
36	1160	37		
36	1160	38		
36	1160	39		
36	1160	40		
36	1160	41		
36	1160	42		
36	1160	43		
36	1160	44		
36	1160	45		
36	1160	46		
36	1160	47		
36	1160	48		
36	1160	49		
36	1160	50		
36	1160	51		
36	1160	52		
36	1160	53		
36	1160	54		
36	1160	55		
36	1160	56		
36	1160	57		
36	1160	58		
36	1160	59		
36	1160	60		

## LIITE 3

Erilliskotelon pohjan aukon pituus Eklrp			Erilliskotelon pohjan aukon pituus Eklrp		
U/kV/Um	mm	Säiliölaji	U/kV/Um	mm	Säiliölaji
12	221	29	24	221	29
12	221	30	24	221	30
12	221	31	24	221	31
12	221	32	24	221	32
12	221	33	24	221	33
12	221	34	24	221	34
12	221	35	24	221	35
12	221	36	24	221	36
12	291	37	24	291	37
12	291	38	24	291	38
12	291	39	24	291	39
12	291	40	24	291	40
12	291	41	24	291	41
12	291	42	24	291	42
12	291	43	24	291	43
12	291	44	24	291	44
12	291	45	24	291	45
12	291	46	24	291	46
12	291	47	24	296	47
12	291	48	24	296	48
12	291	49	24	296	49
12	291	50	24	296	50
12	291	51	24	296	51
12	291	52	24	296	52
12	291	53	24	296	53
12	291	54	24	296	54
12	291	55	24	296	55
12	291	56	24	296	56
12	291	57	24	296	57
12	291	58	24	296	58
12	291	59	24	296	59
12	291	60	24	296	60

## LIITE 4

## Erilliskotelon pohjan aukon pituus Eklrp

U/kV/Um	mm	Säiliölaji
36	331	41
36	331	42
36	331	43
36	331	44
36	331	45
36	331	46
36	331	47
36	331	48
36	426	49
36	426	50
36	426	51
36	426	52
36	426	53
36	426	54
36	426	55
36	426	56
36	426	57
36	426	58
36	426	59
36	426	60

## Aaltojen syvyydet, A1, A2

mm  
40  
60  
80  
100  
120  
160  
180  
200  
250  
300  
350  
400

## LIITE 5

## Päätykappale alasveto Pakork

U/kV/Um	mm
12	812
24	1045
36	1320

## Päätykappale alasveto Papit

U/kV/Um	mm
12	300
24	400
36	510

## Päätykappale ”kanootti” Pkpit

U/kV/Um	mm
12	292
24	357
36	489

## Päätykappale ”kanootti” Pkp1

U/kV/Um	mm
12	110
24	136
36	193

## Päätykappale ”kanootti” Vkkor

U/kV/Um	mm
12	386
24	584
36	814

Vahrim	1,5 mm
Kulpak	5 mm
Kulpp	30 mm
Pktai	165 mm



## LIITE 6

Materiaalien tiheys kg/m<sup>3</sup>

Alumiini	2690
Kupari	8930
Messinki	8400
Teräs	7850
RST teräs	7900

## KT- aaltolevysäiliö

Säiliö- laji	Leveys mm	W
30	370	70
32	390	70
34	410	70
36	430	70
38	450	70
40	470	70
42	490	70
44	510	70
46	530	70
48	550	70
50	570	70
52	590	70
54	610	70
56	630	70
58	650	70
60	670	70
62	690	70
64	710	70
66	790	130
68	810	130
70	830	130
72	850	130
74	870	130

## LIITE 7

**IEC 60076-3, Taulukko 5**

Suosittelavat vapaat vähimmäisilmavälit läpivientien jännitteisistä osista maahan, toisen vaiheen läpivientiin, tähtipisteläpivientiin ja alempijännitteisen käämin läpivientiin suurmuuntajissa, joiden korkein käyttöjännite on  $U_m < \text{tai} = 170 \text{ kV}$ . Tämä sarja I perustuu Eurooppalaiseen käytäntöön

Suurin käämin käyttöjännite $U_m$ kV r.m.s.	Nimellinen syöksyjännite kV huippu	Vähimmäisväli mm
3,6	20	
7,2	40	60
12	60	90
17,5	75	110
24	95	170
36	125	210
52	145	275
72,5	170	280
100	250	450
123	325	630
145	450	830
170	550	900 *
	650	1250
	750	1450

\* Me käytämme tämän sijasta arvoa 1050 mm.

## LIITE 8

Läpiviennit	Pituus, a, kannelta kiskoliittimen päähän			Halkaisija, läphalk
	U/kV/Um	A	mm	mm
	12	250	310	50
	24	250	385	50
	36	250	485	50
	12	630	342	60
	24	630	417	60
	36	630	522	60
	12	1000	455	100
	24	1000	530	100
	36	1000	635	100
	52	1000	725	183
	12	2000	530	120
	24	2000	605	120
	36	2000	710	120
	52	2000	800	183
	12	3150	560	120
	24	3150	635	120
	36	3150	740	120
	52	3150	836	250

Tyyppi	Tukieristimet ulosasennettavat		
	U/kV/Um	pituus,mm	Paino,kg
NTWA 12 A 16	12	130	1,6
NTWA 24 A 16	24	225	3,8
NTWA 36 B 4	36	310	2,5

## LITE 9

KTN  
LDT

KTI  
LDT+

säiliölaji	leveys	säiliölaji	leveys
58	710	74	1030
62	750	78	1070
66	790	82	1110
70	830	86	1150
74	870	90	1190
78	910	94	1230
82	950	98	1270
86	990	102	1310
90	1030	106	1350
94	1070	110	1390
98	1110	114	1430
102	1150	118	1470
106	1190	122	1510
110	1230	126	1550
114	1270	130	1590
118	1310	134	1630
122	1350	138	1670
126	1390	142	1710
130	1430	146	1750
134	1470	150	1790
138	1510		
142	1550		
146	1590		
150	1630		

## LIITE 10

KTpapit		T	
U/kV/Um	mm	U/kV/Um	mm
12	400	12	484
24	500	24	524
36	610	36	574
52	700	52	664

## Virtakiskojen määräytyminen

Virta	Leveys	Paksuus	Määrä
I/A	mm	mm	kpl
0 - 999	60	10	1
1000 - 1399	80	10	1
1400 - 1799	100	10	1
1800 - 2499	100	15	1
2500 - 2799	100	10	2
2800 - 3800	100	15	2