



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Veli-Matti Hahto

# STANDARDIASENNUSKUVAT SÄHKÖASEMAPROJEKTEISSA

Tekniikka ja liikenne  
2012

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö tehtiin ABB:n sähkövoimateknologia-divisioonaan kuuluvan sähköasemat-yksikön toimeksiantona. Työn ohjaajana toimi Vaasan Ammattikorkeakoulusta lehtori Hannu Hyvärinen ja ABB Oy sähköasemat-yksiköstä primäärisuunnittelun esimies Juha-Matti Huhtanen. Haluan kiittää valvojiani ja sähköasemat-yksikön primäärisuunnittelu ryhmää, sekä muita työssä mukana olleita.

Vaasassa 30.4.2012

Teemu Hahto

## VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

**TIIVISTELMÄ**

Tekijä	Teemu Hahto
Opinnäytetyön nimi	Standardiasennuskuvat sähköasemaprojekteissa
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	25 + 3 liitettä
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

---

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena oli standardiasennuskuvien mallintaminen sähköasemaprojektien vakioratkaisuille.

Työn tarkoituksena oli mallintaa kotimaan sähköasemaprojekteissa käytettäville vakioratkaisuille standardiasennuskuvia 3D muodossa. Standardiasennuskuville laadittiin myös materiaalilistat, jotka sisältävät kuhunkin asennukseen tarvittavat asennusmateriaalit.

Lopputuloksena saatiin valmiita standardoituja asennuskuvia vakio ratkaisuille, joita voidaan käyttää asennus dokumentaationa kotimaan sähköasemaprojekteissa.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Teemu Hahto
Title	Standard Installation Drawings in Substation Projects
Year	2012
Language	Finnish
Pages	25 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

---

This thesis was made to ABB Oy. The subject of this thesis was the modeling of standard installation drawings for standard solutions in substation projects.

The standard installation drawings were modeled in 3D format for standard solutions used in the domestic substation projects. For each installation drawing material list were also made, which contains all materials required for the installation.

As a result, there are now finished standardized installation drawings for standard solutions, which can be used as installation documentation in domestic substation projects.

---

Keywords 3D-modeling, substation, standard, installation drawing

**KÄSITELUETTELO**

ABB	Asea Brown Boveri
kV	Kilovoltti, jännitteen yksikkö
pääkaavio	Yksinapainen esitystapa virtapiiristä
cupal-levy	CU/AL kaksoismetallilevy
MicroStation	Bentley System Inc. – yhtiön CAD-ohjelmisto

## SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	2
TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT .....	4
KÄSITELUETTELO.....	5
1 JOHDANTO .....	8
2 YRITYSESITTELY .....	9
2.1 ABB Oy .....	9
2.2 ABB Oy, Sähkövoimajärjestelmät.....	9
2.3 Sähköasemat-yksikkö .....	9
3 SÄHKÖASEMAT JA SÄHKÖNJAKELU .....	11
3.1 Sähköasema .....	11
3.2 Sähkönjakeluverkko .....	12
4 SÄHKÖASEMAN PRIMÄÄRISUUNNITTELU .....	13
4.1 Suunnittelu yleisesti .....	13
4.2 Suunnittelun eri vaiheet.....	13
4.3 Primäärisuunnittelu .....	14
5 ASENNUSPIIRUSTUKSET .....	15
5.1 Asennuspiirustukset yleisesti.....	15
5.2 Asennuspiirustusten vaatimukset.....	15
5.2.1 Maadoitusperiaate.....	16
5.2.2 Kojoiden asennus .....	18
5.2.3 Virtaliitos.....	18
5.2.4 Ohjainkaapelien reitit ja suojaukset.....	19
5.2.5 Asennustavaralista .....	19
6 STANDARDIASENNUSKUVAT .....	20
6.1 Mallinnus .....	20
6.2 Detaljit .....	21
6.3 Materiaalilista .....	21
7 YHTEENVETO .....	23

7.1 Tulosten tarkastelu .....	23
7.2 Mahdollisia kehitystarpeita.....	23
LÄHDELUETTELO.....	24
LIITELUETTELO .....	25

## 1 JOHDANTO

Tällä hetkellä sähköasemaprojekteissa käytettävistä asennuspiirustuksissa ei ole olemassa vakioituja standardiasennuspiirustuksia. Yleisesti voidaan sanoa, että asennuskuvat piirretään uusiksi joka projektiin. Tämä on työlästä ja usein myös turhaa, sillä sähköasemaprojekteissa asennusratkaisut noudattavat valmiiksi laadittuja peruseriaatteita, jotka ovat pääosin standardoitavissa, projektikohtaisia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on mallintaa kotimaan sähköasemaprojekteissa käytettäviä asennuskuvia 3D-muotoon. Pää tarkoitus on mallintaa vakioituja standardiasennuskuvia vakio ratkaisuille, jotka sisältävät myös valmiit asennustavaralistat.



## **2 YRITYSESITTELY**

### **2.1 ABB Oy**

ABB:n historia alkaa vuodesta 1988, jolloin Ruotsalaisen Asean ja Sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnat sulautettiin yhteen. Nykyään ABB Oy on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. Yhtiön ydinliiketoimintoja ovat sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, pienjännitetuotteet ja prosessiautomaatio. ABB:n palveluksessa työskentelee yli 117 000 henkilöä noin 100 eri maassa.

Suomessa ABB:n sähköteknologiaosaamisen juuret ulottuvat 1800 luvun loppuun, jolloin Strömberg Ab perustettiin. Nykyään ABB työllistää Suomessa n.7000 henkilöä lähes 40 eri paikkakunnalla, joista suurimpia ovat Helsinki ja Vaasa. Suomen ABB:n liikevaihto oli vuonna 2010 2,2 miljardia euroa. /1/

### **2.2 ABB Oy, Sähkövoimajärjestelmät**

Sähkövoimajärjestelmät tarjoavat voimansiirtoon ja sähkönjakeluun liittyviä turnkey-järjestelmiä ja palveluja avaimet käteen -periaatteella. Sähköasemat ja sähköasema-automaatio ovat sähkövoimajärjestelmät-divisioonan ydinosamisaluetta. Divisioonan muut liiketoimintayksiköt tarjoavat voimalaitos- ja verkostoautomaatiota sekä voiman tuotannon instrumentointi-, valvonta- ja sähköistysratkaisuja. /1/

### **2.3 Sähköasemat-yksikkö**

Tämä opinnäytetyö tehdään Vaasassa toimivalle ABB Oy sähköasemat-yksikölle, joka toimittaa sähköasemia maailmanlaajuisesti osatoimituksina tai kaiken kattavalla avaimet käteen -periaatteella. Avaimet käteen -periaatteella toimitettavaan sähköasemaprojektiin kuuluu kaikki rakentamiseen tarvittavat laitteet, tarvikkeet

ja materiaalit mitä sähköaseman rakentamiseen tarvitaan. Toimitukset sisältävät myös työn aina suunnittelutyöstä valmiin sähköaseman käyttökoulutukseen asti.

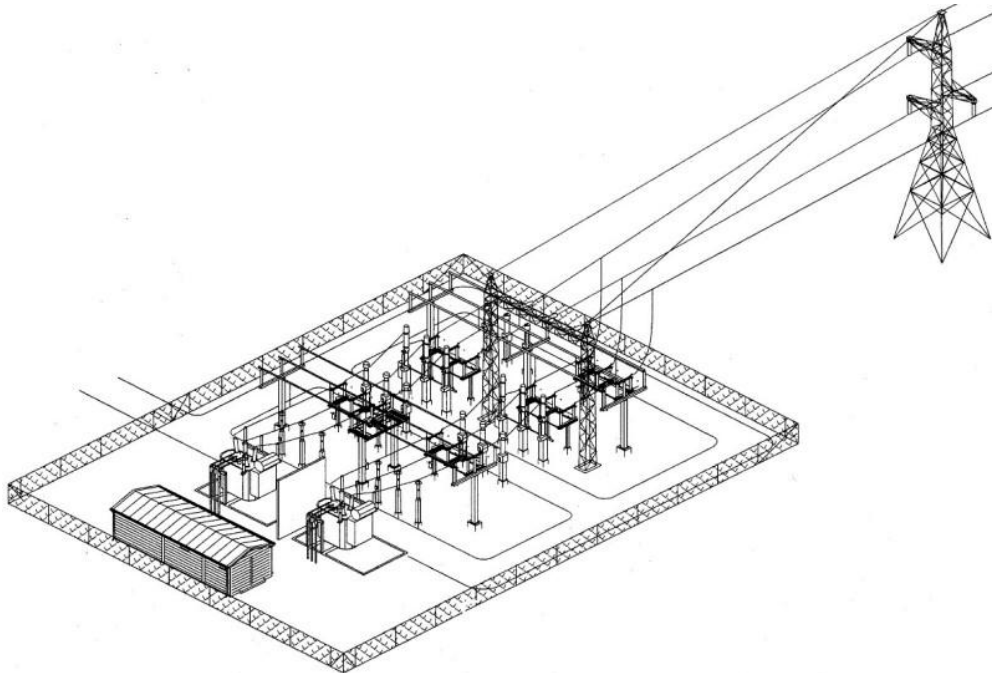
## 3 SÄHKÖASEMAT JA SÄHKÖNJAKELU

### 3.1 Sähköasema

Sähköasemia voidaan pitää sähköverkon solmukohtina. Sähköasemat sijoittuvat sähkönsiirto- ja jakeluverkon yhtymäkohtiin yhdistämään eri sähkönsiirtoverkkoja ja jännitetasoja. Sähköasemaa kutsutaan yksityiskohtaisemmin myös kytkinlaitokseksi tai muunto-asemaksi. Kytkeinlaitoksessa yhdistetään vain saman jännitetason johtimia, kun taas muunto-asemalla pystytään muuntamaan jännitettä kahden eri jännitetason yhdistämiseksi.

Sähköasemat voidaan luokitella kolmeen eri päätyyppiin.

- Keskusasemat eli 420/123 kV muuntoasemat
- Solmupisteasemat, joita ovat lähinnä teollisuuden ja kaupunkien suuret muuntoasemat
- Syöttöasemat, jotka enintään kahden muuntajan pieninä muuntoasemina syöttävät keskijänniteverkkoa /2/, /3/



Kuva 1. Kahden muuntajan ulkokytkeinlaitos johdon päässä. /3/

### 3.2 Sähkönjakeluverkko

Sähköenergia jaetaan kuluttajille sähkönjakeluverkkojen avulla. Sähkönjakeluverkot jaetaan Suomessa kolmeen eri tyyppiin.

- Suurjänniteverkko, jännite 110–400 kV
- Keskijänniteverkko, jännite 20 kV
- Pienjänniteverkko, jännite 0,4 kV

Suurjänniteverkko on sähkönsiirron runkoverkko, joka kytkeytyy voimalaitoksiin ja naapurivaltioiden sähköverkkoihin taaten sähköenergian perustarjonnan. Runkoverkon tehtävänä näin ollen onkin sähköenergian siirto pitkillä etäisyyksillä asutuskeskusten sähköasemille, sekä raskaan teollisuuden tarpeisiin.

Keskijänniteverkko siirtää kantaverkosta sähköaseman avulla muunnetun sähköenergian suoraan teollisuudelle, tai lähemmäs sähkönkäyttöpaikkoja sijoitetuille jakelumuuntamoille.

Kaupungissa jakelumuuntamot sijaitsevat vain satojen metrien päässä loppukuluttajasta, taajaman ulkopuolella välimatkan kasvaessa muutamaan kilometriin. Jakelumuuntajien avulla keskijänniteverkon jännite muunnetaan pienjänniteverkkoon. Pienjänniteverkon tehtävänä on kuljettaa sähköenergia pienkuluttajille, kuten esimerkiksi kotitalouksille.

## 4 SÄHKÖASEMAN PRIMÄÄRISUUNNITTELU

### 4.1 Suunnittelu yleisesti

Sähköasemat-yksikössä suunnittelutyö on jaettu karkeasti kahteen osa-alueeseen: ensiö- ja toisiosuunnitteluun. Ensiösuunnittelu vastaa sähkö- ja rakenneteknisestä suunnittelusta kuten mm. rakenteiden ja rakennusten sijoituksesta ja mitoituksista, laitteiden tukirakenteista ja perustuksista, maadoitus- ja ukkossuojausjärjestelmästä sekä maanrakennuksesta. Toisiosuunnittelu vastaa lopusta mm. sähköaseman suojauksesta ja sähköasema-automaatiosta, sekä ensiö- ja toisiosuunnittelun yhdistämisestä.

### 4.2 Suunnittelun eri vaiheet

Sähköasemien suunnitteluprosessi voidaan jakaa karkeasti neljään eri suunnittelu- vaiheeseen seuraavasti:

- Konsulttivaihe
- Tarjousvaihe
- Toteutusvaihe
- Luovutusvaihe

Tarjousvaiheen suunnittelun perustana on pääkaavio, joka laaditaan konsulttivaiheessa tehdyn yleiskaavioehdotuksen sekä päämitoitussarvojen pohjalta. Näiden pohjalta valitaan pääkomponentit, sekä piirretään sijoitus- ja leikkauspiirustukset päämittoineen. Sijoitus- ja leikkauspiirustusten avulla lasketaan materiaali määriä sekä laaditaan tarjouspyyntöjä konsulteilta ja alihankkijoilta, esimerkiksi maanrakennus ja asennusurakasta. Niiden avulla haetaan myös rakennuslupaa sekä arvioidaan suunnittelutuntien määrää.

Toteutusvaiheen suunnittelu aloitetaan, mikäli tarjous hyväksytään. Toteutusvaihe on suunnitteluvaiheista ylivoimaisesti laajin, niin ajallisesti kuin työmäärältäänkin. Sen aikana laaditaan koko projektin detaljisuunnittelu, hyväksytetään se asi-

akkaalla ja mahdollisella konsultilla, sekä tilataan tarvittavat komponentit ja materiaalit. Toteutusvaiheen suunnittelun ja dokumentaation pohjalta suoritetaan rakennusurakka sekä käyttöönotto.

Luovutusvaiheessa laaditaan projektin loppudokumentaatio, joihin tehdään toimituksen aikana tehdyt muutokset, sekä poistetaan rakennusvaiheen ajaksi lisättyjä kommentteja ja huomautuksia. Tämä loppudokumentaatio luovutetaan asiakkaalle.

### **4.3 Primäärisuunnittelu**

Sähköasemat-yksikössä ensiösuunnittelua kutsutaan yleisesti primäärisuunnitteluksi. Se vastaa sähkö- ja rakenneteknisestä suunnittelusta kuten mm. rakenteiden ja rakennusten sijoituksesta ja mitoituksesta, laitteiden tukirakenteista ja perustuksista, maadoitus ja ukkossuojausjärjestelmästä, laitteiden asennuskuvista sekä maanrakennuksesta.

Primäärisuunnittelun tärkeimpiä tehtäviä sähköasemaprojekteissa on erilaisten piirustusten ja laskelmien tuottaminen. Suunnittelutyötä johdattelevat erilaiset standardit ja asiakkaan vaatimukset, joita täytyy noudattaa projektin eri vaiheissa. Näitä standardeja ovat muun muassa suomessa käytettävä SFS 6001, joka määrittelee yli 1 kV vaihtojännitteisten sähköasennusten suunnittelua ja rakentamista koskevat vaatimukset. Vastaavanlaisia standardeja löytyy myös muilta valtiolta pienine eroavaisuuksineen. Näiden standardien avulla huolehditaan järjestelmän ja asennusten turvallisesta ja asianmukaisesta käytöstä.

Ensiösuunnittelun tuottamat piirustukset ovat pääasiassa 2D-piirustuksia, muutamaa 3D-pilottiprojektia lukuun ottamatta. Sähköasemat-yksikössä primäärisuunnittelussa suunnittelutyökaluna toimii MicroStation V8i.

## **5 ASENNUSPIIRUSTUKSET**

### **5.1 Asennuspiirustukset yleisesti**

Asennuspiirustukset ovat sähköasemaprojektin vakio dokumentaatiota. Kojeiden asennuspiirustukset ovat lähinnä esimerkkikuvia laitteiden asennuksesta telineille, joiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa noudatettavaa käytäntöä kojeitten maadoitusten, kaapelien suojaamisen ja liittimien kiinnittämisen osalta. /3/

Asennuspiirustukset eivät ota kantaa osina saapuvien kojeitten ja laitteiden koamiseen, vaan jokainen laite- ja kojetoimittaja toimittavat omat kokoonpano- ja asennusohjeensa laitteiden mukana.

Asennuspiirustukset sisältävät aina materiaalilistat, joihin on listattuna kyseiseen asennukseen tarvittavat asennusmateriaalit. Näiden listojen mukaan laaditaan yhteiset materiaalilistat, joiden mukaan tilataan asennusmateriaalit niiden kuuluessa projektin toimitukseen. Asennuspiirustukset voivat sisältää myös erilaisia huomautuksia ja viitteitä liittyviin dokumentteihin, sekä laitetunnuksia jotka ovat yleensä projektikohtaisia.

Asennustavat vaihtelevat hieman kohdemaan, sekä asiakkaan vaatimusten mukaan. Tässä opinnäytetyössä asennuspiirustukset on toteutettu kotimaassa käytettyjen asennustapojen mukaan.

Tähän asti sähköasemaprojekteissa asennuspiirustukset ovat olleet monochrome, eli mustavalkoisia 2D-piirustuksi. Ajan saatossa asennuskuviin on lisätty enemmän yksityiskohtia, jotka ovat tehneet asennuskuvista vaikealukuisia. Viimeaikoina asennuskuvia on piirretty värillisiksi, jonka ansiosta piirustukset ovat muuttuneet helpompilukuisiksi.

### **5.2 Asennuspiirustusten vaatimukset**

Sähköasemaprojektin asennuskuvista ei ole olemassa erityistä sääntöä, määräystä tai standardia joka määrittelisi piirustuksen vähimmäisvaatimukset. Sähköaseman sijoitusta määriteltäessä otetaan huomioon standardien vaatimat vähimmäisetäi-

syydet, joten niitä ei tarvitse mainita asennuspiirustuksissa. Kuvissa tulee käydä ilmi oikeat asennustavat detaljeineen sekä tarvittavat asennusmateriaalit.

Vaikka asennuspiirustukset ovat esimerkkikuvia, tulisi niiden olla mahdollisimman tarkkoja ja yksityiskohtaisia tietyiltä osilta. Työmaalla asennukset tehdään pääosin laitevalmistajien asennusohjeiden sekä projektin asennuspiirustusten pohjalta. Asennuspiirustusten lisäksi asennusurakoitsijalla on käytössään Sähköasemien oma, kotimaan projekteille laadittu yleiset asennustavat ohje, johon on kerätty valokuvia ja ohjeita käytetyistä asennustavoista.

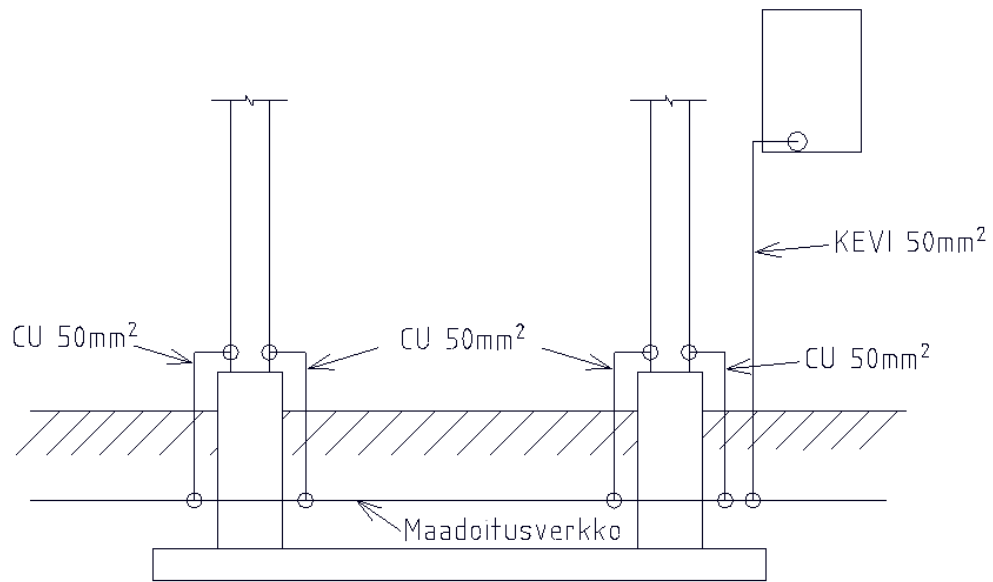
### **5.2.1 Maadoitusperiaate**

Yhtenä tärkeimpänä detaljina, mikä asennuspiirustuksessa tulee olla, voidaan pitää maadoitusperiaateohjeita. Tässä detaljipiirroksessa esitetään yksinkertaisesti terästelineen ja kojeen maadoitusperiaate, sekä mainitaan maadoituskuparin poikkipinta-ala kuten myös onko maadoitusköysi eristettyä vai paljasta kupariköyttä. Maadoitusköysien poikkipinta-ala määritellään maadoitusverkkoa suunniteltaessa asiakkaan vaatimusten, tai maadoituslaskelmien perusteella.

Kojeiden ohjainkoteloiden maadoitustapa täytyy tulla myös esille piirustuksessa. Kojeiden ohjainkoteloille voidaan tuoda maadoitus köysi, joko suoraan maadoitusverkosta, tai saattomaana ohjauskaapeleitten mukana. Perinteisesti kotimaan projekteissa maadoitusköysi tuodaan maadoituskiskolta ohjauskaapeleiden mukana.

Maadoitusperiaatedetaljissa (kuva 2) tulee esittää kuinka useasta pisteestä terästeline maadoitetaan aseman maadoitusverkkoon. Yksijalkaiselle telineelle tulee kaksi kappaletta paljaita kupariköyysiä ja kaksijalkaiselle yksi kappale jalkaa kohden, mikäli telineellä on yhteinen orsi. Kolmijalkainen teline jolla on yhteinen orsi, maadoitetaan yhdellä maadoitusjohtimella joka jalasta. Poikkeuksena on kolmejalkainen katkaisija, jonka jokainen jalka maadoitetaan kahdesta pisteestä.

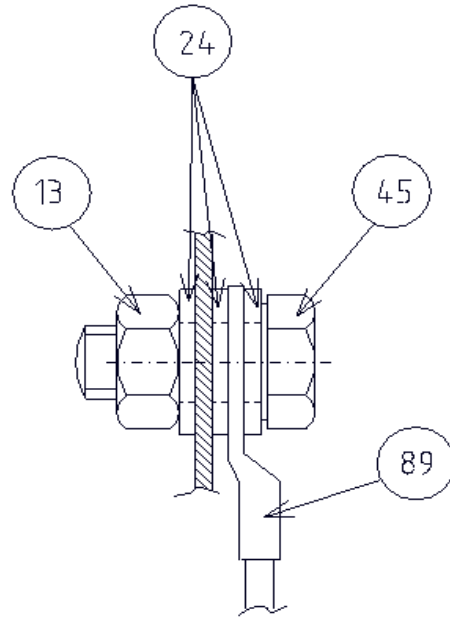




Kuva 2. Katkaisijan maadoitusperiaate.

Maadoitusjohtimen kiinnittämiseen terästelineeseen käytetään puristettavaa M12 kaapelikengää, materiaaliltaan tinattua kuparia. Tämä täytyy muistaa ottaa huomioon terästelineitä suunniteltaessa, jotta jokaisesta telineestä löytyy tarvittavat kiinnityspisteet kaapelikengälle. Kaapelikengän kiinnittämiseen käytetään kuumasinkittyjä pultteja, muttereita ja kolmea aluslaattaa (Kuva 3).

## DETALJI



Kuva 3. Maadoitusjohtimen kiinnitys terästelneeseen.

Sähköasemaprojekteissa laaditaan erillinen koko aseman kattava maadoituspiirustus, missä esitetään aseman maadoitusverkosta kojelineelle tulevat maadoitukset.

### 5.2.2 Kojneiden asennus

Kojneiden kiinnittämiseen terästelneeseen käytetään kuumasinkittyjä teräsrakennepultteja, muttereita ja aluslevyjä. Pulttiliitoksessa käytetään mutterin puolella aluslaattaa, pultin kannan tullessa kojeneen puolelle. Oikea kiristysmomentti on liitoksen kestävyuden kannalta tärkeä tekijä, siksi annettuja kiristysmomentteja on syytä noudattaa.

### 5.2.3 Virtaliitos

Ilmaeristeisissä sähköasemaratkaisuihin käytetään johtimena lähestulkoon poikkeuksetta alumiiniköyttä tai teräsvahvistettua alumiiniköyttä. Liittimet ovat aina

alumiinisia, kojeiden liitintappien ja liitinlaattojen ollessa alumiinia tai joko hopeoitua tai tinattua kuparia. Mikäli kojeessa onkin kuparinen tappi- tai lattaliitin, tulee alumiiniliittimen ja kuparitapin välissä käyttää copal-levyä. Tämä on hyvä mainita myös asennuspiirustuksessa.

Lattaliitoksen kiinnitykseen käytetään kuumasinkittyjä pultteja, muttereita ja SFS 3738 standardin mukaisia aluslaattoja. Virtaliitoksessa käytetään aluslevyjä sekä pultin, että mutterin puolella. Lisäksi mutterin puolelle tulee puristuslaatta varmistamaan sopivan puristuspuheen ylläpitämisen.

Virtaliitoksissa tulee noudattaa sille annettuja kiristysmomenteja, jotka eroavat kojeiden ja telineiden kiristysmomenteista.

#### **5.2.4 Ohjainkaapelien reitit ja suojaukset**

Kojeille tulevat ohjauskaapelit tuodaan PVC-putkessa kojeperustuksen vierelle, josta niiden reitti mahdollisine vedonpoistoinen tulee esittää asennuspiirustuksessa. Lisäksi tulee ottaa huomioon käytäntö, jonka mukaan PVC-putki sekä kaapelointi tulee suojata vähintään puolen metrin korkeuteen kentän pinnasta. Käytännössä tämä on toteutettu kotimaanprojekteissa kaapelihyllyjen, teräskansien sekä kaapelihyllyvalmistajan asennustarvikkeiden avulla.

#### **5.2.5 Asennustavaralista**

Asennuspiirustuksen yhtenä tärkeänä sisältönä pidetään asennustavaralista. Listaan merkitään asennuksessa käytettävät materiaalit, kappalemäärät ja käytettävät laadut sekä standardit. Jokaiselle materiaalilla on numerotunnus, jota käytetään viitteenä asennuskuvassa tarpeen sijainnin näyttämiseksi. Sähköasemaprojektin jokaisessa asennuspiirustuksessa käytetään samoja numerotunnuksia samoille materiaaleille. Tämän helpottaa hankintaa varten tehtävän materiaalilistan tekemistä, johon kootaan kaikki tarvittavat asennusmateriaalit.

## 6 STANDARDIASENNUSKUVAT

Sähköasemaprojektin suunnitteluun käytettävien suunnitteluresurssien vähentyessä ja toimitusaikojen lyhentyessä, ABB sähköasemissa on aloitettu etsimään standardoitavissa olevia ratkaisuja. Etenkin kotimaan pienemmissä projekteissa, primäärisuunnittelulle varatut suunnittelutuntimäärät edellyttävät olemassa olevien suunnitelmien tehokasta hyväksikäyttämistä. Projekteissa sijoitus- ja leikkauspiirustukset ovat aina projektikohtaisia, vaaten ison osan suunnittelutunneista. Myös telinepiirustusten muokkaamiseen ja tarkastamiseen kuluu huomattava määrä suunnittelutunneista, minkä takia asennuspiirustuksille jää vähemmän suunnittelu aikaa. Tämän vuoksi ABB sähköasemilla päätettiin tehdä standardiasennuskuvia kotimaan asennustyyllillä yleisimmille projekteissa käytettäville komponenteille.

Standardiasennuskuvien pääkuva päätettiin toteuttaa 3D-mallina, erillisten detalji suurennosten ollessa 2D-piirroksia. 3D-malli tuo asennuspiirustukseen lisäarvoa, ollen tavallista 2D-piirustusta selkeämpi ja ennen kaikkea realistinen. Standardiasennuskuvien suunnitteluun käytettiin Bentley Microstation V8i suunnittelu ohjelmaa, joka on sähköasemayksikön käyttämä suunnitteluohjelma. Ohjelma on erinomainen työkalu 2D-piirtämisessä, mutta 3D-ominaisuuksiltaan melko vaikea- ja hidaskäyttöinen.

### 6.1 Mallinnus

Standardiasennuspiirustusten teko aloitettiin tarvittavien kojeitten ja terästen mallintamisella. Kojettien valmistajilta saatavat mittapiirustukset ovat aina 2D-muodossa, joten kojeet jouduttiin mallintamaan 3D-muotoon itse. Kojettien 3D-mallit mallinnettiin saatavilla olleitten päämittojen mukaisesti, jättäen asennuspiirustuksen kannalta turhat detaljit pois valmiista mallista. Sähköasemat yksikössä on aikaisemman opinnäytetyön yhteydessä mallinnettu terästelineitä 3D-muodossa. Näistä valmiina olleista piirustuksista käytettiin hyväksi muutamia 3D-malleja. Loput tarvittavista telinekuvista mallinnettiin 3D-muotoon olemassa olevien 2D-valmistuskuvien avulla. Teräskuvien mallintamisessa käytettiin hyväksi Microstation ohjelmaan lisäosana asennettua CADSY-komponenttikirjastoa. Kirjasto on Ruotsin sähköasemat yksikön kehittämä komponenttikirjasto, josta löytyy

muun muassa useimpien eri teräsprofiilien 2D-mallit. Näistä 2D-malleista saadaan pursottamalla 3D-teräsprofiileja. Valmiita komponentti- ja telinemalleja yhdistelemällä tehtiin tarvittavia 3D-kokoonpanoja, joista jokaisesta tehtiin oma mallitiedosto.

Seuraavaksi kokoonpanokuvaan mallinnettiin perustukset ankkuripultteineen, sekä ohjauskaapeleitten putkitukset perustuksen vierelle. Tässä vaiheessa kuvaan lisättiin myös mahdollisia kaapelihyllyjä tarvittavine asennusmateriaaleineen.

Maadoitusten ja ohjauskaapeleiden mallintaminen oli mallinnusprosessin haastavin tehtävä. Microstationista ei löydetty kunnollista työkalua kaapeleitten mallintamiseen, jolla olisi kaapelireiteistä saanut realistisen luontevia. Kaapelit reitteineen tyydyttiin piirtämään normaalilla viivan piirrolla, jossa kaapelin halkaisijan kokoinen apuympyrä pursotettiin viivaa pitkin kaapeliksi. Tämäkään tapa ei toiminut aina ensimmäisellä yrittämällä, ohjelman ilmoittaessa virhettä.

3D-mallien ollessa valmiit, Microstation tiedostoon luotiin sheetti. Sheetti on eräänlainen Microstation tiedostoon lisättävä tulostuspaperi, johon liitetään referenssinä piirustuskehukset ja isometrinen kuva 3D-mallista. Sheetti on siis lopullinen asennuspiirustus, mihin lisätään tarvittavat detaljit, viitteet ja asennustavaraista. Sheetti helpottaa myös dokumentin tulostusta.

## **6.2 Detaljit**

Standardiasennuskuvien ollessa 3D-piirroksia, tarvittavien erillisten detaljien määrä on vähäisempi. Esimerkiksi maadoitusperiaate tulee esiin 3D-kuvasta sellaisenaan.

## **6.3 Materiaalilista**

Standardiasennuskuvan materiaalilistaan on kerätty kuhunkin asennukseen tarvittavat materiaalit kappalemäärineen. Standardiasennuskuvissa materiaalilistoista on tehty omat excel-tiedostot, jotka on liitetty Microstation tiedostoon. Microstation tiedostossa taulukkoa klikkaamalla pääsee suoraan excel-tiedostoon tekemään tarvittavia muutoksia.

Standardiasennuskuvia varten luotiin myös uusi yleinen materiaalilista, johon on listattu numerojärjestykseen suurin osa yleisesti asennuksiin tarvittavista materiaaleista. Listaa tehtäessä olimme yhteydessä kiinnitysmateriaalin toimittajaan, jonka kanssa kävimme läpi meidän tarpeemme. Tällä tavalla saimme hyödyllistä tietoa heidän varastotavaroista ja toimitusajoista, joiden perusteella listaan tehtiin muutamia muutoksia.

## **7 YHTEENVETO**

### **7.1 Tulosten tarkastelu**

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli mallintaa standardiasennuskuvia kotimaanprojekteissa käytettäville vakioratkaisuille. Tavoitteiden mukaan, työn aikana mallinnettiin kotimaanprojekteissa käytettäville vakioratkaisuille standardiasennuskuvat materiaalilistoinen 3D-muodossa. Standardiasennuskuvia ei ole vielä käytetty projektissa virrallisenä dokumentaationa, joten niistä ei ole vielä saatu palautetta asennusurakoitsijoilta.

Jatkossa, standardiasennuskuvia tullaan mallintamaan lisää aina tarpeen vaatiessa. Haasteena tulee olemaankin ajan ja resurssien löytäminen uusien asennuskuvien mallintamiselle. Projektien kiireelliset aikataulut vähine suunnittelutunteineen eivät jätä juuri aikaa kehitystyölle.

### **7.2 Mahdollisia kehitystarpeita**

Työn aikana tuli useamman kerran mieleen vaihtoehtoisia asennustapoja, ennen kaikkea kaapelihyllyjen asentamista ajatellen. Tällä hetkellä kaapelihyllyt asennetaan teräksiin ja perustuksiin kaapelihyllyvalmistajan omien asennustarvikkeiden avulla, koska telineisiin ei ole valmiiksi suunniteltu kiinnityspaikkoja. Tulevaisuudessa tulisi miettiä erilaisia ja mahdollisesti kustannustehokkaampia kiinnitysmahdollisuuksia jo terästelineitä suunniteltaessa.

Asennuskuvien, ja koko sähköasemaprojektin 3D-suunnittelun helpottamisen ja tehostamisen kannalta, olisi tärkeää laatia komponenttikirjasto 3D-malleille. Kirjastoon tallennettaisiin kojeitten ja telineiden 3D-malleja mittapiirustuksineen. Kattavan kirjaston kokoaminen vaatisi lisäresursseja, sekä laitevalmistajilta valmiita 3D-malleja, joita tällä hetkellä ei valitettavasti ole saatavilla.

## LÄHDELUETTELO

/1/ ABB Suomessa [online]. Päivitetty 2012 [viitattu 4.2.2012] Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.abb.fi>>.

/2/ ABB, Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa

/3/ Supponen, Juha 1987. Strömberg. Sähkönjakelu. 52-170kV ulkokytkinlaitokset.

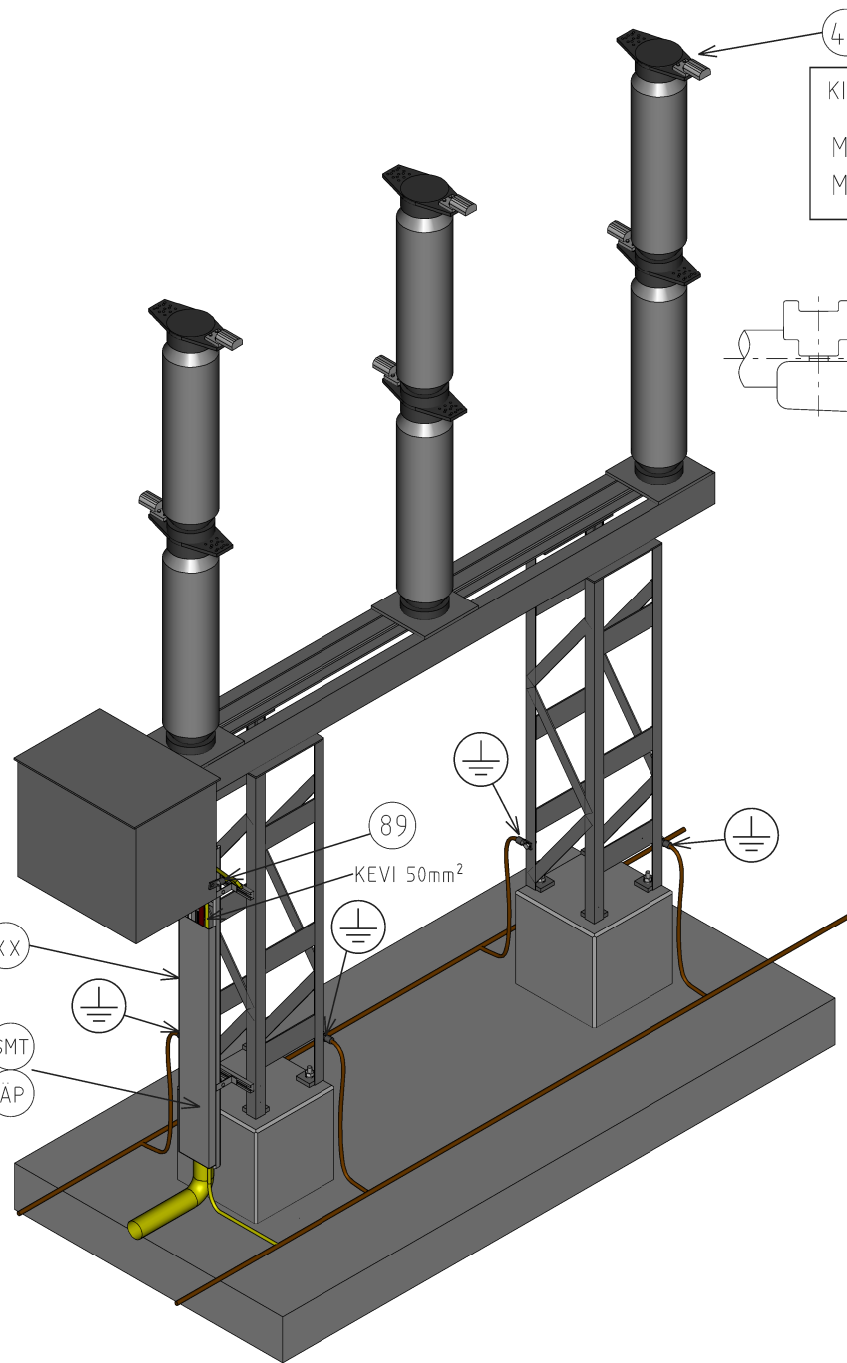


## **LIITELUETTELO**

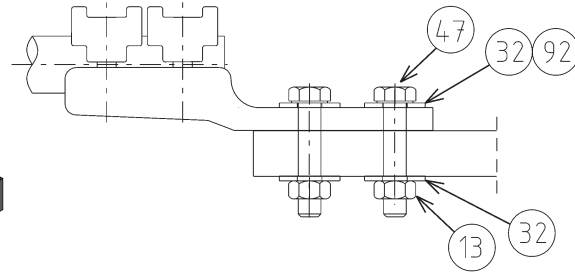
LIITE 1. 110 kV 2-jalkaisen katkaisijan asennuspiirustus

LIITE 2. 110kV Jännitemuuntajan ja ylijännitesuojan asennuspiirustus

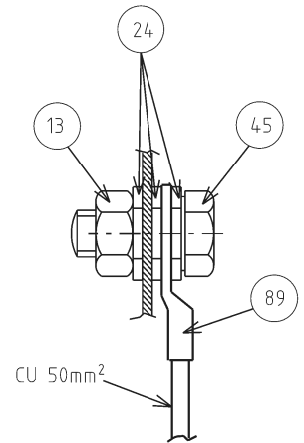
LIITE 3. 110kV Tukieristimen asennuspiirustus



KIRISTYSMOMENTTI 8.8  
M12 75 Nm  
M16 190 Nm



DETALJI



KIRISTYSMOMENTTI 8.8  
M12 60 Nm  
M16 120 Nm

- XX XX XX XX
- KS AS VK2 SMT
- SK KAP CCA ÄP

CCA	Kaariinnike	CCA	HDG	4	MEKA
KAP	Kannenpidike	KAP	HDG	4	MEKA
SK	Suojakansi	SK200	HDG	1.5m	MEKA
ÄP	Suojatulppa	ÄP		4	MEKA
SMT	Ankkurikiskomutteri	SMT	HDG	8	MEKA
VK2	Seinäkiinnitin	VK2	HDG	4	MEKA
AS	Ankkurikisko	AS	HDG	1m	MEKA
KS	Tikashylly	KS80	HDG	2m	MEKA
92	Puristuslaatta	M12	HDG	24	SFS 3737
89	Kaapelikenkä	M12	HDG	5	Tinattu
47	Pultti	M12x60	HDG	24	DIN 931
45	Pultti	M12x40	HDG	4	DIN 933
32	SESKO laatta	M12	HDG	48	SFS 3738
24	Aluslevy	M12	HDG	12	DIN 125
13	Mutteri	M12	HDG	28	DIN 934
OSA	NIMI	TYYPPI	LAATU	TARVE	HUOM

Rev	Comment	Revised	Doc design

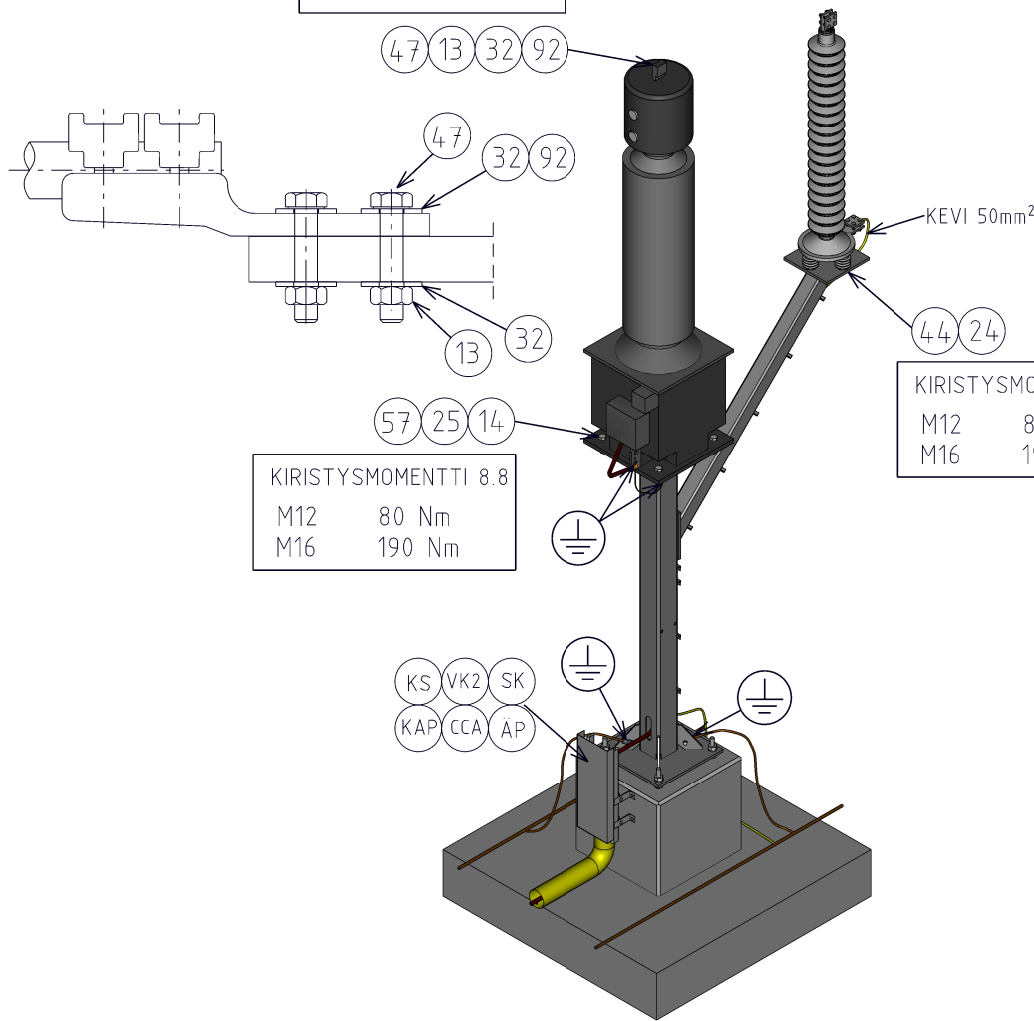
Project name	

Prepared	2012 T HAHTO	Responsible department	FIPSSS	Title	110 kv 2-JALKAISEN KÄTKÄISIJÄN ASENNUS		
Checked		Take over department	FIPSSS	Lang	FI		
Approved		Revision	-	Scale	Total	01	
ABB Oy				Document No	E8411	Sheet	01

KIRISTYSMOMENTTI 8.8

M12 75 Nm  
M16 190 Nm

DETALJI 

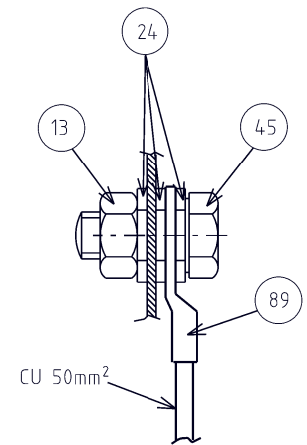


KIRISTYSMOMENTTI 8.8

M12 80 Nm  
M16 190 Nm

KIRISTYSMOMENTTI 8.8

M12 80 Nm  
M16 190 Nm




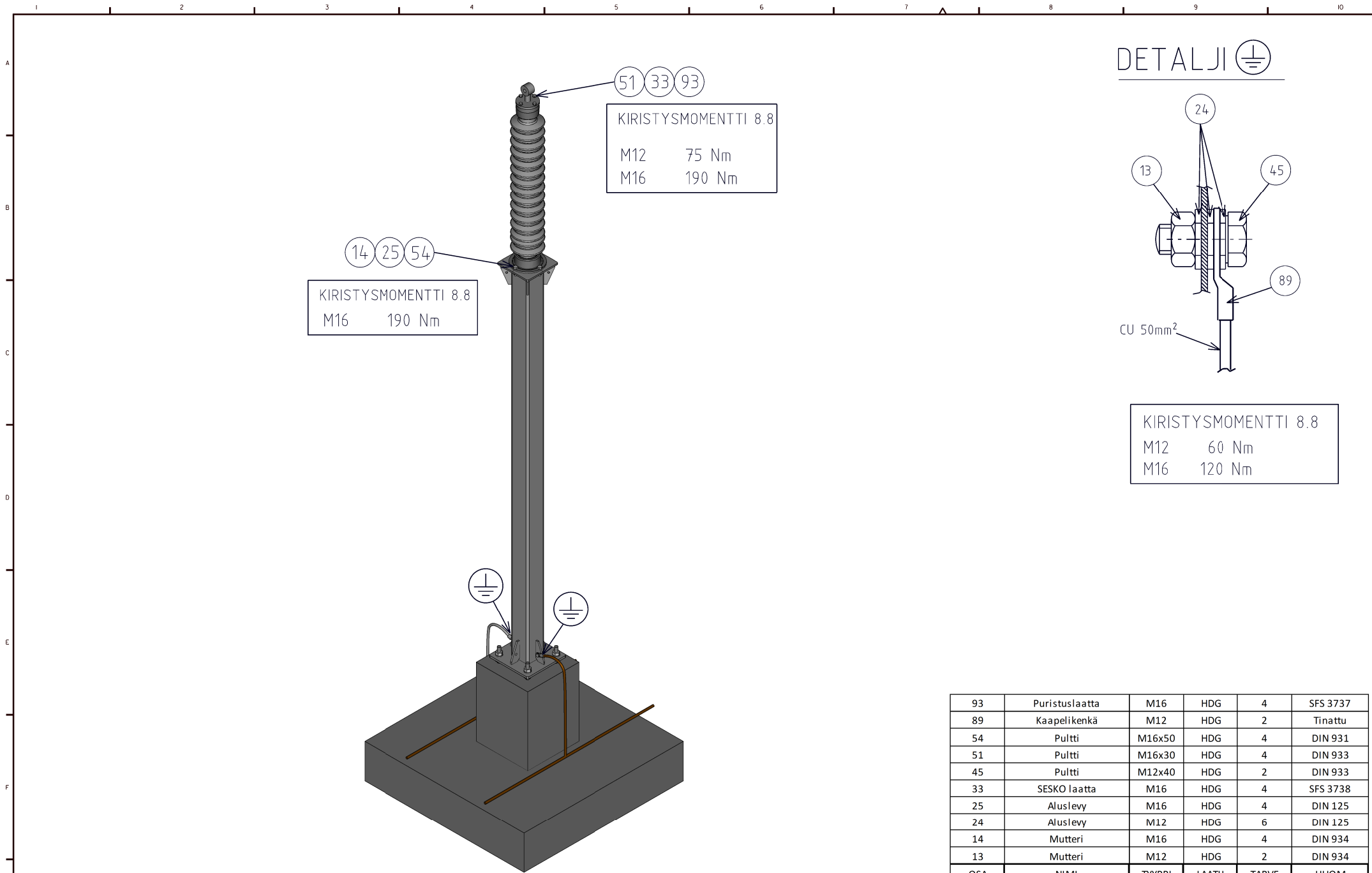
KIRISTYSMOMENTTI 8.8

M12 60 Nm  
M16 120 Nm

CCA	Kaarikiinnike	CCA	HDG	4	MEKA
KAP	Kannenpidike	KAP	HDG	4	MEKA
SK	Suojakansi	SK200	HDG	0.6m	MEKA
ÄP	Suojatulppa	ÄP		4	MEKA
VK2	Seinäkiinnitin	VK2	HDG	4	MEKA
KS	Tikashylly	KS80	HDG	0.6m	MEKA
92	Puristuslaatta	M12	HDG	4	SFS 3737
89	Kaapelikenkä	M12	HDG	4	Tinattu
57	Pultti	M16x80	HDG	4	DIN 931
47	Pultti	M12x60	HDG	4	DIN 931
45	Pultti	M12x40	HDG	4	DIN 933
32	SESKO laatta	M12	HDG	8	SFS 3738
25	Aluslevy	M16	HDG	4	DIN 125
24	Aluslevy	M12	HDG	16	DIN 125
14	Mutteri	M16	HDG	4	DIN 934
13	Mutteri	M12	HDG	8	DIN 934
OSA	NIMI	TYYPPI	LAATU	TARVE	HUOM

		Porvaa	Projekt
		Porvahti	
		Luftyy	
		Fiirustusnumus	
Muutos	Kommentti	Muutt	

Suunnitelti	2012 T. HAHTO	Vastaava osasto	PIPSSS	Parustus	110 kV JANNITEMUUNTAJAN JA YLINANNITESUOJAN ASENNUS	
Tarkasti		Soveltava osasto	PIPSSS			Kieli FI
Hyvaksyi		Muutos		Mittakaava		Lehti 01
<b>ABB ABB Oy</b>					Parustusnumero	E8441 Lehti 01



93	Puristuslaatta	M16	HDG	4	SFS 3737
89	Kaapelikenkä	M12	HDG	2	Tinattu
54	Pultti	M16x50	HDG	4	DIN 931
51	Pultti	M16x30	HDG	4	DIN 933
45	Pultti	M12x40	HDG	2	DIN 933
33	SESKO laatta	M16	HDG	4	SFS 3738
25	Aluslevy	M16	HDG	4	DIN 125
24	Aluslevy	M12	HDG	6	DIN 125
14	Mutteri	M16	HDG	4	DIN 934
13	Mutteri	M12	HDG	2	DIN 934
OSA	NIMI	TYYPPI	LAATU	TARVE	HUOM

			Korvaa	Projekti
			Korvahtu	
			Luhtyy	
			Fiirustuslunnus	
Muutos	Kommentti	Muutt		

Suunnitelti	2012 T HAHTO	Vastaava osasto	FIPSSS	Purustus	110 kV TUKIERISTIMEN ASENNUS	-K Kiehi	
Tarkasti		Soveltava osasto	FIPSSS				
Hyvaksyi		Muutos	-	Mittakaava	Lehti	01	
<b>ABB ABB Oy</b>				Purustusnumero	E8461	Lehti	01