



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Timo Mäenpää

TUULIPUISTOJEN KOMPAKTIT SÄH- KÖASEMAT

Tekniikka ja liikenne
2013

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Timo Mäenpää
Opinnäytetyön nimi	Tuulipuistojen kompaktit sähköasemat
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	41 + 3 liitettä
Ohjaaja	Timo Karhunen

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy:n Sähköasemat-yksikköön Vaasan toimipisteeseen. Työn tarkoituksena oli suunnitella vakioratkaisuja kompakteille ilmaeristeisille sähköasemille, joiden avulla tuulipuistojen tuottama sähköenergia saadaan syötettyä sähköverkkoon.

Suomessa rakennetaan kiihtyvään tahtiin uusia tuulivoimaloita, joten aihe on hyvin ajankohtainen. Jokaisen tuulipuiston yhteyteen tulee rakentaa sähköasema, jotta voimaloiden tuottama puhdas energia saadaan kuluttajien käyttöön. Sähköasemalla voimalan kehittämä jännite muunnetaan tehomuuntajan avulla sähköverkkoon sopivaksi.

Työssä perehdyttiin aiemmin rakennettuihin kompakteihin sähköasemiin ja tutustuttiin sähköasemia koskeviin standardeihin. Suunnittelun aikana oltiin säännöllisesti yhteydessä Sähköasemat-yksikön mekaniikkasuunnittelijoiden kanssa. Näiden avulla lähdettiin kehittämään vaihtoehtoja aseman layoutille. Työn aikana tutustuttiin myös ABB:n verkossa olevan moduulikirjaston mahdollisuuksiin layoutsuunnittelussa. Työhön kuului myös kojetelineen mallinnus 3D:nä. Sähköaseman sijoitus- ja leikkauspiirustukset sekä telineen 3D-malli tuotettiin MicroStation V8i – suunnitteluohjelmalla.

Tuloksena saatiin kolme vaihtoehtoista vakioratkaisuja sähköaseman layoutille sekä 3D-malli kojetelineestä. Myös moduulikirjaston ominaisuudet tulivat tutuiksi opinnäytetyön edetessä. Työn tuloksia hyödynnetään tulevaisuudessa tarjousvaiheesta lähtien mahdollisuuksien mukaan. Opinnäytetyössä aikaansaatuja layoutratkaisuja voidaan yhdistellä tarpeen vaatiessa.

ABSTRACT

Author	Timo Mäenpää
Title	Compact Substations for Wind Farms
Year	2013
Language	Finnish
Pages	41 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Timo Karhunen

This thesis was made for ABB Substations unit at Vaasa. The aim of this thesis was to develop the standard drawings of compact air insulated substations to supply electric power of wind farms to electrical network.

This thesis is based on the standards related to substations and former substations designed by ABB Substations unit. Also the mechanical engineers in the ABB Substations were heard regularly. With this information the substation layout designing was started. The thesis included getting familiar with module library called Modules and Sub Modules which is in the ABB internal network. The thesis included also the design of steel structure for the switchgear as 3D. General arrangements, sections and 3D-model were produced with engineering software called MicroStation V8i.

As a result there are three optional standard layout models and 3D-model of a steel structure for the switchgear. The possibilities of module library were also investigated. In the future, models are in use and utilized when possible. The layout models can be combined if needed.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Lähtökohdat	8
1.2	Tavoitteet	8
1.3	Ajankohtaisuus ja hyödyllisyys yrityksessä.....	8
2	YRITYSESITTELY	9
2.1	ABB Oy	9
2.2	Sähkövoimajärjestelmät-divisioona.....	9
2.3	Sähköasemat	9
3	SÄHKÖASEMAT JA SÄHKÖNJAKELU.....	11
3.1	Sähköasema.....	11
3.2	Sähköaseman kokoonpano.....	12
3.3	Sähköjakeluverkko.....	13
3.3.1	Kantaverkko	14
3.3.2	Alueverkko.....	14
3.3.3	Jakeluverkko	14
4	SÄHKÖASEMAN PRIMÄÄRISUUNNITTELU	16
4.1	Ensiö- eli primäärisuunnittelu.....	16
4.2	Suunnittelun eri vaiheet	16
5	TUULIPUISTOJEN SYÖTTÖASEMAT	18
5.1	Tuulipuisto	18
5.2	Sähkön syöttö verkkoon.....	18
5.3	Tarpeen määrittely	20
5.4	Sähköasemia tilaavat asiakkaat.....	20
5.5	Tyypillinen tuulipuiston sähköasema	21
6	STANDARDISOINTI.....	22
6.1	Sähköasemia koskevat standardit	22
6.2	SFS 6001	22
6.3	Jännitteisten osien vähimmäisetäisyydet	23
6.4	Yleisiä vaatimuksia.....	23

7	SÄHKÖASEMAN VAKIORATKAISUT	25
7.1	110/20 kV kompakti sähköasema	25
7.2	Aseman ratkaisuvaihtoehdot	25
7.2.1	Vaihtoehto 1	26
7.2.2	Vaihtoehto 2	29
7.2.3	Vaihtoehto 3	30
7.3	Modules and Sub Modules -moduulikirjasto	30
7.3.1	Vaatimukset	31
7.3.2	Moduulikirjaston käyttö	31
7.3.3	Yhteenveto moduulikirjastosta	34
8	YHTEISTELINE	36
8.1	Telineen tarkoitus	36
8.2	Tavoite	36
8.3	3D-mallin piirtäminen	36
8.4	Valmiin tuotoksen arviointi	38
9	YHTEENVETO JA TULEVAISUUS	39
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Kahden muuntajan ulkokytkinlaitos johdon päässä	s. 12
Kuva 2.	Sähköverkon rakenne	s. 14
Kuva 3.	Tuulipuiston liityntä sähköverkkoon	s. 18
Kuva 4.	PASS-kytkinkojeisto	s. 20
Kuva 5.	Tuulivoimalan yhteyteen sijoitettu ABB:n sähköasema.	s. 21
Kuva 6.	Etäisyys aidasta ja vähimmäiskorkeus.	s. 28
Kuva 7.	Tilanne, jossa aita voidaan rakentaa lähemmäs telinettä	s. 29
Kuva 8.	Modules and Sub Modules – pääsivu	s. 32
Kuva 9.	Feeder Modules – sivulta löytyvä esimerkkikokonaisuus	s. 33
Kuva 10.	Jännitemuuntajan vaihtoehtoja	s. 34
Kuva 11.	MicroStation, 3D-mallinnus	s. 37
Taulukko 1.	Vähimmäisetäisyydet eri jännitteillä	s. 23
Taulukko 2.	Muuntajien etäisyydet ulkona olevissa sähkötiloissa	s. 30

LIITELUETTELO

LIITE 1. Vaihtoehto 1, sijoituspiirustus

LIITE 2. Vaihtoehto 1, leikkaus A-A

LIITE 3. Kojeiden yhteisteline

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on perehtyä tuulipuistojen yhteyteen rakennettavien sähköasemien koon pienentämiseen. Sähköaseman pohjapiirrokselle pyritään suunnittelemaan kompakteja vakioratkaisuja, joissa otetaan huomioon rakennus- ja valmistuskustannukset. Kilpailukykyiset ratkaisut ovat etu kiristyvässä markkinatilanteessa.

1.1 Lähtökohdat

Sähköaseman avulla saadaan tuulivoimaloiden tuottama energia syötettyä valtakunnalliseen verkkoon. Aseman kokoa ja laitteiston sijoittelua optimoimalla voidaan kustannuksia saada pienennettyä. Sähköaseman on hyvä olla mahdollisimman kompakti, jotta säästetään aseman rakennuskustannuksissa ja jotta se voidaan sijoittaa pienelle tontille.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on perehtyä sähköasemia koskeviin standardeihin ja aikaisempiin projekteihin ja etsiä hyviä ratkaisuja kompaktia sähköasemaa varten. Sähköaseman tulee täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset ja sen täytyy olla realistinen toteuttaa. Rakennus- ja valmistuskustannukset pyritään pitämään pieninä. Aseman tulee olla käyttökelpoinen ABB:n tulevaisuuden projekteissa.

1.3 Ajankohtaisuus ja hyödyllisyys yrityksessä

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen ja hyödyllinen ABB:lle tällä hetkellä, kun maailmalla panostetaan suurenevissa määrin uusiutuviin luonnonvaroihin ja tuulivoimaloita pystytetään yhä enemmän. Näiden voimaloiden tuottama energia siirretään sähköaseman kautta sähköverkkoon ja asemista käydään kovaa kilpailua. Kun rakentaminen tehostuu, säästyy yritykseltä aikaa ja rahaa. Vakioratkaisujen käyttö myös nopeuttaa suunnittelua ja tekee siitä yhtenäisempää.

2 YRITYSEESITTELY

ABB Oy on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat asiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. /3/

2.1 ABB Oy

ABB on ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni, jonka toiminta keskittyy sähkövoimatekniikan ja automaatiotekniikan aloille. Sen pääkonttori sijaitsee Zürichissä ja yhtiön palveluksessa on yli 135 000 henkilöä noin 100 maassa. ABB syntyi vuonna 1988 tammikuussa, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistyivät. /3/

Suomessa ABB:n juuret ulottuvat Gottfrid Strömbergin Helsinkiin 1889 perustamaan sähkötekniikan alan yhtiöön. Vuonna 1987 yhtiön toiminnan jatkaja Oy Strömberg AB siirtyi Asean omistukseen. ABB:llä on Suomessa toimintaa yli 30 paikkakunnalla, muun muassa Vaasassa ja Helsingissä. Henkilöstön määrä on noin 7000. ABB:n liikevaihto on 2,3 miljardia euroa ja yhtiö panostaa merkittävästi tuotekehitykseen. /3/

2.2 Sähkövoimajärjestelmät-divisioona

Sähkövoimajärjestelmät on yksi ABB:n viidestä ydinliiketoimintadivisioonasta. Sähkövoimajärjestelmät tarjoaa sähkönjakeluun ja voimansiirtoon liittyviä järjestelmiä ja palveluita. Divisioonan neljä liiketoimintayksikköä tarjoavat sähköasemien ja – automaatiojärjestelmien lisäksi muun muassa voimalaitos- ja verkostoautomaatiota sekä voiman tuotannon instrumentointi-, valvonta- ja sähköistysratkaisuja. /3/

2.3 Sähköasemat

Tämä opinnäytetyö tehdään Vaasassa toimivalle Sähköasemat – yksikölle. Sähköasemat – yksikkö kuuluu Sähkövoimajärjestelmät – divisioonaan ja se toimittaa sähköasemia maailmanlaajuisesti osatoimituksina tai avaimet käteen -

periaatteella. Avaimet käteen – toimitukset sisältävät kaikki tarvittavat laitteet, tarvikkeet ja materiaalit, mitä rakentamiseen tarvitaan. Suunnittelutyö, käyttöönotto ja valmiin sähköaseman käyttökoulutus kuuluvat myös toimitukseen.

3 SÄHKÖASEMAT JA SÄHKÖNJAKELU

Sähköasemien avulla sähköä muunnetaan, syötetään ja kytketään sähköjakeluverkkoon. Sähköjakeluverkkojen avulla huolehditaan kaupunkien, teollisuuden ja yksittäisen kuluttajan sähkösaannista. Sähkönjakelu on jaettu suur-, keski- ja pienjänniteverkkoon.

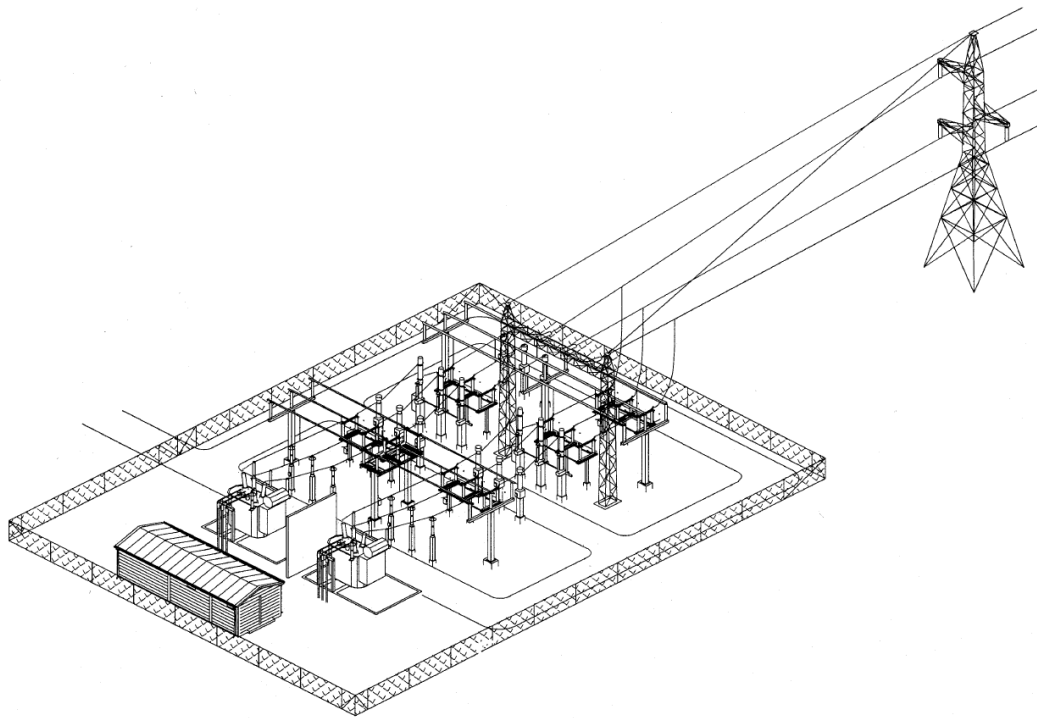
3.1 Sähköasema

Sähköasemat ovat sähköverkon solmukohtia ja ne voidaan luokitella kytkinlaitoksiin ja muuntoasemiin. Kytkinlaitoksissa yhdistetään vain saman jännitetason johtoja. Muuntoasemalla voidaan yhdistää kahden tai useamman jännitetason johtoja käyttämällä yhtä tai useampaa muuntajaa. /9/

Suomen sähkönsiirtoverkon asemat voidaan luokitella seuraavasti:

- Keskusasemat eli 400/110 kV muuntoasemat
- Solmupisteasemat, joita ovat lähinnä teollisuuden ja kaupunkien suuret muuntoasemat
- Syöttöasemat, jotka enintään kahden muuntajan pieninä muuntoasemina syöttävät keskijänniteverkkoa. /1/, /9/

Kuvassa 1 on esimerkki kahden muuntajan sähköasemasta. Asema syöttää sähköä verkkoon voimalinjan päässä. Aseman suunnittelussa on otettava huomioon muun muassa käytettävissä oleva tila, johtojen tulosuunnat ja taloudellisuus.



Kuva 1. Kahden muuntajan ulkokytinlaitos johdon päässä. /1/

3.2 Sähköaseman kokoonpano

Sähköaseman tärkeimmät kojeet ja niiden tehtävät:

- Tehomuuntajan tehtävänä on muuntaa jännite oikean suuruiseksi.
- Ylijännitesuojan tehtävänä on rajoittaa kohteeseen saapuvien ylijännitteiden amplitudi vaarattomalle tasolle. Ylijännitesuoja sijoitetaan mahdollisimman lähelle arvokkainta suojattavaa kohdetta, joka yleensä on muuntaja.
- Erotin on mekaanisesti toimiva kytkinlaite, joka auki-asennossa aikaansaa luotettavan erotusvälin ja kiinni-asennossa kykenee johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirran. Siltä ei vaadita katkaisu- eikä sulkemiskykyä.
- Katkaisija on kytkinlaite, joka pystyy katkaisemaan, sulkemaan ja johtamaan kuormitusvirran lisäksi oikosulkuvirran.
- Virtamuuntajan tarkoituksena on muuntaa piirin virta sopivaksi kyseisen piirin suojauksessa, valvonnassa ja mittauksessa käytettäville releille ja mittareille. Se myös eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan.

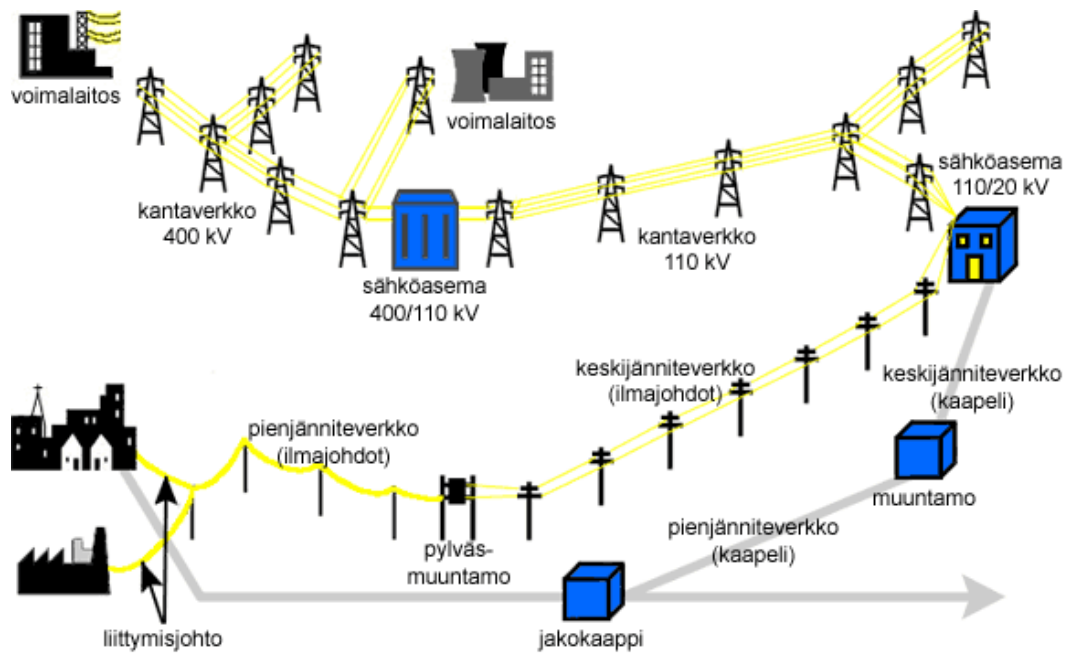
- Jännitemuuntajan tarkoituksena on muuntaa ensiöpiirin jännite toisiopiirin kojeille sopivaksi ja eristää ensiö- ja toisiopiiri toisistaan.
- Eristimen tarkoituksena on suojata rakenteita ja kojeita sähköisiltä, mekaanisilta ja termisiltä rasituksilta.
- Kompensointilaitteiston tehtävänä on pienentää maasulkuvirtaa, mikä edistää muun muassa henkilöturvallisuutta ja vähentää laitteille aiheutuvia häiriöitä.
- MEHO on tehdasvalmisteinen kytkinasemarakennus, joka sisältää keskijännitekojeiston lisäksi ohjaus-, suojaus- ja valvontalaitteet. /1/, /7/

3.3 Sähkönjakeluverkko

Sähköenergia jaetaan kaupungeille, teollisuudelle ja tavallisille kuluttajille sähkönjakeluverkkojen avulla. Tiheään asutuilla alueilla käytetään maakaapeliverkkoa tilanpuutteen vuoksi ja harvemmin asutuilla alueilla on tavallisesti käytössä ilmajohtojakelu. Ilmajohtojakelu on taloudellisesti kannattavampi pitkällä välimatkoilla maakaapelin kalliin hinnan takia. Maakaapelia on kuitenkin viime aikoina lisätty laajojen ja pitkään kestäneiden sähkökatkojen estämiseksi. Myrskyistä aiheutuneet vahingot sähkölinjoille, esimerkiksi linjojen päälle kaatuneet puut, ovat aiheuttaneet sähkön toimitukseen katkoksia. Pitkään kestäneet katkokset sähkönjakelussa ovat aiheuttaneet sähköyhtiöille suuria sakkoja. Toimitusvarmuuden parantamiseksi on kaapeleiden osuutta sähköverkossa lisätty.

Sähkönjakelu voidaan jakaa jännitetason mukaan suur-, keski- ja pienjänniteverkkoon. Suurjänniteverkko toimii 110-400 kV:n, keskijänniteverkko 1-70 kV:n ja pienjänniteverkko korkeintaan 1 kV:n jännitetasolla. Toisaalta sähköverkko voidaan jakaa kanta-, alue- ja jakeluverkkoon. /4/

Kuvassa 2 on yksinkertaistettu esitys Suomen sähköverkon rakenteesta. Kanta- verkko yhdistyy sähköaseman kautta alemman jännitteen verkkoon. Keskijänniteverkon avulla sähkö toimitetaan lähemmäs sen käyttäjää ja sähkönjakelu loppukäyttäjälle tapahtuu jännitetason ollessa tavallisesti 400 V.



Kuva 2. Suomen sähköverkon rakenne. /5/

3.3.1 Kantaverkko

Valtaosa Suomessa kulutetusta sähköstä siirretään kantaverkon kautta. Kantaverkko on sähkönsiirron runkoverkko. Kantaverkkoon kuuluu tuhansia kilometrejä 400, 220 ja 110 kV:n voimajohtoa sekä satoja sähköasemia. Kantaverkossa käytetään suuria jännitetasoja pitkien siirtoyhteyksien vuoksi. Suuria jännitetasoja käyttämällä pyritään myös pienentämään syntyviä häviöitä. Kantaverkko on rakennettu pääasiassa ilmaeristeisenä, eli voimajohdot ovat avojohtoja ja sähköasemat ovat asennettu ulos. /6/

3.3.2 Alueverkko

Alueverkot siirtävät sähköä lähemmäs loppukäyttäjiä. Alueverkot liittyvät kantaverkkoon sähköasemien kautta ja niiden jännitetaso on yleensä 110 kV. Alueverkot ovat myös yleensä ilmaeristeisiä. /6/

3.3.3 Jakeluverkko

Jakeluverkot voivat liittyä suoraan kantaverkkoon tai ne voivat hyödyntää kantaverkon palveluita alueverkon kautta. Jakeluverkot toimivat 0,4-110 kV:n jännite-

tasolla. Kotitaloudet liittyvät jakeluverkkoihin. Jakeluverkot ovat osittain maa-kaapeloitu, mutta suurin osa verkosta on vielä ilmaeristeinen. /6/

Teollisuus, kauppa, palvelut ja maatalous saavat sähkönsä tapauskohtaisesti kanta-, alue- tai jakeluverkosta. Myös sähköä tuottavat voimalaitokset, kuten tuulivoimalat, voivat liittyä kuhunkin kolmesta vaihtoehdosta. /6/

4 SÄHKÖASEMAN PRIMÄÄRISUUNNITTELU

Sähköasemat-yksikössä suunnittelutyö on jaettu kahteen osa-alueeseen: ensiö- ja toisiosuunnitteluun. Ensiösuunnittelun tehtävänä on sähköaseman rakenne- ja sähkötekniinen suunnittelu. Toisiosuunnittelu huolehtii muun muassa sähköasema-automaatiosta ja – suojauksesta sekä ohjauksesta.

4.1 Ensiö- eli primäärisuunnittelu

Sähköasemien primäärisuunnittelu vastaa rakenne- ja sähköteknisestä suunnittelusta. Primäärisuunnittelu suunnittelee sähköaseman sijoitus- sekä leikkauspiirustukset. Se tuottaa suunnitelmat muun muassa rakenteiden ja rakennusten perustuksista ja maadoituksesta sekä teräsrakenteista ja laitteiden asennuksista. Myös ukkossuojaus ja suurjänniteliitinpiirustukset ovat primäärisuunnittelun vastuulla.

Yrityksessä on käytössä MicroStation V8i – suunnitteluohjelma. Ohjelma on BentleySystems Inc. tuote ja sillä on mahdollista tuottaa 2D- ja 3D-malleja. MicroStationin tiedostomuoto on .dgn. Primäärisuunnittelussa käytetään lähinnä ohjelman 2D-ominaisuuksia, sillä 3D-mallit eivät tuo juurikaan lisäarvoa sähköasemien suunnitteluun. Lisäksi 2D-suunnittelu on nopeampaa. Viime aikoina 3D-kuvia on valmisteltu jonkin verran yksityiskohtien selkeyttämiseksi esimerkiksi asennuspiirustusten avuksi.

4.2 Suunnittelun eri vaiheet

Sähköasemien primäärisuunnittelu voidaan jakaa neljään eri suunnitteluvaiheeseen, joita ovat konsultti-, tarjous-, toteutus- ja luovutusvaiheen suunnittelu. /9/ Suuritoisimmat näistä ovat tarjous- ja toteutusvaiheen suunnittelu.

Konsulttivaiheen suunnittelu on melko pääpiirteittäistä ja sen aikana laaditaan yleiskaavioehdotuksen ja päämitoitusrvojen pohjalta hahmotelma tulevasta asemasta. /9/

Tarjousvaiheessa tarvitaan päämitoitusrvot, tonttikartta ja yleis- tai pääkaavio. Tarjousvaiheen dokumentit, sijoituspiirustus ja leikkauspiirustukset, liitetään tar-

joukseen. Tarjousta avustavat dokumentit lasketaan ja listataan. Näitä ovat esimerkiksi laskelmat liittimistä ja teräsrakenteiden painosta, eristimet, maadoitus-tarvikkeet sekä pultit ja muut kiinnitystarvikkeet. /9/

Suunnitteluvaiheista toteutusvaihe on laajin. Toteutusvaiheessa tarvitaan tarkat mitoitusarvot ja piirustukset asemalla käytettävistä laitteista. Sähköasemalla käytettävät komponentit tulee olla valittuna, jotta voidaan laatia detaljisuunnitelmat ja muut tarkat piirustukset. Toteutusvaiheessa tarvitaan hankintaohjelma, pääkaavio, tekninen erittely ja mittapiirrokset komponenteista. Laitteiden sijoittelussa on otettava huomioon käytettävissä oleva tila, johtojen tulosuunnat, tilavaraukset, taloudellisuus ja selväpiirteisyys. Toteutusvaiheessa valmistellaan muun muassa perustus-, maadoitus- ja asennuspiirustukset, joiden perusteella sähköasemaa aletaan rakentaa. /9/

Luovutusvaiheessa tarvitaan tiedot muutoksista, joita sähköasemaan on tehty toimituksen aikana. Näiden pohjalta tehdään lopulliset piirustukset, joista selviää käytetyt suunnittelu- ja valmistusratkaisut. Esimerkiksi asennuskuviin tulee usein pieniä muutoksia. /9/

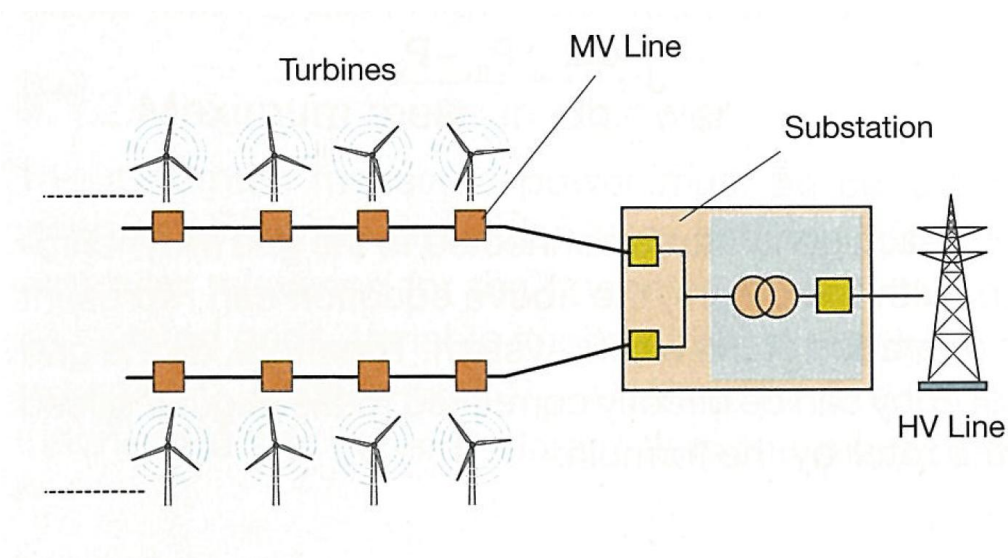
5 TUULIPUISTOJEN SYÖTTÖASEMAT

Tuulivoimaloiden tuottama sähköenergia syötetään sähköverkkoon muuntoaseman kautta. Sähköasemalla voimaloiden tuottama jännite muunnetaan sähköverkkoon sopivaksi tehomuuntajan avulla. Sähköverkon välityksellä voimaloiden tuottama energia toimitetaan sähkön loppukäyttäjille.

5.1 Tuulipuisto

Tuulivoimalassa tuotetaan tuulen liike-energiasta pyörimisenergiaa, joka muutetaan generaattorilla sähköksi. Tuulipuistoksi kutsutaan aluetta, jossa useita tuulivoimaloita on liitettyä toisiinsa. Puisto kytkeytyy yhtenä kokonaisuutena sähköverkkoon. /11/

Kuvassa 3 näkyy kuinka yksittäiset tuulivoimalat linkittyvät ensin toisiinsa ja liittyvät sen jälkeen yhtenä kokonaisuutena sähköverkkoon.



Kuva 3. Tuulipuiston liityntä sähköverkkoon. /10, 79/

5.2 Sähkön syöttö verkkoon

Tuulipuiston tuottama energia syötetään sähköverkkoon sähköaseman kautta. Sähköasemaa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon puiston nykyisen koon lisäksi myös se tullaanko tuulivoimaloiden lukumäärää puistossa lisäämään tulevaisuu-

nessa. Tällöin sähköasema täytyy mitoittaa riittävän suureksi. Toisaalta nämä sähköasemat ovat kokoluokaltaan sen verran pieniä, että näitä asemia voidaan rakentaa vieriviereen tarpeen mukaan.

Tuulipuistojen yhteyteen suunniteltavien sähköasemien toteutus rakenneteknisesti ei käytännössä poikkea tavanomaisesta sähköasemasta. Sähkön syöttämiseksi verkkoon tarvitaan ensinnäkin tehomuuntaja, joka muuntaa tuulivoimaloista tulevan jännitteen sähköverkkoon soveltuvaksi. Sähköntuotantolaitoksen poistamiseksi verkosta asemalta täytyy löytyä katkaisija, jonka avulla kuormitus- ja oikosulkuvirta johdetaan ja katkaistaan sekä erotin, joka aikaansaa luotettavan erotusvälin sähköverkon ja tuotantolaitoksen välille. Näiden lisäksi sähköasemalla tulee olla jännite- ja virtamuuntajat mittauksen mahdollistamiseksi.

Nykyään on saatavilla myös erilaisia yhdistelmälaitteita, joiden avulla sähköaseman laitelukumäärää pystytään vähentämään. Yhdistelmälaitteet sisältävät kuitenkin nämä samat tarvittavat komponentit. Esimerkiksi erottava katkaisija sisältää nimensä mukaisesti erottimen sekä katkaisijan.

GIS-kojeistot ovat kaasueristeisiä suurjännitelaitteita. Ne sisältävät samat komponentit mitä ilmaeristeisestä kytkinkojeistoista löytyy. Niiden avulla vaihevälit saadaan supistettua pieneen osaan verrattuna ilmaeristeiseen sähköasemaan. Ne sopivat hyvin ahtaisiin paikkoihin, mutta niiden hinta on korkea.

PASS-kojeistot sisältävät ominaisuuksia sekä ilma- että kaasueristeisistä laitteista. Ne ovat modulaarisia ja voivat sisältää tarpeen mukaan erottimen, maadoitusveitosen, katkaisijan ja virta- ja jännitemuuntajan /2/. Niiden hinta on myös korkea, joten näitä käytetään vain kun on välttämätöntä saada laitteisto pieneen tilaan. Kuvassa 4 on esimerkki tällaisesta PASS-kytkinkojeistosta.



Kuva 4. PASS –kytkinkojeisto. /2/

5.3 Tarpeen määrittely

Tuulivoimaa rakennetaan maailmalla yhä enemmän ja se on nopeimmin kasvava uusiutuvan energian tuotantomuoto. Suomessa tuulivoiman osuus sähkön kokonaistuotannosta on pieni, mutta vuoteen 2020 mennessä sen osuudeksi tavoitellaan 6-7 prosenttia. /11/

Kilpailukykyisille sähköasemille on siis tulevaisuudessa tarvetta ja pienet rakennuskustannukset ovat etuna kiristyneessä kilpailussa. Sähköasemalle asetettavat vaatimukset vaihtelevat sijoituspaikasta ja asiakkaan toiveista riippuen, joten urakkaa tarjoavalta yritykseltä on hyvä löytyä valmiina useampi ratkaisuvaihtoehto.

5.4 Sähköasemia tilaavat asiakkaat

Periaatteessa sähköasemia tilaavia asiakkaita on kahdenlaisia. Toisilla on paljon kokemusta sähkönsiirrosta ja sähköasemavaatimukset ovat hyvin tarkkoja ja esimerkiksi etäisyydet komponenttien välillä on tarkoin määritelty. Sitten on paikallisia tuulivoimalan omistajia, joilla ei ole syvällistä osaamista sähköasemista. Mo-

lempia asiakkaita tulee osata palvella ja suunnittelu tehdään heidän vaatimuksensa huomioon ottaen.

5.5 Tyypillinen tuulipuiston sähköasema

Yleensä tuulipuistojen sähköasemat ovat melko pelkistettyjä. Niistä löytyy tehomuuntajan lisäksi katkaisija, erotin ja mittamuuntajat. Myös kytkinasemarakennus, jossa sijaitsee ohjaus-, suojaus- ja valvontalaitteisto sekä 20 kV:n kojeisto, on oltava sähköasema-aitauksen sisäpuolella. Kompensointilaitteistolle varataan tila, jos sille on tarvetta. Sähköasemalle ei sijoiteta ylimääräisiä laitteita ja etäisyydet pyritään pitämään pieninä. Huoltoteitä rakennetaan tarpeen mukaan.

110/20 kV:n ilmaeristeinen sähköasema on tyypillinen ratkaisu tuulipuistojen liittämiseksi sähköverkkoon. Tässä työssä keskitytään ilmaeristeisiin sähköasemiin, sillä tuulivoimalat sijaitsevat käytännössä aina asutuskeskusten ulkopuolella eikä näin ollen ole tarvetta käyttää kalliita kaasueristeisiä laitteita. Kuvassa 5 on esimerkki tuulivoimalan yhteyteen rakennetusta sähköasemasta. Kyseisen aseman erikoisuutena ovat ylimääräiset erottimet ennen 110 kV:n linjaan kytkemistä, jolloin sähkön syöttö voidaan ohjata tiettyyn suuntaan. Muuntaja on myös suojattu jokaiselta sivultaan betonisella suojaseinällä melun pienentämiseksi.



Kuva 5. Tuulivoimalan yhteyteen sijoitettu ABB:n sähköasema.

6 STANDARDISOINTI

Standardisoinnilla pyritään sähköasemia koskevat vaatimukset pitämään yhtenäisinä kaikissa sähköasemaprojekteissa. Vaatimusten avulla huolehditaan siitä, että järjestelmän käyttö tapahtuu turvallisesti ja asennus toimii asianmukaisesti. Standardien mukaan tehty asema on edellytys yrityksen toiminnan jatkumiselle.

6.1 Sähköasemia koskevat standardit

Sähköasemia koskevia standardeja ovat esimerkiksi suomalainen SFS 6001, joka pohjautuu eurooppalaiseen CENELEC-standardiin, sekä kansainvälisen sähköalan standardointiorganisaatio IEC:n määrittelemät standardit. Nämä standardit käsittelevät suurjännitesähköasennuksia, joita ovat yli 1 kV:n vaihtosähköiset asennukset. Tässä työssä painotus on Suomeen rakennettavilla sähköasemilla, joten standardeista keskitytään SFS-standardiin.

Suomeen rakennettaviin sähköasemiin sovelletaan SFS 6001 – standardin lisäksi SFS 6002 – standardia, joka käsittelee sähkötyöturvallisuutta. Se antaa perusteet turvalliselle sähkötyölle ja sähköasennuksia tekevien henkilöiden tulee tuntee standardin sisältö. Standardia sovelletaan kaikkeen sähkölaitteistojen käyttö- ja ohjaustoimintaan sekä työntekoon sähkölaitteistoissa ja niiden läheisyydessä.

6.2 SFS 6001

SFS 6001 – standardi käsittelee suurjännitesähköasennuksien suunnittelua ja rakentamista. Suurjännitesähköasennukset koskevat yli 1000 V:n vaihtojännitteisiä asennuksia. Standardin perustana on eurooppalainen CENELEC HD 637:1999. SFS 6001 – standardia sovelletaan erilaisissa sähköasemissa, muun muassa muuntamoissa ja voimalaitoksissa. Sähköasemien väliset kaapelit kuuluvat myös standardin piiriin.

SFS 6001 – standardin vaatimusten avulla huolehditaan siitä, että järjestelmien käyttö on turvallista ja asennukset toimivat asianmukaisesti. Standardi koskee uusien asennusten lisäksi käytössä olevien suurjänniteasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustöitä. /8, 4/

6.3 Jännitteisten osien vähimmäisetäisyydet

Sähköasemaa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kohdemaan lait, määräykset ja standardit. Kun asemaa suunnitellaan Suomeen, on noudatettava sähköasemia koskevia SFS-standardeja.

Etäisyydet vaiheen ja maan sekä vaiheiden välillä on oltava riittävät, jotta sähköasemalla ei tulisi vaaratilanteita. Jännitteen kasvaessa myös etäisyyksiä tulee kasvattaa standardin mukaisesti. Vähimmäisetäisyydet ovat oleellisia tietoja sähköasemaa suunniteltaessa, sillä ne luovat vaatimukset laitteiston, aitauksen ja muiden komponenttien sijoitukselle.

Suurjänniteasennuksia koskevassa SFS 6001 – standardissa määritellään vähimmäisetäisyydet eri jännitteillä. Taulukossa 1 on lueteltu Suomessa suositeltaviin jännitearvoihin liittyvät vähimmäisetäisyydet.

Taulukko 1. Vähimmäisetäisyydet eri jännitteillä. /8, 30-31, 48/

Järjestelmän nimellisjännite U_n kV	Laitteen suurin käyttöjännite U_m kV	Pienin vaiheen ja maan välinen etäisyys N mm	Maasta eristimen alaosaan mm	Maasta jännitteeseen osaan mm
10	12	120/150	2600	2800
20	24	220	2600	2820
110	124	1100	2600	3700
400	420	3400	2600	6000

6.4 Yleisiä vaatimuksia

Eurooppalaisen CENELEC-standardin vaatimukset perustuvat eri maiden minimimittoihin. Tähän standardiin perustuva suomalainen SFS 6001 sisältää osittain tiukempia vaatimuksia rakenteiden kestävyydelle ja turvallisuuskysymyksille. Esimerkiksi ulkoasennuksissa on Suomen olosuhteissa otettava huomioon lumi-kuormat.

Rakennuksille ja työskentelyalueille annetaan vaatimuksia, jotka täytyy suunnitelluvaiheessa ottaa huomioon. Kun asemalla on käytössä 10-25 MVA:n muuntaja, joka on yleisin kokoluokka pienillä sähköasemilla, tulee etäisyys lähimmästä ra-

kennuksesta olla 5 metriä. Jos muuntajan ja rakennuksen väliin rakennetaan seinä, ei etäisyysvaatimuksen tarvitse täyttyä. /8, 57/

Rakennuksissa on oltava hätäpoistumistiet ja ovien on avauduttava ulospäin. Käytävät ja työskentelyalueet tulee mitoittaa riittäviksi, jotta kojeiston käyttö ja kuljetukset ovat mahdollisia. Kantavat rakenteet tulee valmistaa palamattomista materiaaleista ja pintaverhouksen on oltava vaikeasti syttyvästä ja paloa levittämättömästä materiaalista.

7 SÄHKÖASEMAN VAKIORATKAISUT

Sähköasemien suunnittelussa pyritään käyttämään mahdollisuuksien mukaan vakioratkaisuja. Vakioratkaisujen käyttö nopeuttaa suunnittelua ja selkeyttää suunnittelutyötä. Sähköaseman on oltava taloudellinen, selväpiirteinen ja käyttäjäystävällinen.

7.1 110/20 kV kompakti sähköasema

Tässä työssä pyritään suunnittelemaan kolme vaihtoehtoa tuulipuistojen sähköasemien vakioratkaisuille. Näitä vakioratkaisuja tullaan käyttämään heti tarjousvaiheessa ja näiden suunnitelmien mukaan tullaan lopullinen sähköasema valmistamaan. Sähköasemasta pyritään saamaan mahdollisimman pieni, jotta rakennuskustannukset pysyisivät matalina.

Tuulipuistojen sähköasemat ovat usein 110/20 kV:n sähköasemia ja tässä työssä keskitytään ainoastaan sen jännitetason asemiin. Tuulipuistoja varten suunniteltavat asemat eivät poikkea juurikaan tavanomaisesta sähköasemasta. Laitteiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon käytettävissä oleva tila, johtojen tulosuunnat ja tulevaisuuden varaukset.

7.2 Aseman ratkaisuvaihtoehdot

Tässä työssä suunnitellaan kolme vaihtoehtoista sähköasemaratkaisua. Ratkaisuvaihtoehtoissa on pyritty hakemaan erilaisia variaatioita, sillä sähköasema tulee räätälöidä aina olosuhteiden mukaan. Myös asiakkaat vaativat asemiltaan erilaisia ominaisuuksia. Ratkaisuissa yhdistyy tavoitteellisuus mahdollisimman kompaktiin sähköasemaan. Rakennuskustannuksia pyritään minimoimaan muun muassa rajoittamalla aseman kokoa, pitämällä kojeiden etäisyydet pieninä ja valmistamalla kojeille yhteinen teline. Yhteistelineen tarkoitus on vähentää perustusten määrää. Jokaisessa sähköasemavaihtoehdossa on noudatettu SFS 6001 – standardin mukaisia vaatimuksia.

Piirustukset suunnitellaan MicroStation V8i-suunnitteluohjelmalla. Piirustukset ovat 2D-malleja. Jokaisesta vaihtoehdosta suunnitellaan sijoituspiirustus, josta

näky sähköaseman yläkuvanto sekä leikkauspiirustus, josta ilmenee aseman sivuprofiili. 2D-suunnittelu on Sähköasemat-yksikössä yleisessä käytössä. 2D-suunnittelu riittää yleensä kattamaan asiakkaiden vaatimukset suunnittelutyöltä eikä näin ollen tuo juurikaan lisäarvoa 3D-suunnitteluun verrattuna. Piirustukset on suunniteltu mittakaavassa 1:100.

Jokaisesta ratkaisusta löytyy tarpeelliset laitteet turvallista sähkön syöttöä varten. Asemalla on tehomuuntajan lisäksi jännite- ja virtamuuntajat mittausta varten, katkaisija, joka pystyy katkaisemaan ja johtamaan kuormitusvirran lisäksi oikosulkuvirran sekä erotin, jonka avulla sähköasema voidaan erottaa sähköverkosta. Nämä 110 kV:n kojeet on sijoitettu jokaisessa vaihtoehdossa samalle yhteistelineelle ja näin ollen säästetään perustus-, valmistus- ja rakennuskustannuksissa.

Kaikista vaihtoehdoista löytyy myös tehdasvalmisteinen kytkinasemarakennus MEHO, joka sisältää 20 kV:n kojeiston lisäksi ohjaus-, suojaus- ja valvontalaitteet. Se on usein käyttökelpoisin ja taloudellisin ratkaisu pienillä ja keskisuurilla syöttöasemilla. MEHO kootaan asennuspaikalla valmiista kuljetusyksiköistä betonipalkkien, betonilaatan tai kellarikerroksen päälle. Parkkipaikat on jokaisessa ratkaisuvaihtoehdossa suunniteltu rakennettavaksi aitauksen ulkopuolelle.

7.2.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisessä vaihtoehdossa sähköasema on kohtisuorassa olemassa olevaa 110 kV:n linjaan nähden. Aseman koko on 16,2 m x 30,3 m. Tehomuuntaja ja kytkinlaitteet on sijoitettu leveyssuunnassa aseman keskelle. Muuntajalle on rakennettu suojaseinät jokaiselle sivulle ja ukkosmasto on sijoitettu huoltotien puoleisen seinän päälle. Ukkosmaston tarkoituksena on suojata sähköasemaa salaman iskulta. Muuntajan takana on 5 metrin levyinen huoltotie, jota pitkin muuntaja voidaan tuoda rakennusvaiheessa lähelle lopullista sijoituspaikkaansa. Huoltotie jatkuu leveyssuunnassa aseman läpi. Muuntaja siirretään lopulliseen paikkaansa huoltotien suunnasta. Tietä pitkin voidaan myös kuljettaa tarvittavia välineitä huoltolanteissa ja laiterikon sattuessa.

Kytkinasemarakennus MEHO ohjaus-, suojaus- ja valvontalaitteineen on sijoitettu linjalta katsottuna vasempaan takanurkkaan. Kompensointilaitteistolle on varattu paikka kytkinasemarakennuksen vierestä. Jos sähköasemalle ei ole tarvetta sijoittaa kompensointia, voidaan asemaa kaventaa noin 4 metriä.

Kulku asemalle tapahtuu kytkinasemarakennuksen vierestä. Sisäänkäynnin leveys on 6 metriä, joten muuntajan ja huoltovälineiden tuonti kuorma-autolla on mahdollista. Jalankululle on oma ovensa, eikä sen käyttö vaadi suuremman oven avaamista.

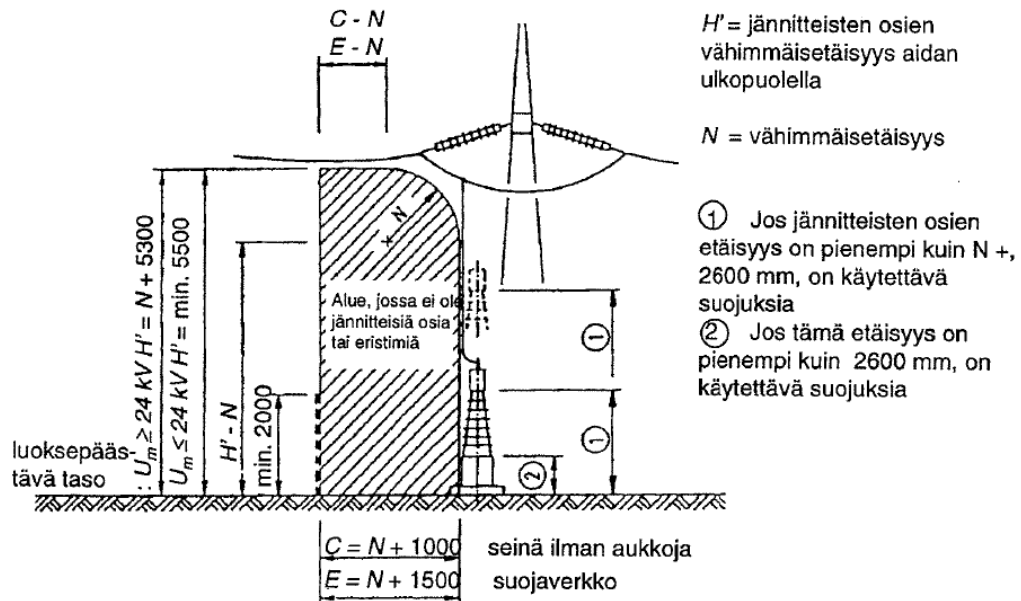
Aitauksen korkeus on 2200 mm ja jännitteisten osien etäisyys siihen on riittävä joka puolella asemaa, joten aidan ulkopuolella liikuttaessa ei ole vaaraa joutua kosketuksiin jännitteisten osien kanssa. Aitauksen minimikorkeus 2000 mm ilmoitetaan SFS 6001 – standardissa. Useissa projekteissa vaaditaan vähintään korkeutta 2100 mm, joten yleisesti aidalle on päädytty käyttämään korkeutta 2200 mm.

Kuvassa 6 näkyy ohje siitä, miten jännitteetön ja eristeetön alue aitauksen läheisyydessä mitoitetaan. Kaavoissa oleva N on 110 kV:n jännitteellä 1100 mm. Aita on suojaverkkoa.

$$E = N + 1500 \quad (1)$$

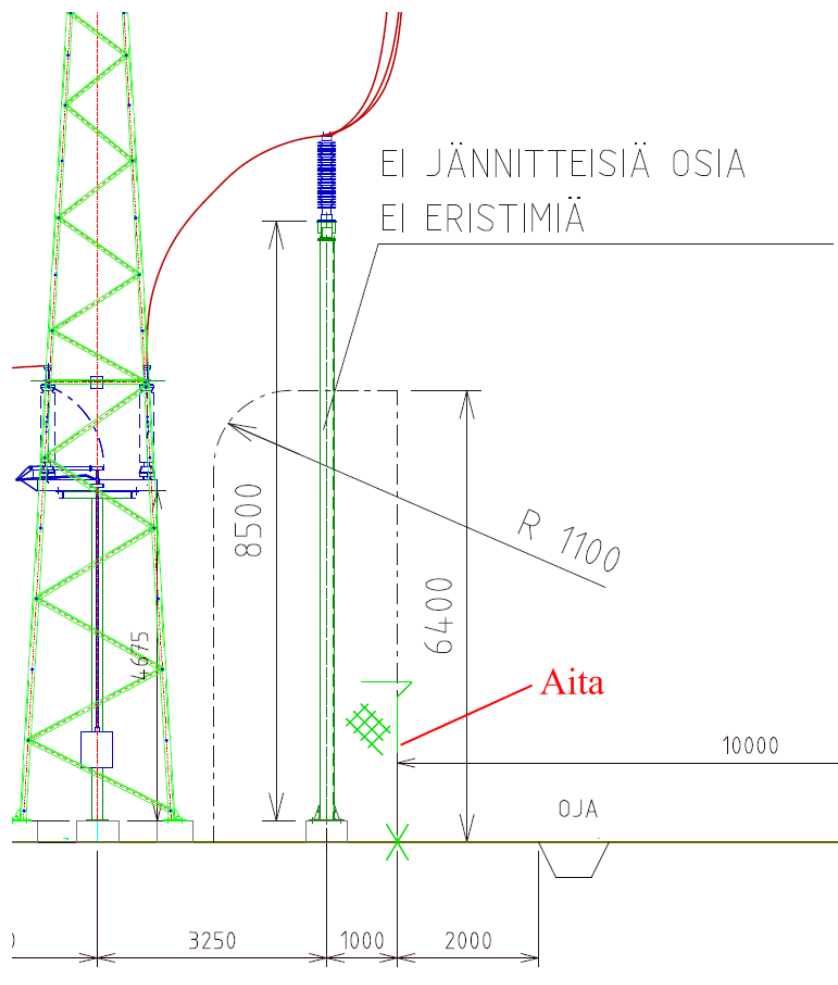
$$H' = N + 5300 \quad (2)$$

Yllä olevien kaavojen mukaan etäisyydeksi pituussuuntaan tulee 2600 mm ja korkeudeksi 6400 mm. Tämä on siis alue, jossa ei saa olla jännitteisiä osia tai eristimiä. Tässä työssä noudatetaan näitä mittoja jokaisessa vaihtoehdossa.



Kuva 6. Etäisyys aidasta ja vähimmäiskorkeus. /8/

Aitauksen kokoa pystyy hieman pienentämään, jos eristimen telineen korkeutta on mahdollista lisätä. Eristimen korkeutta lisäämällä voidaan jännitteiset osat saada riittävän ylös, jolloin vaadittava korkeus 6400 mm ylittyy. Tämä korkeus koskee 110 kV:n jännitetasoa. Kuvassa 7 näkyy eräessä projektissa käytetty ratkaisu, jonka avulla suojaverkko on voitu rakentaa lähemmäs eristimen telinettä. Tässä ratkaisussa aita on 1 metrin päässä eristintelineestä. Vaikka aitauksen kokoa on pystytty pienentämään, säästö kustannuksista on epävarmaa, sillä terästelineen kokoa on jouduttu kasvattamaan. Toteutettava ratkaisu tulee arvioida aina tapauskohtaisesti.



Kuva 7. Tilanne, jossa aita voidaan rakentaa lähemmäs telinettä.

7.2.2 Vaihtoehto 2

Toisessa vaihtoehdossa asema on 110 kV:n linjan suuntainen. Aseman koko on 16,2 m x 29,5 m. Vaihtoehto 1:een verrattuna muuntajaa ja kojeita on sijoiteltu uudelleen, jolloin on saatu lisättyä huoltotien pituutta. Muuntajan koosta riippuen muuntajan perustusta voidaan mahdollisesti pienentää ja lisätä huoltotien leveyttä. Perustuksen koko tulee mitoittaa aina muuntajan koon mukaan tapauskohtaisesti.

Muuntajien etäisyyksien ohjearvot on ilmoitettu SFS 6001 – standardissa. Ohjearvot näkyvät taulukossa 2. Pienemmillä sähköasemilla on usein käytössä mitoitus-teholtaan 10-40 MVA:n muuntaja. Käytettäessä palonsammutuslaitteistoa ja/tai suojaesineitä etäisyyttä G voidaan pienentää.

Taulukko 2. Muuntajien etäisyydet ulkona olevissa sähkötiloissa. /8, 57/

Mitoitusteho (MVA)	Etäisyys G (m)
1...10	3
> 10...40	5
> 40...200	10
> 200	15

Muuntaja tuodaan sähköasemalle huoltotietä pitkin ja siirretään sen suunnasta lopulliseen sijoituspaikkaansa. Kytkinasemarakennus sijaitsee samassa paikassa kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Myös sisäänkäynti asemalle tapahtuu kytkinasemarakennuksen vierestä ensimmäisen vaihtoehdon mukaisesti.

Liikesalaisuuksien suojaamiseksi tämän kohdan tekstiä on lyhennetty, eivätkä piirustukset ole nähtävillä.

7.2.3 Vaihtoehto 3

Kolmannessa vaihtoehdossa asema on myös 110 kV:n linjan suuntainen. Paikka kompensoinnille on rajattu tässä vaihtoehdossa pois. Verkkoidassa on irrotettavat seinämät vasemmalla puolella linjalta katsottuna. Sisäänkäynti jalkaisin tapahtuu kytkinasemarakennuksen vieressä olevasta käyntiovesta. Ovien aukeamiset on suunniteltu siten, että ne veisivät mahdollisimman vähän tilaa kulkureiteiltä.

Kytkinasemarakennuksen sisäänkäynnit oletetaan olevan rakennuksen päissä. Tämän perusteella muuntajan perustus voidaan rakentaa lähemmäs MEHO-rakennusta, eikä oven aukaisulle tarvitse jättää ylimääräistä tilaa. Lisäksi tässä vaihtoehdossa muuntajan perustusta on hieman pienennetty aikaisemmasta. Perustus muuntajalle tulee mitoittaa sen koon mukaan tapauskohtaisesti.

Liikesalaisuuksien suojaamiseksi tämän kohdan tekstiä on lyhennetty, eivätkä piirustukset ole nähtävillä.

7.3 Modules and Sub Modules -moduulikirjasto

ABB:n sisäisessä verkossa on käytössä kirjasto, joka tarjoaa valmiita malliratkaisuja sähköasemien komponenteista. Se on tarkoitettu nopeuttamaan suunnittelua

ja tekemään suunnittelusta vakioitua. Modules and Sub Modules – moduulikirjastosta löytää malliratkaisuja 72,5 kV-420 kV jännitetason sähköasemista. Sivustolla on myös valmiita malleja yksittäisistä laitekokonaisuuksista, esimerkiksi katkaisijasta ja terästelineestä löytyy 3D-mallit dgn-,dwg- ja pdf-muodoissa. Lisäksi laitekokonaisuuden materiaalit saa Exceliin listattuna. Työssä perehdytään hiukan näihin valmISRatkaisuihin ja tutkitaan voisiko niiden ominaisuuksia hyödyntää suunnittelussa.

7.3.1 Vaatimukset

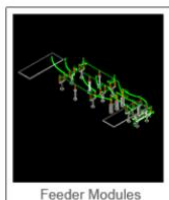
Kirjaston käyttö vaatii pääsyn ABB:n sisäiseen verkkoon. Tietokoneella tulee olla joko AutoCAD tai MicroStation käytössä, jotta piirustusten käyttäminen ja muokkaaminen olisi mahdollista. Adobe Readerin avulla voi tarkastella rakenteita pdf-muodossa. Lisäksi materiaaliluetteloiden teko vaatii Microsoft Excelin.

7.3.2 Moduulikirjaston käyttö

Kirjaston pääsivulta löytyy kolme eri työkalua helpottamaan suunnittelua; Feeder Modules, Sub Modules ja Bill of Material-Tool. Kuvassa 8 on näkymä kirjaston pääsivulta.

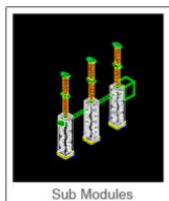
[Read News](#)[Give Feedback](#)[Recommend Site](#)[Get Support](#)[Search](#)

Welcome to Modules and Sub Modules



Feeder Modules

Feeder Modules:
To be used to configurate a substation by using pre-defined Standard Feeders



Sub Modules

Sub Modules:
To be used to customize the pre-defined Standard Feeder Modules or to be used to build up non-standardized substation designs from scratch.



BOM-Tool

Bill of Material-Tool:
To be used to calculate the materials out of the different Feeder BOM-Sheets.

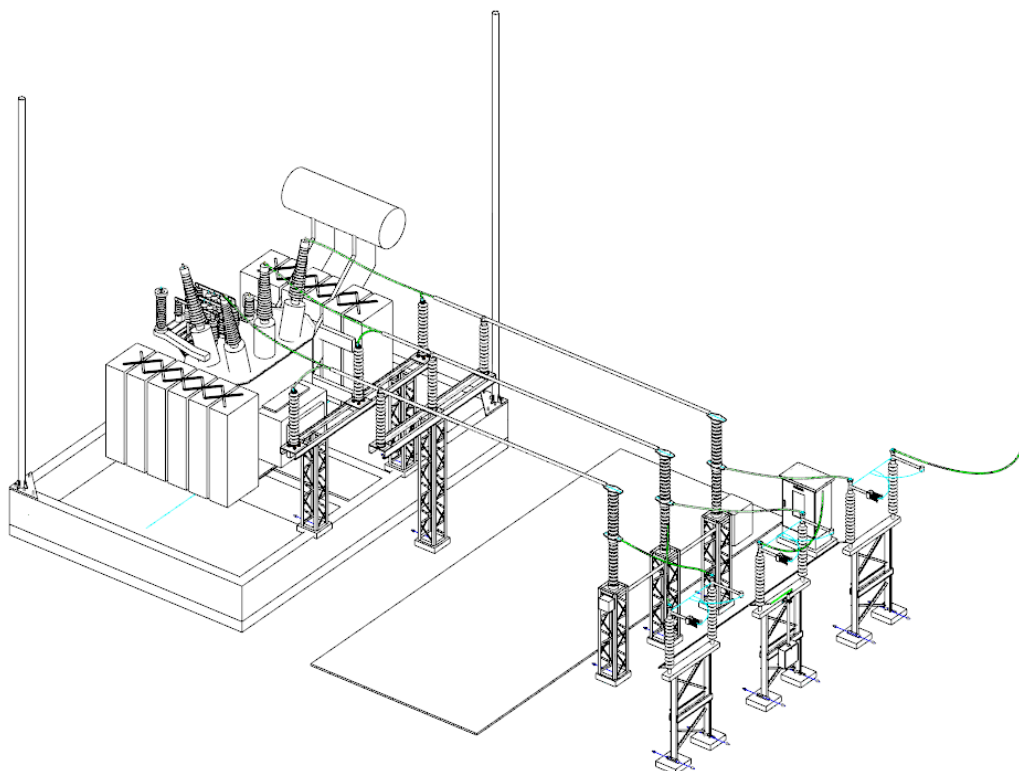
Links:

[T&D Substation Technology Management](#)
[T&D Substation Solution Portfolio](#)

Product Manager of Module Library: Richard Bornhoffer

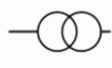
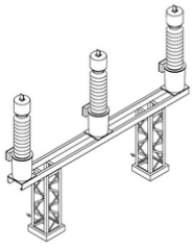





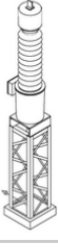





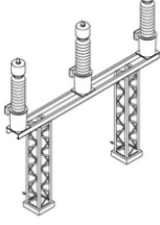




Kuva 8. Modules and Sub Modules – pääsivu.

Feeder Modules – valikosta avautuu standardoitua konfiguraatioita eri jännitteisille ilma- ja kaasueristeisille sähköasemakokonaisuuksille. Näistä voi valita haluamansa osan jännitetason, kokoojakiskojen lukumäärän ja eristyksen mukaan. Suomessa yleisimmin käytettäviä jännitetasoja ei ole mahdollista valita, joten sivusto ei sovellu suoraan käytettäväksi Suomeen suunniteltavissa sähköasemissa. Eri komponentteja on kuitenkin mahdollista hyödyntää, jos voi käyttää aikaa mallien muokkaamiseen. Kirjaston sähköasemat ovat modulaarisia eli aseman osat on kuvattu itsenäisiksi osiksi, joista kootaan erilaisia kokonaisuuksia. Kuvassa 9 näkyy sähköaseman muuntajakenttä, joka sisältää tehomuuntajan, ylijännitesuojan, katkaisijan, erottimen ja tukieristimen. Yhdistelemällä näitä erilaisia rakennuspaikoita, voi rakentaa melko nopeasti kokonaisen sähköaseman.



Kuva 9. Feeder Modules -sivulta löytyvä esimerkkikokonaisuus.

Sub Modules – valikon alla on yksittäisiä sähköasemakomponentteja suunnittelun avuksi. Jos Feeder Modules -valikosta ei ole löytynyt oikeanlaista moduulikokonaisutta, voi tällä sivulla koota itse oikeanlaisen tuotteen. Sivulta voi valita esimerkiksi jännitemuuntajan, jolloin sivulta avautuu kuvan 10 näkymä. Jännitemuuntajan pystyy yhdistämään toisiin komponentteihin, jotta saavutetaan tarpeellinen laitteistokokonaisuus. Sivulta voi valita haluamansa ratkaisun dgn-, dwg- tai pdf-muodossa. Tämän lisäksi on saatavilla kyseisen komponentin kasaukseen ja asennukseen tarvittavien materiaalien listaus Excel-tiedostona.

Technical Details			
Rated Voltage	145.0 kV		
BIL	650 kV		
IdNo: 1HVB002346	Give Feedback Get Support		
Description Sub-Module 145kV Voltage Transformer -one group of three VT-s- group of -3x1- VT 145kV Type ABB CPA incl. Steel structure h_1800mm, earthing material and fixation material for control cables - designation code -BU_ABB CPA145_1800			
 DGN-File	 DWG-File		
 Bill of Material	 3D-Model		
IdNo: 1HVB002347	Give Feedback Get Support		
Description Sub-Module 145kV Voltage Transformer -single pole VT- single pole VT 145kV Type ABB CPA incl. Steel structure h_1800mm, earthing material and fixation material for control cables - designation code -BU_ABB CPA145_1800_1p			
 DGN-File	 DWG-File		
 Bill of Material	 3D-Model		
IdNo: 1HVB002348	Give Feedback Get Support		
Description Sub-Module 145kV Voltage Transformer -one group of three VT-s- group of -3x1- VT 145kV Type ABB CPA incl. Steel structure h_2900mm, earthing material and fixation material for control cables - designation code -BU_ABB CPA145_2900			
 DGN-File	 DWG-File		
 Bill of Material	 3D-Model		

Kuva 10. Jännitemuuntajan vaihtoehtoja.

Kolmas pääsivulta löytyvä työkalu on Bill of Material, jonka avulla voi listata sähköasemalla tarvittavia materiaaleja. Kullekin laitteelle ja moduulille on listattu kokoonpanossa ja asennuksessa tarvittavia materiaaleja, jotka löytyvät Excel-muodossa kyseisen komponentin alta. Kun näitä laitteita tai moduuleita yhdistellään, tulee niissä tarvittavat materiaalit listata. Bill of Material – työkalun avulla voi nämä materiaalit yhdistää samaan tiedostoon.

7.3.3 Yhteenveto moduulikirjastosta

Tämän tarkemmin ei Modules and Sub Modules –moduulikirjaston mahdollisuuksiin tässä työssä tutustuttu. Jo aikaisessa vaiheessa ilmeni, etteivät kirjaston tarjoamat ominaisuudet ole riittäviä, jotta suunnittelutyö nopeutuisi tai helpottuisi merkittävästi. Moduulikirjaston ratkaisut vaatisivat työstämistä, jotta niitä voisi käyttää Suomeen suunniteltavissa sähköasemissa. Yksi suurimmista eroavaisuuksista

sista oli kojeiden telineissä käytetyt ristikkorakenteet, joita ei yleensä kotimaan projekteissa käytetä. Ristikkorakenteita käytetään ainoastaan, jos teräksen määrä projektissa on suuri ja tavoitteena on vähentää kuluja teräksen painoa pudottamalla. Telineet valmistetaan yleensä putkipalkeista, sillä niiden työstettävyys ja suunnittelu on helpompaa. Myös asennus on nopeampaa, kun rakenne on yksinkertainen.

Moduulikirjaston käyttöä voisi harkita tarjoussuunnittelussa, kun on tarve saada nopeasti karkea malliversio tulevasta sähköasemasta. Pienten sähköasemien suunnittelu ei kirjaston komponentteja hyväksikäyttäen onnistunut. Toisaalta kirjaston avulla on suhteellisen helppo rakentaa suuria kokonaisuuksia, sillä sähköasema on jaettu toiminnallisiin kokonaisuuksiin, joita pystyy helposti kopioimaan ja yhdistelemään tarpeen mukaan.

8 YHTEISTELINE

Tuulipuiston sähköaseman rakenne on isompiin sähköasemiin verrattuna yksinkertainen. Päämuuntajan lisäksi rakenteeseen kuuluu katkaisija, erotin ja mittamuuntajat. Tässä työssä pyritään löytämään sopiva telineratkaisu kyseisille kojeille.

8.1 Telineen tarkoitus

Pieniä sähköasemia suunniteltaessa pyritään rakennus- ja valmistuskustannukset pitämään mahdollisimman alhaisina kilpailukyvyn edistämiseksi. Etäisyydet laitteiden välillä pyritään pitämään pieninä ja turhia osia tulee välttää. Mittamuuntajille, katkaisijalle sekä erottimelle suunnitellaan yhteinen teline, mikä edesauttaa pienentämään valmistuskustannuksia.

Telinettä suunniteltaessa tulee seurata SFS 6001 – standardin mukaisia vaatimuksia. Vaadittu vähimmäisetäisyys vaiheiden välillä sekä maasta jännitteeseen osaan tulee täyttyä. Telineeseen sijoitettavien laitteiden paino, koko ja kiinnittäminen tulee ottaa huomioon.

8.2 Tavoite

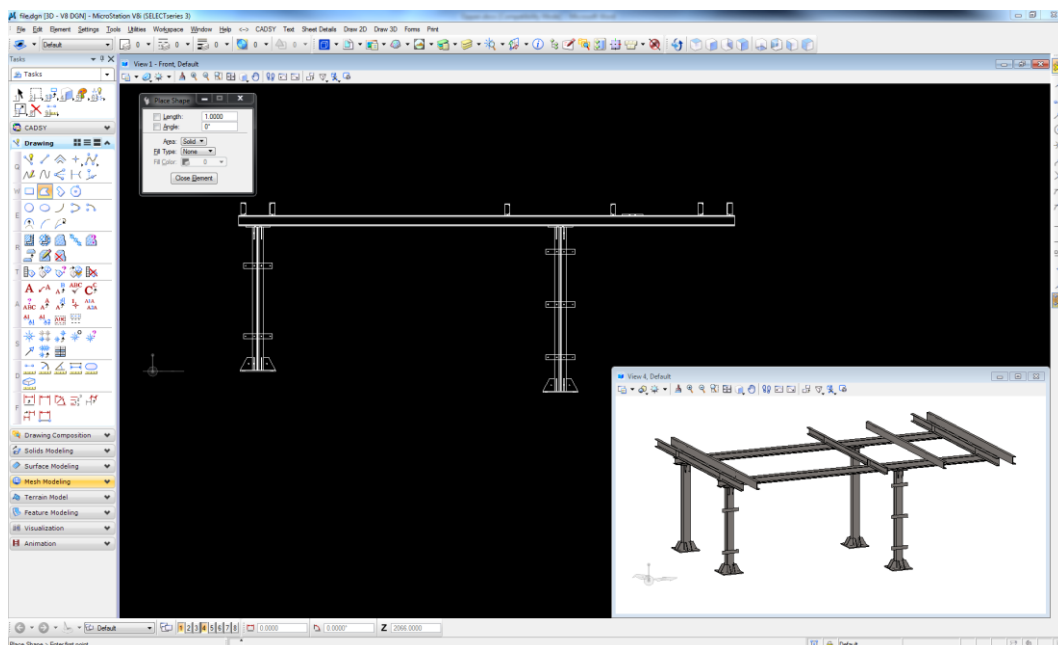
Telineen tavoitteena on olla mahdollisimman yksinkertainen valmistaa ja asentaa. Sen tulee kestää siihen kohdistuva kojeiden paino sekä luonnonvoimat. Kaikki telineelle suunnitellut kojeet ovat ABB:n valmistamia ja mitoitus on tehty näiden mukaan. Laitteiden kaapelointi ja maadoitus tulee ottaa huomioon telineen suunnittelussa. Teline tulee olla realistinen toteuttaa.

8.3 3D-mallin piirtäminen

Mallin pohjana oli eräässä projektissa toteutetun yhteistelineen 2D-piirustus. Piirustuksen ja kyseisen sähköaseman ratkaisuja pyrittiin soveltamaan 3D-mallin teossa. Piirustuksesta poiketen telinettä oli jouduttu muokkaamaan huomattavasti rakennusvaiheessa. Nämä muutokset antoivat pohjaa uuden mallin suunnittelussa.

Telineestä piirretään malli MicroStation-suunnitteluohjelmalla. 3D-malli on havainnollinen keino kuvata suunniteltavan kohteen yksityiskohtia ja sen avulla myös kokonaisuus on helppo hahmottaa. Valmista mallia voidaan käyttää esimerkiksi osana tarjous- tai toteutusvaiheen suunnittelua, kun asiakkaalle halutaan näyttää alustavaa suunnitelmaa kojeiden sijoituksesta.

Mallin luonti perustuu geometrisiin muotoihin, joita pursotetaan todellista kappaletta vastaaviksi. Malleja pystytään muokkaamaan helposti suunnitteluohjelman työkaluilla. Esimerkiksi reikien teko, mallin kopiointi ja siirtäminen ovat terästelintä suunniteltaessa usein käytössä. Kuvassa 11 näkyy MicroStation-ohjelma yhteistelineen 3D-mallin piirtämisen aikana.



Kuva 11. MicroStation, 3D-mallinnus.

Ohjelmassa on kirjasto usein käytetyistä profiileista ja näitä kannattaa käyttää mahdollisuuksien mukaan. Kirjaston käyttö nopeuttaa suunnittelutyötä ja myös selkeyttää sitä, sillä eri projekteissa on käytössä samanlaiset ratkaisut. Valmiista profiileista voisi mainita HEA-palkit, joita tässä työssä käytettiin usein. Myös muita rakenneterästen profiileja käytettiin mallinnuksen aikana.

8.4 Valmiin tuotoksen arviointi

Terästelineestä saatiin riittävän yksinkertainen, joten tuotteen valmistuksen ei pitäisi tuottaa ongelmia. Telineessä on varattu paikat kaapelointia ja maadoitusta varten.

Pystypilarit ovat HEA-tyypin leveälaiippaista I-palkkia, joka pystytetään teräslävyn päälle ja tuetaan joka sivulta. Terästeline tulee toiselta sivultaan 300 millimetriä korkeammalle, sillä se on samalla perustuksella muuntajan kanssa. Tämän tarkoituksena on säästää perustuskustannuksissa. Pystypilarien päälle tulee kaksi HEA-tyypin I-palkkia, joiden päälle kiinnitetään poikittain UPE-tyypin teräspalkit laitteita varten. UPE-palkit on vahvistettu kahdella tukilevyllä uran puolelta rakenteen tukevoittamiseksi. Pystypilareihin on varattu paikat kaapelointia ja maadoitusta varten.

Saatua mallia voidaan käyttää tulevaisuudessa mahdollisen sähköasemien 3D-suunnittelun yhteydessä. Teline sopii pienempiin projekteihin, kun tarvitaan ainoastaan yksi teline kaikille laitteille. Kuitenkin on aina varmistettava projektikohtaisesti esimerkiksi laitteiden korkeudet, kiinnitysreiät ja ohjainkoteloiden sijoitus. Laitteiden mittojen muuttuessa on luonnollisesti tehtävä muutokset myös telineeseen.

9 YHTEENVETO JA TULEVAISUUS

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tuulipuistojen yhteyteen soveltuva mahdollisimman kompakti sähköasema. Työn perustana olivat aikaisemmat sähköasemaprojektit ja alaa koskevat standardit ja määräykset. Työn tuloksena saadut kolme vaihtoehtoa sähköasemien layouteille ovat varteenotettavia vaihtoehtoja tulevaisuuden projekteihin, jotka edellyttävät yksinkertaista ja kompaktissa muodossa olevaa asemaa. Jokaisessa vaihtoehdossa on erityispiirteensä ja ne soveltuvat erilaisiin kohteisiin. Asiakkaan toiveen mukaan voidaan vielä yhdistellä eri vaihtoehtojen ominaisuuksia toisiinsa. Tulevien projektien toteutuksessa jää nähtäväksi millaisia ominaisuuksia asiakkaat haluavat asemaltaan ja mistä vaihtoehdosta tulee suosituin.

Jatkokehityksen kohteena olisi tutkia eri vaihtoehtojen hinnan muodostumista. Tulisi selvittää, miten eri ratkaisut vaikuttavat maanrakennus-, valmistus- ja asennuskustannuksiin. Esimerkiksi kuinka paljon säästetään huoltotien rajaamisella kokonaan pois aseman sisäpuolelta. Yhteistelineen käyttö kojeteelineenä tulisi myös tutkia tarkemmin. Säästetäänkö perustuskustannuksissa niin paljon, että kannattaa valmistaa yksi iso teline.

Liikesalaisuuksien suojaamiseksi tämän kohdan tekstiä on lyhennetty.

Tulevaisuudessa voisi olla hyväksi, jos kyseiset asemat olisivat nähtävillä 3D-malleina. Sähköasemien tarjousvaiheessa olisi kätevä näyttää asiakkaalle valmiin aseman 3D-mallia, ja näin ollen sähköasemista tietämätönkin asiakas saisi heti käsityksen, miltä valmis asema tulisi näyttämään. Todennäköisesti tulevaisuudessa kolmiulotteisuutta tullaan tekemään sähköasemien suunnittelussa yhä enemmän.

Modules and Sub Modules – sivuston käyttö suunnittelussa koettiin työn aikana liian aikaa vieväksi. Sivuston käyttö vaatisi syvempää perehtymistä ennen kuin sen käytöstä tulisi tehokasta. Kirjastosta löytyvät valmistusratkaisut myös poikkesivat melko paljon siitä, kuinka asemat on valmistettu aiemmin Sähköasematyksikössä. Toteutusvaiheen suunnittelussa tulee aina projektikohtaisia vaatimuk-

sia ja harvoin ne ovat samanlaisia jokaisessa projektissa. Tämän vuoksi kirjaston käyttämät ratkaisut eivät ole käyttökelpoisia kovinkaan usein. Toisaalta tarjousvaiheen suunnittelussa voisi olla kirjastolle käyttöä, kun on nopeasti hahmoteltava suurempi sähköasemakokonaisuus. Tällöin moduulipohjaisesta suunnittelusta on hyötyä. Tämä edellyttää sitä, ettei aseman yksityiskohtiin kiinnitetä vielä suurempaa huomiota.

LÄHTEET

/1/ ABB. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa

/2/ ABB Maailmalla. Viitattu 10.4.2013.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/06c0023ff3928d20482578a20033a6b5/\\$file/pass%20flyer.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/06c0023ff3928d20482578a20033a6b5/$file/pass%20flyer.pdf)

/3/ ABB Suomessa. Viitattu 3.1.2013. <http://www.abb.fi/>

/4/ Energiateollisuus, Verkon rakenne. Viitattu 6.3.2013.

<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/verkon-rakenne>

/5/ Energiaverkko. Sähkönsiirto. Viitattu 18.4.2013.

http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_siirto/sahkonsiirto.htm

/6/ Fingrid Oyj, Suomen sähkövoimajärjestelmä. Viitattu 6.3.2013.

<http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>

/7/ Maviko. Maasulkuvirran kompensointi. Viitattu 22.4.2013.

http://www.maviko.fi/maasulkuvirran_kompensointi/

/8/ SFS 6001 + A1 + A2. Suurjännitesähköasennukset. Suomen standardoimisliitto SFS.

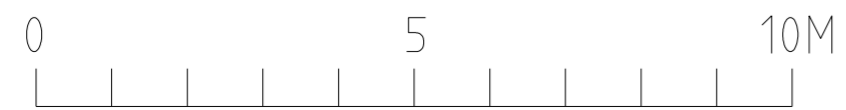
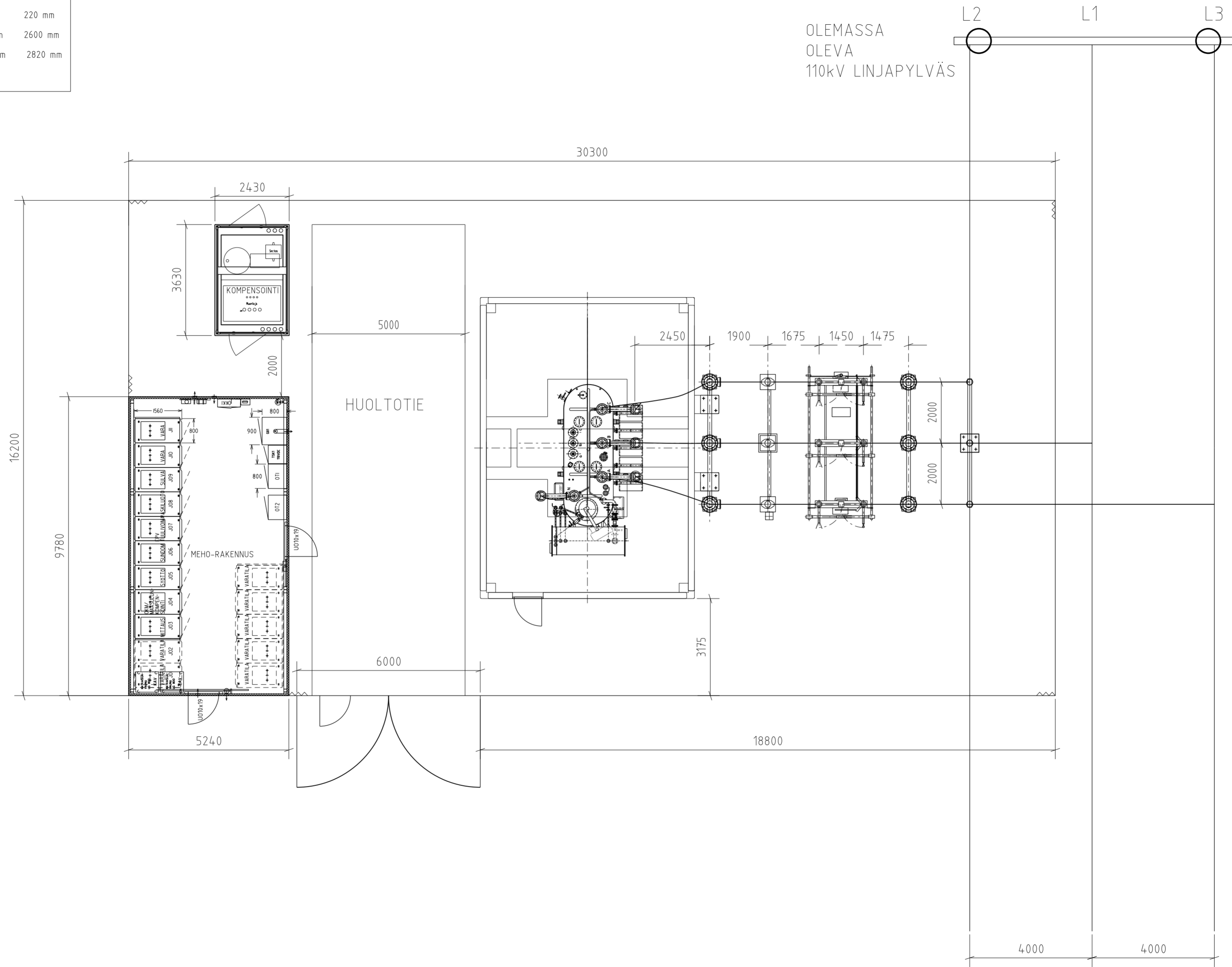
/9/ Supponen, J. 1987. Sähkönjakelu 52–170 kV Ulkokytkinlaitokset

/10/ Technical Application Papers No. 13. Wind power plants. ABB

/11/ Tuulivoimaopas. Viitattu 8.2.2013. <http://www.tuulivoimaopas.fi/>

VÄHIMMÄIS ETÄISYYDET	110 kV	20 kV
Vaihe - maa	1100 mm	220 mm
Vaihe - vaihe	1100 mm	220 mm
Maasta eristimen alaosaan	2600 mm	2600 mm
Maasta jännitteeseen osaan	3700 mm	2820 mm

OLEMASSA
OLEVA
110kV LINJAPYLVÄS



			Korvaa	Projekt	Suunnitteli	Vastaava osasto	Piirustus	VAIHTOEHTO 1 SIJOITUS	Kieli FI
			Korvattu		2013-04-15 T. MAENPÄÄ	FIPSSS			
			Liittyy		Tarkasti	Soveltava osasto		Mittakaava	Lehtia
			Piirustustunnus		Hyväksyi	FIPSSS		1:100	01
Muu- tos	Kommentti	Muutti			ABB Oy		Piirustusnumero	E8101	Lehti 01

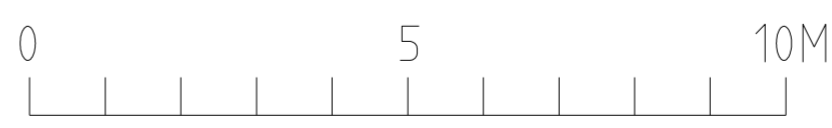
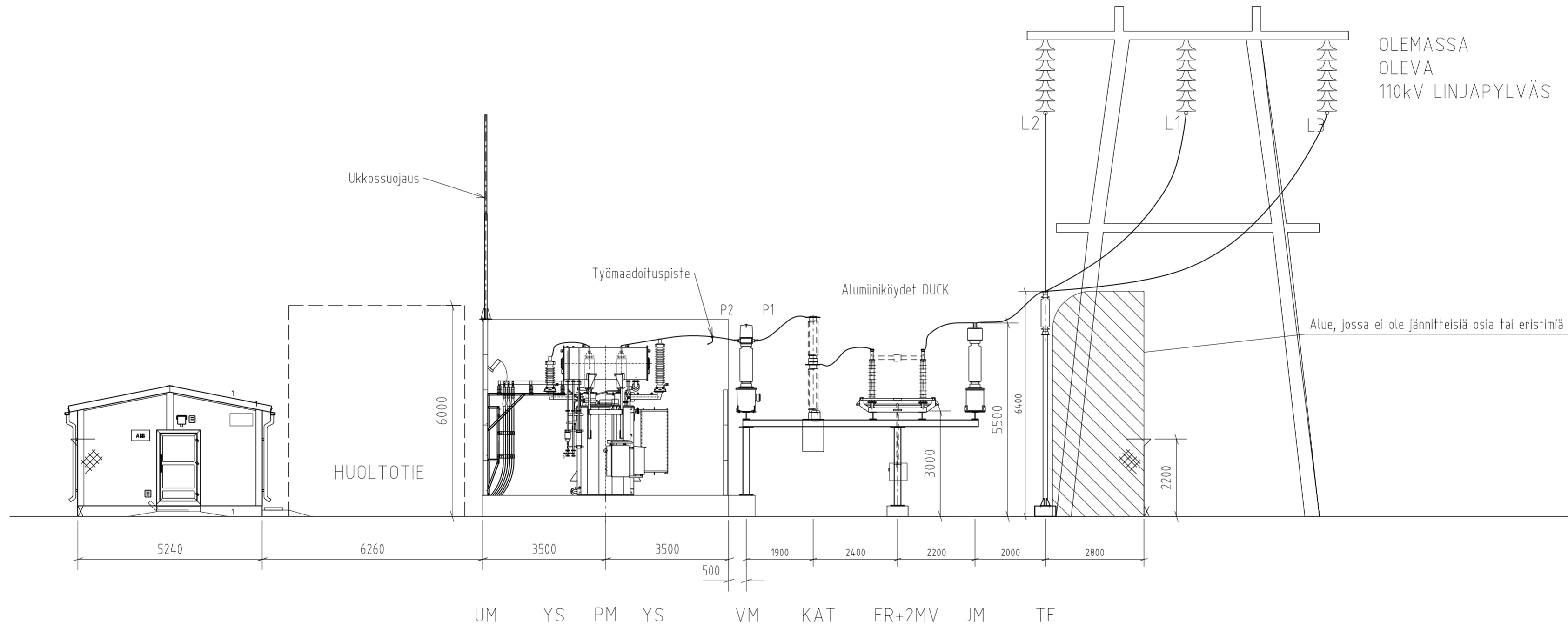


ABB Oy

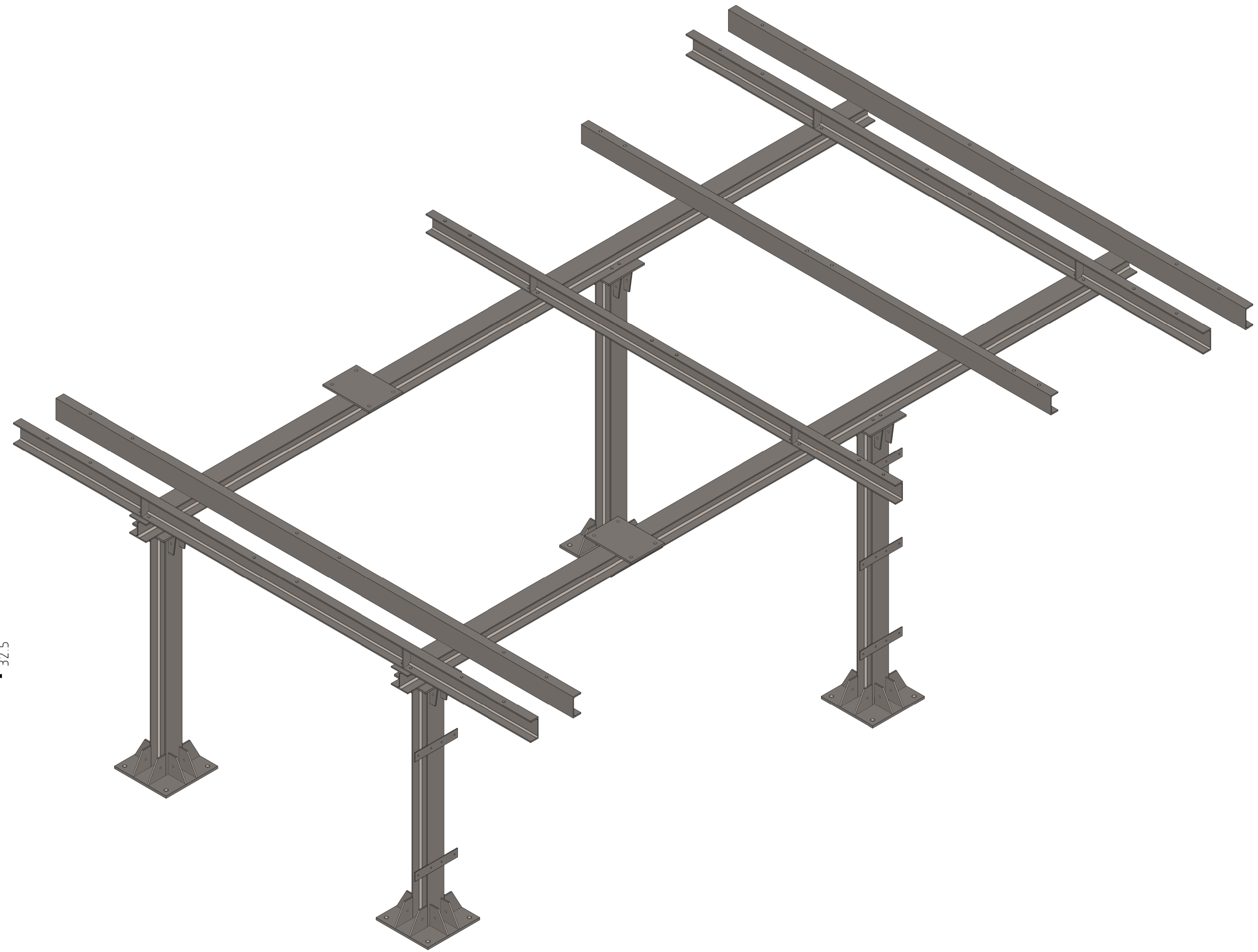
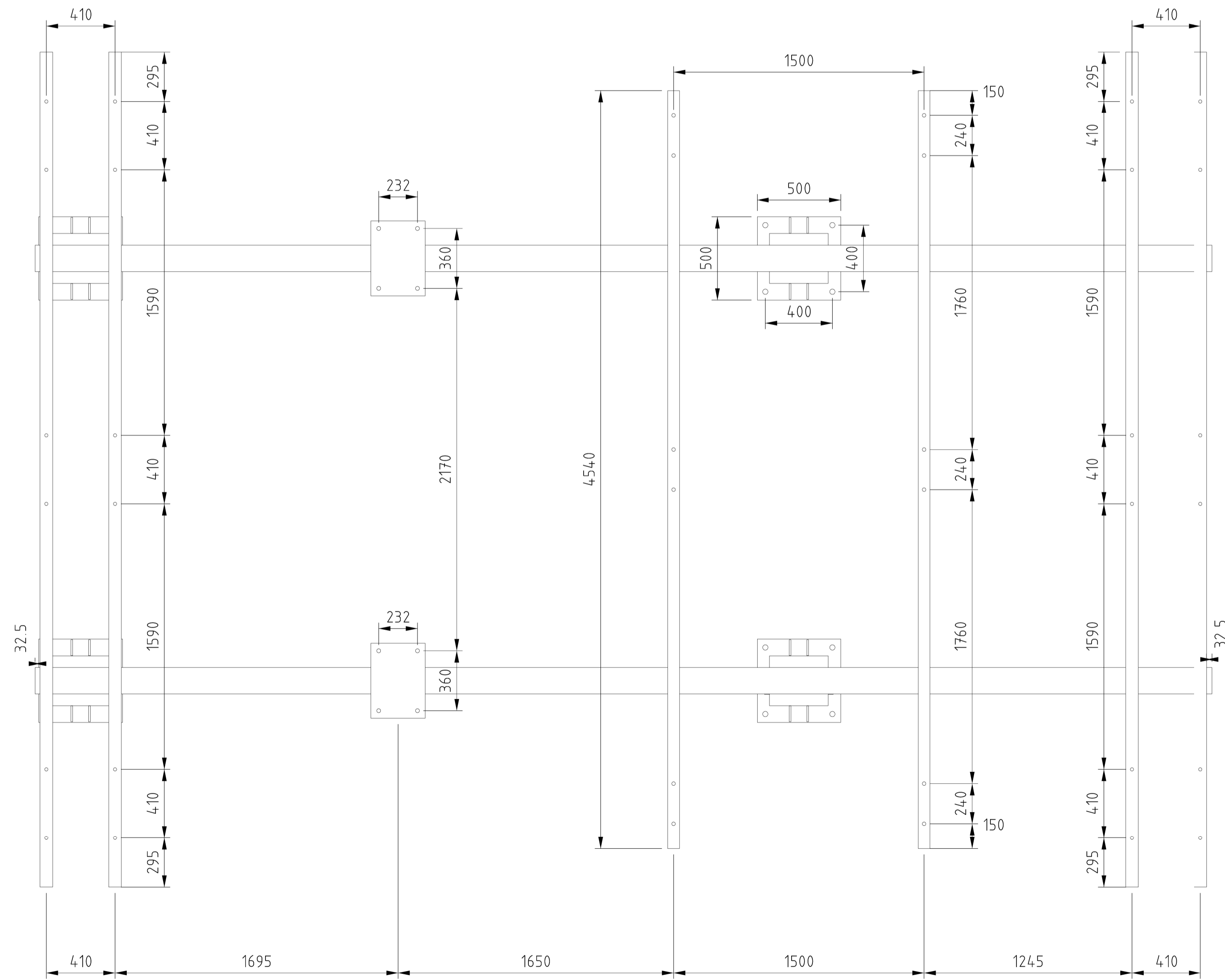
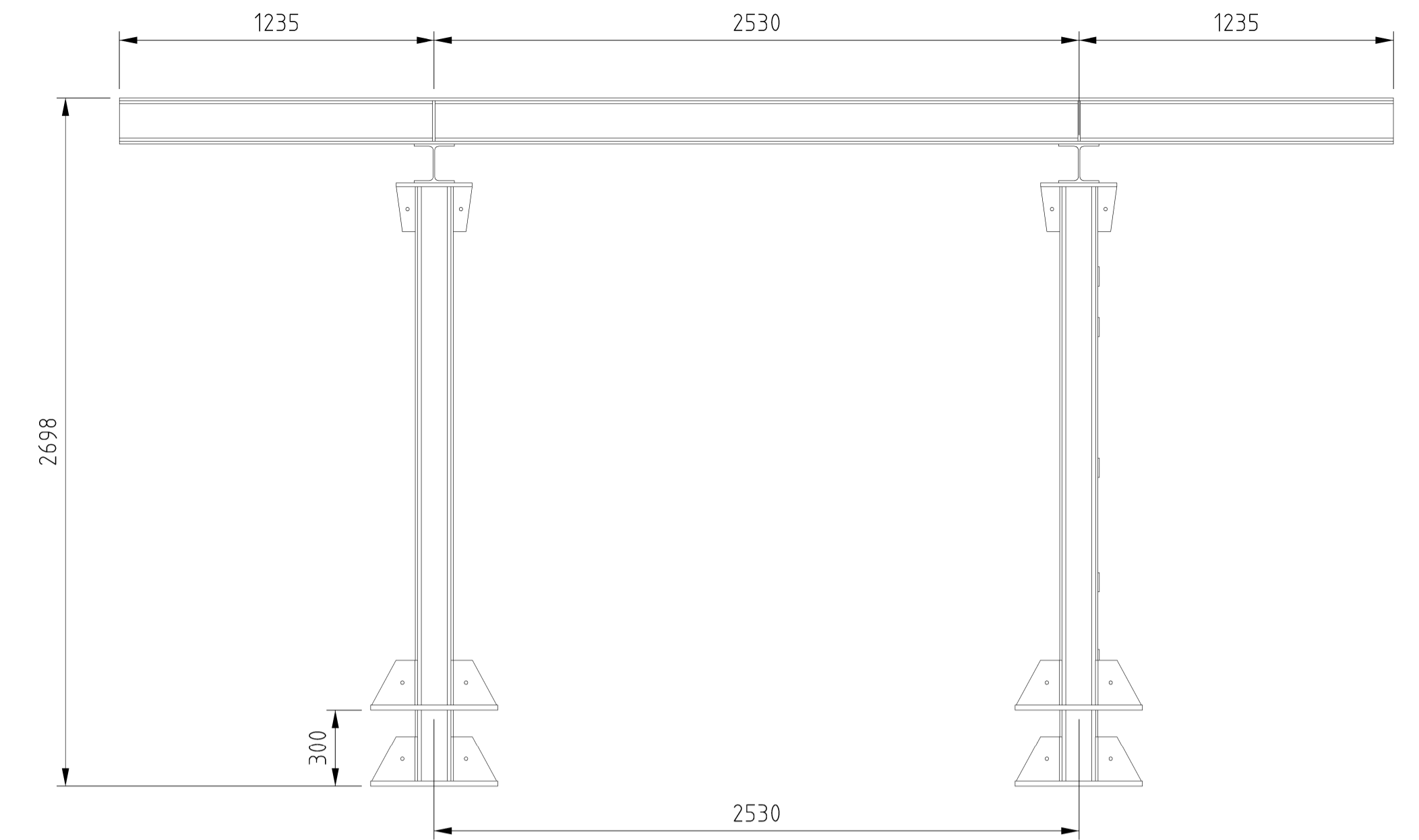
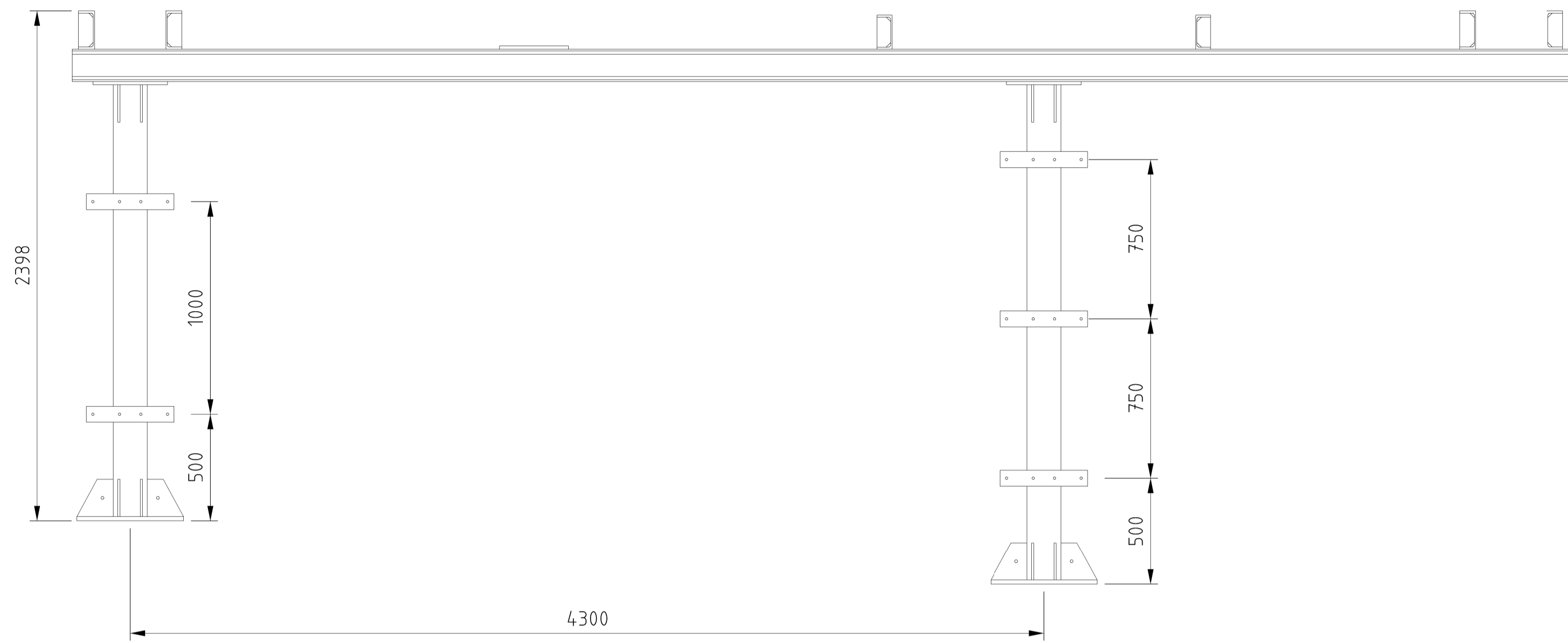
VÄHIMMÄIS ETÄISYYDET	110 kV	20 kV
Vaihe - maa	1100 mm	220 mm
Vaihe - vaihe	1100 mm	220 mm
Maasta eristimen alaosaan	2600 mm	2600 mm
Maasta jännitteeseen osaan	3700 mm	2820 mm

KP = Kaapelipääte
KAT= Katkaisija
VM = Virtamuuntaja
ER = Erotin
MV = Maadoitusveitset
TE = Tukieristin
KOK = Kokoojakisko
YS = Ylijännitesuoja
JM = Jännitemuuntaja
UM = Ukkosmasto
PM = Päämuuntaja
SL = Sammutuslaitteisto

A - A



			Korvaa	Projekti	Suunnitteli	Vastaava osasto	Piirustus	VAIHTOEHTO 1 LEIKKAUS A-A	 Kieli FI
			Korvattu		2013-04-15 T.MAENPÄÄ	FIPSSS			
			Liittyy		Tarkasti	Soveltava osasto			Kieli
			Piirustustunnus		Hyväksyi	FIPSSS			FI
Muu- tos	Kommentti	Muutti				Muutos		Mittakaava	Lehtia
						-		1:100	01
								Piirustusnumero	Lehti
								E8111	01



		Korvaa	Projekti	Suunnitteli 2013-04-25 T MAENPAA	Vasfaava osasto FIPSS	Piirustus YHTEISTELINE	Kieli Fi
		Korvattu		Tarkasti	Soveltava osasto FIPSS	Lehti 01	
		Liittyy		Hyväksyi	Muutos	Piirustusnumero	Lehti 01
Muutos	Kommentti	Muutti	Piirustusnumero	ABB ABB Oy			