



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VESA RUISMA

3D-suurjännitesuunnittelu

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIikka
2021

Tekijä(t) Ruisma, Vesa	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä maaliskuu 2021
	Sivumäärä 24	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi 3D-suurjännitesuunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Empowerilla pääpiirisuunnittelua 3D-suunnittelun tuomilla mahdollisuuksilla.</p> <p>Vertailu suoritettiin Microstationilla tehtyjen 2D- ja 3D-suunnitelmien väliltä. Vertailuun tehdyt suunnitelmat oli tehty samasta kohteesta, jotta voitiin vertailla vain suunnittelutapojen välisiä eroja.</p> <p>Tutkimustyöpohjalta saatiin kerättyä arvokasta tietoa, mitä haasteita 3D-suunnittelussa on ja mitä asioita sen käyttöönottamiseen vaaditaan.</p> <p>3D-suunnittelu on tutkimustyön pohjalta tarkoitus ottaa yrityksen käyttöön.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> 3D-mallinnus, suurjännitetekniikka, tekninen suunnittelu</p>		

Author(s) Ruisma, Vesa	Type of Publication Bachelor's thesis	Date March 2021
	Number of pages 24	Language of publication: Finnish
Title of publication 3D high voltage design		
Degree program Electrical and automation engineering		
<p>Abstract</p> <p>Target of the thesis was to improve high voltage design at Empower with possibilities offered by 3D modeling.</p> <p>The comparison was made between 2D and 3D plans. Both of them were made on Microstation. The plans for the comparison were made from the same project. That way only the differences between the design methods could be compared.</p> <p>The research work provided valuable information about 3D design challenges and the things required for the use.</p> <p>3D design is intended to introduce at the company based on this research.</p>		
<p><u>Key words</u></p> <p>Engineering design, high-voltage engineering, Three-dimensional imaging</p>		

ALKUSANAT

Tutkimustyö on tehty Empowerin pääpiirisuunnittelun kehittämiseen. Haluan kiittää kaikkien tukea yrityksestä. Tuki on ollut tärkeää, koska työkiireet tämän opinnäytetyön aikana ovat olleet kovat. Haluan myös kiittää avopuolisoni tukea työn aikana.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TOIMEKSIANTAJA	7
2.1 Empower PN Oy	7
3 SÄHKÖN JAKELUJÄRJESTELMÄ SUOMESSA	8
3.1 Kantaverkko	8
3.2 Alue- ja jakeluverkot.....	8
4 PÄÄPIIRISUUNNITTELU	10
4.1 Suunnittelun pohjatiedot	10
5 SUUNNITTELU MICROSTATIONILLA.....	12
5.1 Pohjatiedot	12
5.2 Havainnot	13
5.2.1 3D-suunnittelussa havaitut haasteet	13
5.2.2 3D-suunnittelussa havaitut hyödyt.....	14
5.2.3 Microstation 3D-suunnittelussa	15
5.3 Suunnitelmien vertaaminen.....	16
5.3.1 Leikkauskuvien vertailu	16
5.3.2 Aluekuvien vertailu.....	18
6 TULOKSET	21
6.1 Myönteiset havainnot	21
6.2 Negatiiviset havainnot.....	22
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	23
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on 3D-suurjännitesuunnittelu kanta- sekä jakeluverkkojen pääpiirisuunnittelussa. Pääpiirisuunnittelussa tarkastellaan sähköisten osien vaadittuja etäisyyksiä jännitteisistä osista rakenteisiin sekä maanpintaan. Pääpiirisuunnittelussa tärkeimmät vaatimukset tulevat SFS 6001 suurjännitesähköasennukset standardista (SFS 6001:2018, 2018). Suunnitteluun kuuluu suurjännitelaitteiden sijoitus- ja maadoitussuunnittelua projekteissa. Suunnittelussa tuotetaan alue-, leikkaus- ja maadoitussuunnitelmia esimerkiksi sähköasemasta.

Pääpiirisuunnittelu tehdään tällä hetkellä 2D-tasosuunnitteluna Empowerilla. Tarkoituksena on tutkia 3D-suunnittelua pääpiirisuunnittelun näkökulmasta sekä tuoda esille sen mahdollisuuksia. 3D-suunnittelussa nähdään lisäarvoa tuovia mahdollisuuksia, joihin tässä opinnäytetyössä yritetään pureutua.

Pääpiirisuunnittelua tehdään Empowerilla Microstationilla ja AutoCadilla. Asiakkaat haluavat pääpiirisuunnitelmat DGN- tai DWG-tiedostomuodossa. Microstation on yrityksessä käytetty ohjelma, koska se tukee edellä mainittuja tiedostoformaatteja. Ohjelmisto, millä 3D-suunnittelua tutkitaan opinnäytetyössä on Microstation. Tutkimustietoa hyödynnetään myös mahdollisesti muihin yrityksessä käytettävissä oleviin 3D-ohjelmiin tulevaisuudessa.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Empower PN Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Empower PN Oy, joka on yksi Empower-konsernin tytäryhtiöistä. Empower PN Oy toimii pääasiallisesti sähköverkkohankkeiden suunnittelussa sekä urakoinnissa. Asiantuntijatyössä sekä projekteissa Empowerilta yrityksenä löytyy vuosien varrelta kokemusta monista sähköasema- ja voimajohtohankkeista ympäri Suomea. Empower-konserni on siirtynyt osaksi Enersenseä yrityskaupan johdosta vuoden 2020 aikana, mutta opinnäytetyössä puhutaan vielä Empowerista työn toimeksiantajana (Enersense, 2021). Enersense on kansainvälinen yritys ja henkilöstön määrä on tällä hetkellä noin 2400 henkilöä. Enersensen tavoite on toteuttaa päästöttömästä yhteiskunnasta mahdollista. Yrityskaupan myötä Enersense on yksi vaikuttavimmista energiasektorin yrityksistä. Opinnäytetyön työnantajaksi muodostui Empower, koska olen työskennellyt Empowerilla opintojen ohessa.

3 SÄHKÖN JAKELUJÄRJESTELMÄ SUOMESSA

3.1 Kantaverkko

Kantaverkko Suomessa koostuu suurimmaksi osaksi ilmajohdoista, maakaapeleista sekä sähköasemista. Suomessa käytetyt tyypillisimmät jännitteet kantaverkossa ovat 400-, 220-, 110 kilovolttia. Kantaverkkoon kuuluu osaltaan myös HVDC-kaapeloinnit, joilla siirretään maiden välisesti sähköä tasajännitteellä. Fingrid hallinnoi Suomessa kantaverkkoa (Fingrid, 2020).

Kantaverkossa pidemmät välimatkat on toteutettu suuremmilla jännitteillä pienempien tehohäviöiden vuoksi. Tällöin suuremman jännitteen käyttäminen siirrossa luo toimintavarmuutta sekä häviökustannukset pysyvät maltillisina. Siirrot tapahtuvat yleisimmin ilmajohtoina, mutta nykyään on myös enenevässä määrin käytetty suurjänniteverkon maakaapelointia 110 kilovoltin siirtoverkoissa (Elovaara & Haarla, 2011a, s. 54).

Sähköasemat toimivat sähkönsiirtoverkon solmukohdissa kytkin- sekä muuntoasemina. Niissä voidaan muuntaa jännitetasoa tai kytkentätilanteita sähkön syöttösuuntiin. Kytkentätilanteita muuttamalla pystytään toteuttamaan verkon projektointia tai kunnossapitoa muuttamalla yksittäinen osa verkosta jännitteettömäksi (Elovaara & Haarla, 2011b, s. 76).

3.2 Alue- ja jakeluverkot

Jakeluverkot koostuvat monista eri osista kuten ilmajohdoista, sähköasemista, maakaapeleista sekä puistomuuntamoista. Jakeluverkot toimivat alueverkon ja asiakkaan välisenä siirtoyhteytenä, mitä on havainnollistettu kuvalla 1. Jakeluverkkoja ovat esimerkiksi paikallisverkkoyhtiöt, kuten Pori Energia Oy. Jakeluverkoilla voi olla myös keskijänniteverkkojen lisäksi 110kV suurjänniteverkkoja.

Alueverkkoja ovat pääasiassa 110kV jännitteellä toimivat siirtoverkot, jotka siirtävät sähköä jakeluverkkojen muuntoasemille. Alueverkot toimivat ilman maantieteellistä

rajoitetta suuremmilla alueilla, kun taas jakeluverkot ovat tyypillisesti rajattuja tiettyihin alueisiin.



Kuva 1. Kaaviokuva sähkönsirrosta Suomessa (Säteilyturvakeskus, 2021).

4 PÄÄPIIRISUUNNITTELU

4.1 Suunnittelun pohjatiedot

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla 2D- ja 3D-suunnittelua eri näkökulmista. Vertailussa on tarkoitus tuoda esille suunnittelutapoihin liittyviä hyviä- ja huonoja puolia. 3D-suunnittelusta tutkitaan sen vahvuuksia, heikkouksia sekä sen luomia mahdollisuuksia.

2D-suunnittelun haastavin ongelma on aika, jota käytetään suunnitelmien päivitykseen, kun suunnitelmiin tulee muutoksia. 2D-suunnittelulle on myös hyvin tyypillistä, että joudutaan suunnittelemaan monia eri suunnitelmia samanaikaisesti. Tästä esimerkkinä toimii sähköaseman aluesuunnittelu, kun suunnitellaan erillisinä suunnitelmina alue- sekä leikkauskuvia. 2D-suunnittelussa asioiden tarkastelu koetaan liian heikoksi virheiden huomaamiseksi. Esimerkiksi laitteen sopivuutta telineseen ei pysty 2D-suunnittelulla tarkastelemaan tehokkaasti.

Suunnitelmien väliset muutokset vaativat tarkkuutta. Ristiriitaisuuksia syntyy helposti, kun yhteen suunnitelmaan tehdään muutoksia. Niiden välttämiseksi on tärkeää tarkastaa kaikki asiaan liittyvät suunnitelmat, joihin asia liittyy.

2D-ohjelmissa hyödynnetään uutta kohdetta tehdessä suunnitelmien välisiä sidoksia, joilla yhtä suunnitelmaa päivittäessä sidoksessa olevat suunnitelmat myös päivittyvät. Tämä helpottaa päivitystyötä, mutta suunnitelmissa päivittyvät vain sidoksissa olevat asiat. Erikseen pitää siis päivittää suunnitelmiin asiat, joita ei ole tuotu sidoksessa. Empowerilla käytetyssä Microstation-ohjelmassa sidokset tunnetaan kuvien referensseinä. Tästä esimerkkinä telineiden paikan vaihtuessa niiden sijainti päivitetään aluesuunnitelmaan, mutta leikkauskuvaan sama tieto täytyy päivittää erikseen.

Saneerauskohteissa ongelma on 2D-suunnitelmien määrä, joihin sama tieto päivitetään. Saneerauskohteissa kuvien väliset sidoksellisuudet on poistettu, kun kuvat on palautettu asiakkaalle dokumentaatioksi. Tähän ongelmaan on vaikeampi tarttua

pienemmissä muutostöissä, kun käytettävissä on vanhaa kuvamateriaalia. Silloin ei ole tehokasta lähteä muuttamaan suunnitelmia 3D-muotoon, jos työ on pieni päivitys tai laiteuusinta.

Tämä sama ongelma esiintyy myös 3D-suunnitelmissa niin kauan kuin asiakkaille palautetaan 3D-mallista vain 2D-näkymistä erilliset suunnitelmat. Tällöin suunnitelmien kokonaisuuden hallinta katoaa, kun näkymät paloitellaan erillisiksi suunnitelmiksi.

5 SUUNNITTELU MICROSTATIONILLA

5.1 Pohjatiedot

Microstation on yrityksessä käytössä oleva suunnitteluohjelma, josta löytyy 2D-suunnittelun lisäksi 3D-suunnitteluun vaadittavia ominaisuuksia. Microstationilla saa tuotettua suunnitelmat asiakkaiden yleisesti vaatimissa tiedostoformaateissa.

2D-suunnittelussa hyötyjä ovat kattavat komponenttikirjastot erilaisille 2D-komponenteille, joita ei 3D-muodossa ole vielä käytettävissä. 2D-malleja on paljon sen pitkäaikaisen käytön johdosta, mutta 3D-mallien määrä lisääntyy kokoajan.

2D-suunnittelu on tehokas pienissä hankkeissa, joissa laajuus on pieni. 2D-suunnittelua ei kannata lähteä muuttamaan, jos kyseessä on vanha saneerattava kohde, jonka suunnitelmat ovat 2D-muodossa. 3D-suunnittelua kannattaa silti mahdollisuuksien mukaan verrata 2D-suunnitteluun, jotta löydetään kustannustehokkain tapa tehdä suunnittelua.

Ohjelmassa on 3D-visualisointi ominaisuuksia, joita ei opinnäytetyössä tarkastella tarkemmin, koska suunnittelun kannalta sen merkitys on hyvin pieni. Visualisoimalla voi 3D-malleista tehdä monipuolisempia sekä todellisemman näköisiä. Suunnittelussa tyypillisesti erilaiset asiat erotellaan väreillä, kuten esimerkiksi laitteet punaisella ja telineet sinisellä.

3D-suunnittelua Microstationissa hyödynnetään yrityksessä erilaisten voimajohtourakoiden 3D-havainnekuvien muodossa. 3D-suunnittelua käytetään myös rakennesuunnittelussa telineiden tarkemmassa tarkastelussa sekä lujuuslaskennassa, mutta suunnittelu tehdään Autodeskin tuotteilla. Sähköasemasuunnittelussa 3D-suunnittelun käyttö on tähän asti ollut vähäistä, koska suunnittelu on tehty pitkälti 2D-tasosuunnitteluna Microstationilla.

5.2 Havainnot

5.2.1 3D-suunnittelussa havaitut haasteet

Yleinen haaste 3D-suunnittelussa on 3D-dokumenttien saaminen laite- ja tarviketoimittajilta. Syynä tähän voi olla se, että 3D-dokumentteja ei haluta jakaa kilpailullisista syistä. Kysymys voi myös olla 3D-mallien mallintamiskustannuksista, kun laitetoimittajalla ei ole valmiita 3D-malleja tuotteista. 3D-suunnitteluun siirtymä on viivästynyt pitkälti tästä syystä. 3D-suunnittelussa se on haaste monimutkaisten laitteiden osalta, joiden mallintaminen itse suunnittelua varten on työlästä tai liki mahdotonta. Suunnittelun kannalta on ongelmallista, jos halutaan tuottaa 3D-suunnitelmia, mutta toimittajat eivät tarjoa 3D-malleja tuotteistaan.

Toisaalta siirtymää on myös nähtävissä tietokantapohjaiseen suunnitteluun sähkösuunnittelussa, mutta suurjännitelaitteiden toimittajilta 3D-mallien saaminen on ollut vielä hieman haastavaa. Tietokantapohjainen suunnittelu perustuu siihen, että suunnittelun käytettävissä on toimittajien 3D-komponenttikirjastot, jolloin suunnittelu voidaan tehdä suoraan niillä. Sen hyötyjä ovat tarkkojen suunnitelmien syntyminen ja malleihin voidaan sisällyttää paljon tietoa. 3D-suunnittelussa juuri tätä voitaisiin hyödyntää, jos valmistajien komponenttikirjastot olisi laajasti käytettävissä suunnittelun apuna. Kattavat kirjastot komponenteista nopeuttaisivat myös suunnittelua.

3D-suunnittelun haasteena on myös se, että asiakkaiden tarve on tällä hetkellä 2D-suunnitteludokumentaatio, joten niiden muodostaminen on tärkeää siirtymävaiheessa 3D-suunnittelun suuntaan. Ne koetaan tärkeäksi myös sen vuoksi, että suunnitelmia pystytään muuttamaan projektin jälkeen tyypillisillä 2D-suunnitteluohjelmilla. Tiedostoformaatti vaatimukset ovat asiakkailta sen vuoksi, että suunnitelmia pystytään myöhemmin muuttamaan tarpeen vaatiessa. Asiakkaan näkökulmasta 3D-suunnittelu tulee olemaan aluksi vain 2D-suunnittelun rinnalla. Tällöin suunnitelmat palautetaan 2D- ja 3D-muodossa.

5.2.2 3D-suunnittelussa havaitut hyödyt

3D-suunnittelun hyödyt tulevat esille uutta kohdetta tehdessä. Uusia kohteita suunnitellessa voi puhtaalta pöydältä tehdä suunnitelmat haluamallaan tavalla ilman vanhojen suunnitelmien rasitteita. Vanhojen kohteiden muutostöissä 3D-suunnittelun näkökulma voisi olla kohteen pistepilvimallintaminen. Pistepilvimallintamisessa suunnitelmat saadaan paremmin ajantasaisiksi kuvaamalla kohde 3D-muotoon siihen soveltuvalla laitteistolla. Vanhojen suunnitelmien rasitteet virheineen poistuvat näin uudella 3D-mallilla.

3D-suunnittelun hyötyjä ovat asiakkaan erilaiset vaatimukset projektin edetessä erisuuntaisista leikkauskuvista, joiden teko valmiista 3D-mallista on yksinkertaista tallentamalla haluttu näkymä. 2D-suunnittelussa se yleensä aiheuttaa lisäsuunnitelmien tekoa.

3D-suunnittelun tärkeimmäksi eduksi opinnäytetyössä muodostuu se, että siinä voidaan tehdä tarkempaa törmäystarkastelua laitteiden, telineiden ja johdotusten osalta. Törmäystarkastelussa 3D-muodossa voidaan estää suunnittelussa syntyviä virheitä paremmalla havainnoinnilla. Aikaa 3D-suunnitteluun voi kulua enemmän, mutta tarkemman tarkastelun kautta riskienhallinta on parempaa. Tällöin projektien ennakkointi on myös helpompaa.

Kokonaisuuden hallinnan näkisi toimivan paremmin 3D-suunnitelmassa, jossa kaikki asiat olisivat kootusti yhdessä. 3D-suunnittelussa, jossa huomioidaan maanpinnan muodot sekä tarkat lähtötiedot saavutetaan parempi tarkkuus jo suunnittelupöydän ääressä. 3D-suunnittelun kehittämisessä hyötyjä on myös mahdollisesti lisäarvo asiakkaille tarkempina suunnitelmina ja visuaalisen materiaalin käyttö markkinoinnissa. 3D-suunnitteluun kannattaa liittää kaikki mahdollinen tietokantapohjainen materiaali, mitä on saatavilla suunnittelun hyödyksi. Yleisiä tietokantoja on saatavilla eri ohjelmistoihin laajasti.

Rakennesuunnittelussa 3D-suunnittelun hyödyntäminen on monipuolisempaa tarkemman rakennetarkastelun vuoksi jo tällä hetkellä Empowerilla. Siitä on hyötyä

suuresti yhteisenä synergiana, kun pääpiirisuunnittelua siirretään 3D-suunnittelun suuntaan. Tällöin tarkat rakennesuunnitelmat voidaan pääpiirisuunnittelussa hyödyntää, kun ne tehdään valmiiksi jo lujuuslaskentaa varten 3D-malleina rakennesuunnittelussa.

5.2.3 Microstation 3D-suunnittelussa

Microstationissa on paljon 3D-mallinnusohjelmistoille tyypillisiä ominaisuuksia ja toimintoja. Näitä ovat erilaiset kappaleiden tekemiseen tarkoitettut työkalut. Joidenkin ominaisuuksien käyttö 3D-suunnittelussa on hankalaa tai hyvin hidasta. Microstation tunnistaa yleisesti hyvin piirtosuunnat 3D-näkymissä. Ongelmakohdiksi syntyvät useimmin viistosuunnissa piirrettävät asiat. Suunnittelussa viistosuuntaisia asioita ovat laitteiden väliset liitosjohtimet. Microstationin akselien suuntaa valitsevaa työkalua ei voi käyttää niissä vaan sen on otettava pois käytöstä piirtämisen helpottamiseksi. Microstationissa tämä akselin piirtosuunnan valitseva toiminto on Context sensitivity.

Suunnittelun kannalta johtimien hahmottelu 3D-muodossa on vaikeaa ja eniten aikaa vievää. 3D-suunnittelu tuo silti etuna siihen tarkemman tarkastelun kaikista suunnista, joten ylimääräinen käytetty aika saadaan takaisin hyvänä tarkasteluna.

Microstationilla 3D-suunnittelussa ongelmaksi muodostuu yleinen suunnittelun hitaus. Se voi johtua myös käyttäjän kokemattomuudesta, mutta erilaisia 3D-mallinnusohjelmia käyttäneenä voisi myös todeta, että on asioita, joita haluaisi tehdä eri tavalla. 3D-mallinnusohjelmien pohjatietona on kokemukset Solidworks sekä Inventor ohjelmista. Esimerkkinä näistä asioista on kappaleen muotojen tai sijainnin määrittäminen. Niiden määrittämisessä tyypillinen tapa on antaa asialle mittaviiva, jota voidaan muuttaa haluttaessa. Etuna tässä on, että voidaan muuttaa tietoa mittaviivasta, jolloin kappale siirtyy määritetylle etäisyydelle tai kappaleen muoto muuttuu mittatiedolla. Tätä voidaan käyttää 3D-tietokantakirjaston tuotteissa, joita voi muuttaa eri projektien tarpeisiin halutuilla tiedoilla.

Microstationilla yleensä sijoitetaan kappaleet etäisyydelle sekä tehdään erikseen mittaviiva kuvaamaan etäisyyttä. Tämä ei asioita muuttaessa ole tehokasta, koska kappaleen muuttamisen lisäksi on erikseen muutettava myös ominaisuuksia esittävät mittaviivat muutosten osalta. Yleisesti tuntuma on sellainen, että Microstation ei sovellu suurempien 3D-kokonaisuuksien hallintaan, koska niiden muuttaminen on hidasta sekä työlästä. Hitaus voi osaltaan johtua myös suunnittelutavoista, joita on opittu yrityksessä. Ne ei välttämättä ole tehokkaimmat 3D-suunnittelun kannalta.

3D-suunnitteluohjelmat toimivat hyvin yleisesti kappaleiden muokkaamisessa, mutta Microstation tuntui kankealta siinä. 3D-ohjelmistoissa kappaletta piirtäessä lukitaan asiat piirtopinnan mukaan automaattisesti ja muuttaessa asiat muuttuvat toistensa suhteen tehokkaasti. Toisin sanoen ohjelmat tekevät oletuksella asioita, jotka nopeuttavat suunnittelua ja kappaleiden uudelleen käyttöä.

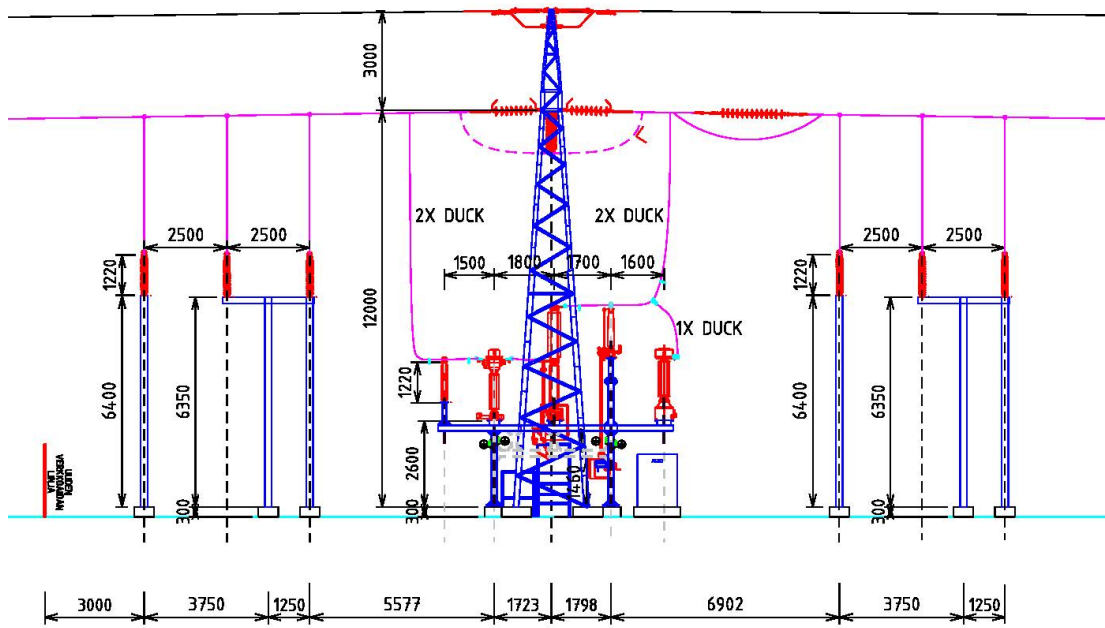
5.3 Suunnitelmien vertaaminen

Vertailu suoritetaan Microstationilla tehtyjen 2D- ja 3D-suunnitelmien väliltä. Vertailuun tehdyt suunnitelmat on tehty samasta kohteesta, jotta voidaan vertailla vain suunnittelutapojen välisiä eroja. Samalla voidaan havainnoida, miten 3D-suunnittelu onnistuu Microstationilla.

Vertailussa tärkeitä painopisteitä ovat suunnitteluun käytettävä aika, tehokkuus sekä hyödyt, jotka 3D-suunnittelulla saadaan. Vertailukohteena toimii Fingridille tehtävä pieni sähköaseman yhteydessä oleva projekti. Vertailua tehdään 2D-suunnittelun kokemuksien pohjalta sekä 3D-suunnittelusta syntyneiden havaintojen perusteella.

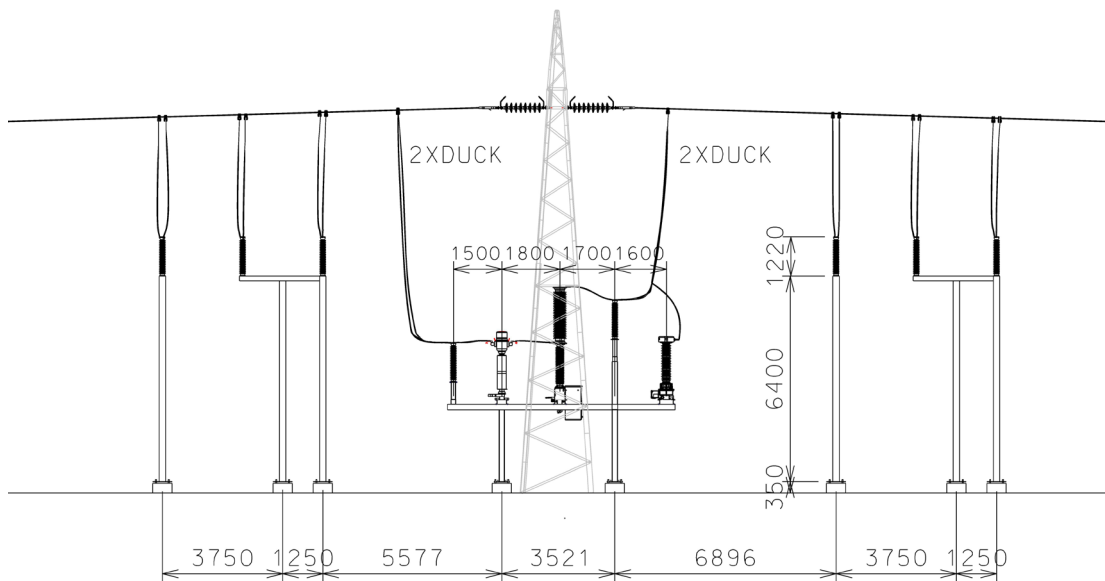
5.3.1 Leikkauskuvien vertailu

Ensimmäisenä vertauksessa sähköasemahankkeen leikkauskuvat. Molemmissa suunnittelutavoissa pystytään tuottamaan vastaavat leikkauskuvat. 3D-kuvaan on lisätty leikkausnäkömään työmaalle tarkoitettuja lisätietoja, joiden asettelu on yhtä helppoa kuin 2D-suunnitelmassa.



Kuva 2. Sähköaseman 2D-leikkauskuva

Portaalipylvään molemmin puolin sijaitsee sähköaseman suuntaan asemaliitynnät. Portaalipylvään alla sijaitsee pieni pitkittäiskatkaisija. Suurjännitelaitteet ovat tukieristin-virtamuuntaja-katkaisija-maadoituskytkin-jännitemuuntaja.

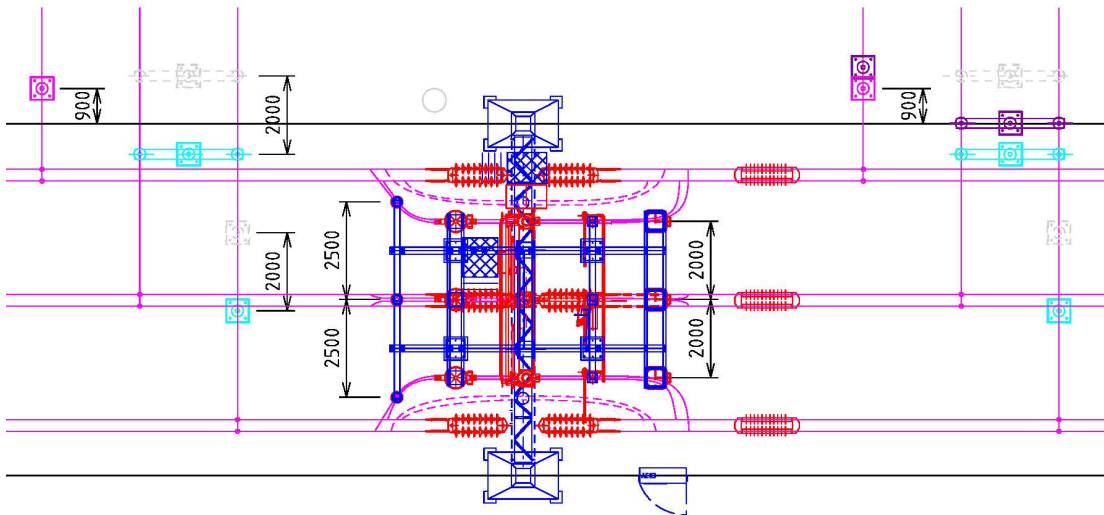


Kuva 3. Sähköaseman 3D-leikkauskuva.

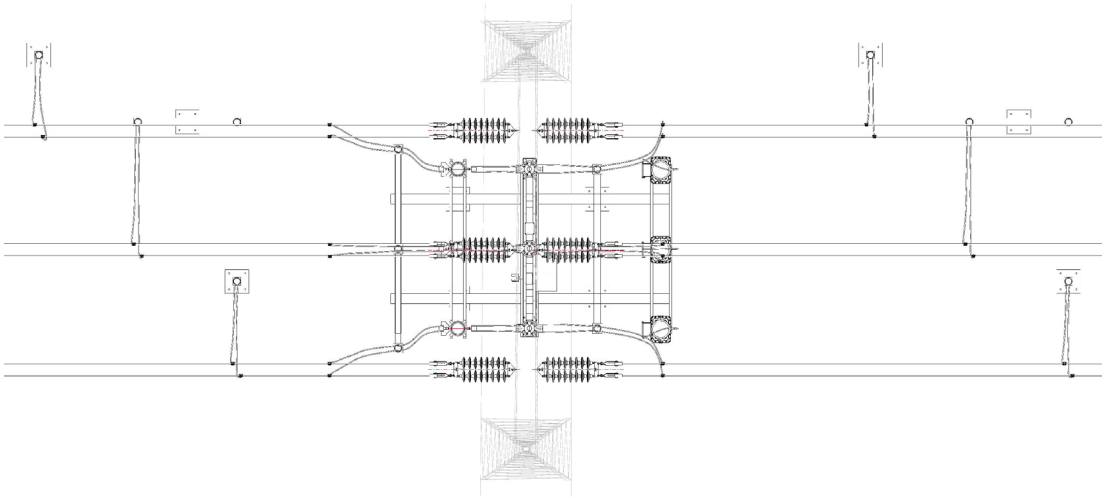
Leikkauskuvassa asetelusta tulee siistimpi sekä tarkempi 3D-mallissa, vaikka kaikki tiedot ei ole siihen sisällytetty. Näkymän tallentaminen on hyvin suoraviivaista, kun 3D-malli on tehty valmiiksi eli itse näkymän tuottaminen ei aiheuta enää lisätyötä.

5.3.2 Aluekuvien vertailu

Seuraavaksi vertailua suoritetaan sähköasemahankkeen aluekuvasta. Aluekuva tuotetaan 2D-suunnittelussa erillisenä suunnitelmana, kun taas 3D-suunnittelussa valmiista mallista tallennetaan näkymä. Näkymä voidaan vain tallentaa halutusta suunnasta, joka aluekuvan osalta on ylhäältä kuvattu näkymä. Kuvassa 4 on 2D-suunnitelma sähköaseman alueesta. Kuva 5 on 3D-mallista tallennettu näkymä ylhäältäpäin kuvattuna.

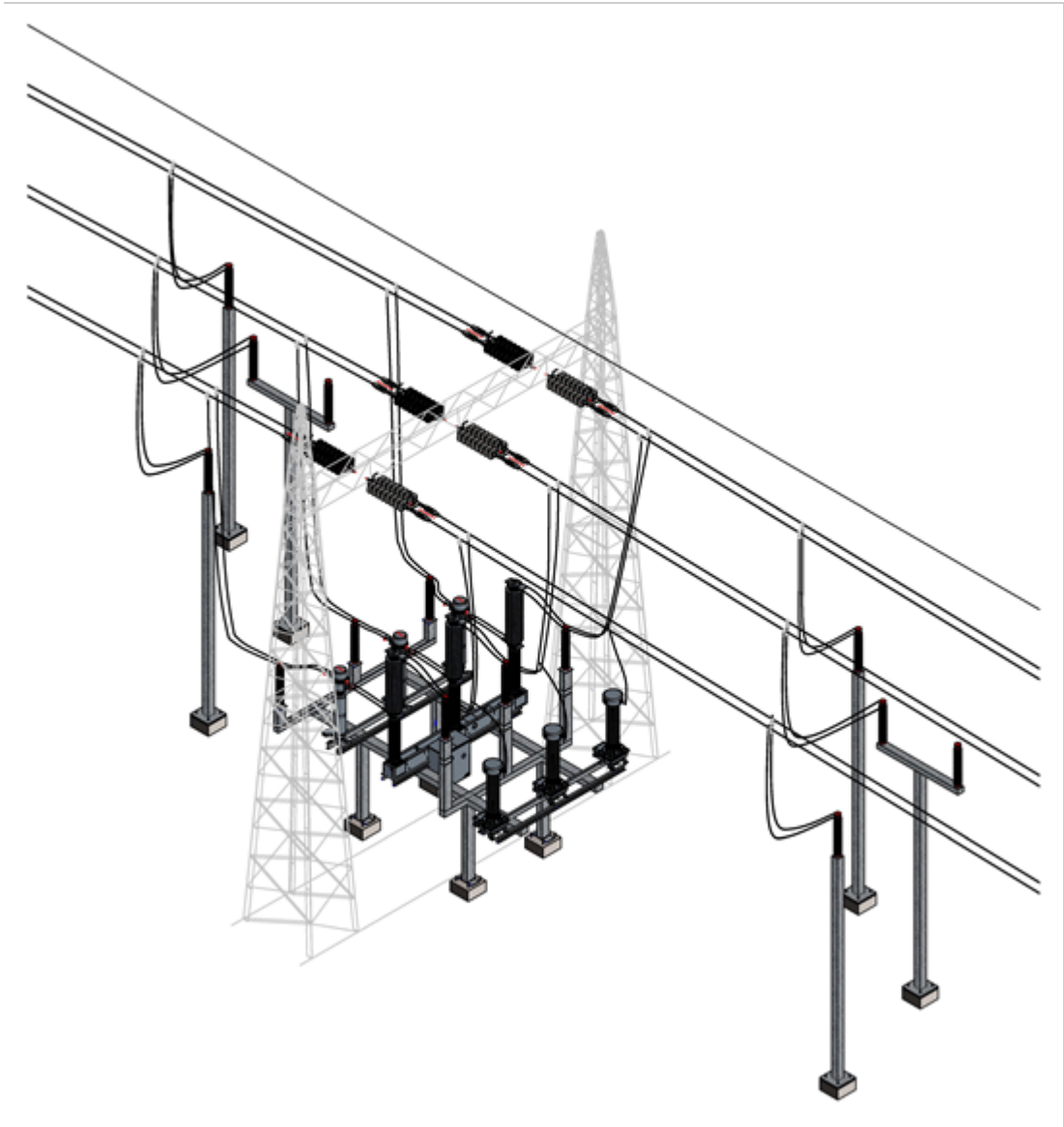


Kuva 4. Sähköaseman 2D-aluekuva.



Kuva 5. 3D-aluekuva.

3D-aluekuva on tuotettu suoraan 3D-mallista ylhäältä kuvattuna näkymänä. Sähköaseman 3D-aluekuvasta on havaittavissa, että pitkittäiskatkaisijan johtimien hahmotelma on tarkempi sekä niistä tuli todellista muotoa paremmin vastaavat.



Kuva 6. Sähköasemahankkeen 3D-mallista havainnekuva viistosuunnasta.

Viistonäkymästä saa hyvin tarkasteltua kokonaisuutta. Siitä asioiden tarkastelu onnistuu helposti sekä pienien ajatusvirheiden havainnointi on nopeaa.

6 TULOKSET

2D-suunnittelu tulee varmasti säilymään uusien suunnittelutapojen rinnalla, kun vanhoja suunnitelmia päivitetään. 2D-suunnitelmia ei luultavasti pienissä projekteissa pystytä siirtämään 3D-suunnitteluun. Tämä pätee ainakin pienissä kohteiden muutostöissä, joissa olemassa olevia suunnitelmia on päivitettävä vähäisesti. 3D-suunnittelua voidaan myös hyödyntää yksittäisinä työohjekuvina erilaisissa kunnossapitotöissä, joissa tarkka tarkastelu työstä 3D-muodossa koetaan tarpeelliseksi. Yleiset 3D-tietokantakirjastot kannattaa lisätä suunnitteluohjelmien käyttöön.

6.1 Myönteiset havainnot

3D-suunnittelulla suurin hyöty tulee esille virheiden tehokkaammassa havainnoinnissa etenkin uusissa kohteissa. 3D-mallin sisällön tarkempi havainnointi on helpompaa ja virheet tulevat nopeammin huomatuiksi. Tällöin eri suunnitelmien väliset ristiriidat tulevat hyvin havaituiksi, kun esimerkiksi telinesuunnittelun tarkat dokumentit käytetään 3D-mallissa hyödyksi. 3D-suunnittelussa pystytään sisällyttämään enemmän informaatiota suunnitelmiin yksityiskohtaisilla 3D-objekteilla.

3D-suunnittelulla pystytään tuottamaan asiakkaiden nykyvaatimusten mukaisia 2D-suunnitelmia. Niiden valmistus 3D-mallista on yksinkertaista ja sen tekemisen jälkeen ei tarvita enää ylimääräistä työtä. 3D-mallista voidaan vain tallentaa suoraan näkymät sekä lisätä niihin vastaavat tiedot yhtä helposti kuin nykyisissä 2D-suunnitelmissa. Microstationissa suurin hyöty onkin, että ohjelma tuottaa ilman muunnoksia juuri asiakkaiden vaatimusten mukaisia tiedostoformaatteja suoraan.

3D-mallin hallinnointi on helpompaa, kun on vain yksi malli, jota muokataan. 2D suunnitelmissa hallinnoidaan monia eri suunnitelmia, jotka on kaikki päivitettävä erikseen.

3D-suunnittelun hyödyt tulevat esille siinä, jos työmaalle tai asiakkaalle tarvitaan erilaisia suunnitelmia lisäpyynnöstä. 3D:n tehokkuus astuu esille siinä, koska lisäsuunnittelua ei tarvitse eri suunnasta halutuille näkymille tehdä. Tämä hyöty astuu esille myös, jos rakennusvaiheessa työmaalle tarvitaan työohjeita. 2D-suunnittelussa se aiheuttaa aina lisäsuunnitelmien tekoa, jos halutaan eri näkymästä suunnitelmia tai työohjeita.

6.2 Negatiiviset havainnot

Microstation hidastuu jo suppealla projektimallilla reilusti, joten suurissa projekteissa ohjelman rajat voivat tulla vastaan suhteessa tietokoneen tehoihin. Tämä ongelma esiintyy ainakin niissä kohteissa, joissa on paljon dataa tai käytetään todella tarkkoja 3D-malleja. Tämä täytyy huomioda, että 3D-suunnitteluun vaadittava tietokoneen teho sekä ohjelmisto riittävät sujuvaan suunnittelutyöhön.

Ajankäytöllisesti 3D-suunnittelu vaatii uutena asiana enemmän aikaa kuin 2D-suunnittelu. Pidemmällä aikavälillä suunnittelu nopeutuu, kun 3D-suunnittelusta tulee rutiininomaisempaa.

Pääpiirisuunnittelun näkökulmasta aikataulut luovat haasteensa, koska projektien alussa suunnitelmat pitää olla nopeasti valmiita ja 3D-mallien saanti toimittajilta on ollut hyvin haasteellista.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

3D-suunnittelu on kannattavaa ottaa osaksi pääpiirisuunnittelua. Pääpiirisuunnittelun osalta se tarkoittaisi tulevien hankkeiden 3D-suunnittelua. Hankkeeksi kannattaa valita mahdollisimman pienen laajuuden suunnittelutyö, jotta voidaan tunnistaa suunnittelutavan tuomat hyödyt ja haitat.

Toimijoille täytyy asettaa tarkat vaatimukset laitteiden 3D-dokumenteista. Kaikkiin projekteissa tarvittaviin laitteisiin on oltava saatavilla 3D-mallit pääpiirisuunnittelun käyttöön.

3D-suunnittelu tuo lisäarvoa markkinointiin ja tarkempaan suunnitteluun. Asiakkaan suuntaan se tarjoaa monipuolisempia suunnitelmia.

3D-suunnitteluun parhaiten soveltuva ohjelma on tutkittava tarjolla olevista ohjelmista Empowerissa. Ohjelman soveltuvuutta voidaan pohtia tämän opinnäytetyön pohjalta.

Mahdollisina 3D-mallinnusohjelmina käyttöön voisivat olla Autodeskin tarjoamat ohjelmat. Ne ovat juuri opinnäytetyön aikana yrityksessä käyttöönotossa. Autodesk tuotteisiin perehtymisen jälkeen olisi hyvä saada koulutusta ohjelmien tehokkaaseen käyttöön, jos niitä käytetään 3D-pääpiirisuunnitteluun.

3D-suunnittelun käyttöön kannattaa liittää olemassa olevia yleisiä komponenttikirjastoja, joissa on toimittajien valmiita 3D-malleja tarjolla. Suunnittelussa kannattaa aloittaa rakentaa 3D-malleista kirjastoa suunnittelun käyttöön.

Opinnäytetyönaikana ryhdyttiin myös uusien hankkeiden suunnittelutyössä käyttämään ja tutkimaan 3D-suunnittelua ja katsomaan miten se soveltuu käyttöön.

LÄHTEET

Enersense. (2021). Power. Haettu 16.2.2021 osoitteesta

<https://enersense.com/fi/palvelut/power/>

Elovaara, J. & Haarla, L. (2011)a. Sähköverkot I. Otatieto.

Elovaara, J. & Haarla, L. (2011)b. Sähköverkot II. Otatieto.

Fingrid, (2020). Fingridin sähkönsiirtoverkko. Haettu 16.2.2021 osoitteesta

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/fingridin-sahkonsiirtoverkko/>

Microstation. (2020). Microstation (Update 14). [Tietokoneohjelma]. Bentley. Haettu

16.2.2021 osoitteesta <https://www.bentley.com/en/products/brands/microstation>

SFS 6001:2018, Suurjännitesähköasennukset. (2018). Suomen standardisoimisliitto.

<https://online.sfs.fi>

Säteilyturvakeskus. (2021). Sähkönsiirto ja voimajohdot. Haettu 16.2.2021

osoitteesta

<https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/sahkonsiirto-ja-jakelu>