

Joonas Kiuru

**3D-mallintamisen ja määrälaskennan hyödyntäminen moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa**

## **3D-mallintamisen ja määrälaskennan hyödyntäminen moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa**

Joonas Kiuru  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkövoimatekniikka

---

Tekijä: Joonas Kiuru

Opinnäytetyön nimi: 3D-mallintamisen ja määrälaskennan hyödyntäminen moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa

Työn ohjaaja: Heikki Kurki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 5/2018

Sivumäärä: 36

---

Moduulirakentaminen on kasvattanut suosiotaan yhtenä rakentamistapana Suomessa. Tämä rakentamistapa muuttaa rakennustuotantotekniikkaa niin oleellisesti, että se täytyy ottaa huomioon myös taloteknisten järjestelmien suunnittelussa mahdollisimman tarkasti.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin määrälaskennan ja 3D-mallintamisen konkreettisia hyötyjä moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa. 3D-mallintaminen ja määrälaskenta lisäävät suunnittelutyössä kustannuksia sekä merkittävästi työn määrää, joten eri tahojen on tarpeellista ymmärtää näiden asioiden konkreettinen merkitys kokonaisuuden kannalta.

Opinnäytetyön tulokset perustuvat ennen suunnittelutyötä sekä suunnittelutyön aikana ja jälkeen tehtyihin havaintoihin, keskusteluihin ja konkreettisiin kokemuksiin. Työssä käytettiin työvälineinä CADS Electric Pro 17 -suunnitteluohjelmistoa, Tekla BIMsight -3D-mallien katseluohjelmisto, sekä Microsoft Office 2016 -paketin ohjelmistoja.

Havaintojen perusteella todettiin, että 3D-mallintaminen vaikuttaa positiivisesti suunniteltujen asioiden sekä suunnitelmien ymmärrettävyyteen sekä tulkintavirheiden mahdollisuus suunnitelmia tarkasteltaessa pienenee. Määrälaskennan toteutuksesta saatujen havaintojen perusteella todettiin, että määrälaskenta helpottaa sekä nopeuttaa tarvikkeiden hankkimista ja pienentää suunnittelun jälkeistä työmäärää.

---

Asiasanat: 3D-mallinnus, IFC, määrälaskenta, tuotemalli

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Electrical and Automation Technology Degree program, electric power engineering

---

Author: Joonas Kiuru

Title of thesis: Utilizing 3D Modeling and Quantity Calculation in Electrical Planning of Modular Building

Supervisor: Heikki Kurki

Term and year when the thesis was submitted: May 2018

Pages: 36

---

Modular construction has more common as one of the building methods in Finland. Modular construction transforms the methods of building so substantially that it must be taken into account in the planning process as accurately as possible.

This thesis studies the concrete benefits of 3D modeling in quantity calculation of installation materials and in the electrical planning of modular building. 3D modeling and quantity calculation will increase slightly the cost of the planning work and significantly the amount of planning work. It is necessary for the different parties to understand the concrete significance of these things when thinking about the whole process.

The results of this study are based on the discussions and the concrete experiences of the different planning parties and the findings before, after and at the end of the planning work. Tools used were Cads Electric Pro 17 planning software, Tekla BIMsight -3D model viewing software, and Microsoft Office 2016 software packages.

Based on the findings of this thesis work, 3D modeling has a positive impact on the comprehensiveness of the planned issues and plans. It also decreases the possibility of interpretation errors when considering the plans. It was also found that quantity calculation facilitates and accelerates the acquisition of supplies and reduces the workload after the planning.

---

Keywords: Three-dimensional imaging, Quantity calculation, IFC, product models

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 MODUULIRAKENTAMINEN	9
2.1 Moduulirakentamisen määritelmä	9
2.2 Haasteet	9
2.3 Hyödyt	10
3 MODUULIRAKENNUKSEN 3D-SÄHKÖSUUNNITTELU	11
3.1 IFC- tiedonsiirtostandardi ja tietomalli	11
3.2 BIM -rakennuksen tietomalli	11
3.3 Origopiste	11
3.4 Kolmiulotteinen koordinaatisto	12
3.5 Projektipuu	12
3.6 Kaksi- ja kolmiulotteisten tuotemallien luonti ja sijoittelu	13
3.7 Johtoteiden luonti	20
3.8 3D-mallinnuksen hyödyt moduulirakentamisessa	23
4 MÄÄRÄLASKENTA MODUULIRAKENNUKSEN SÄHKÖSUUNNITTELUSSA	24
4.1 Projektipuu	24
4.2 Projektin tietokanta	25
4.3 Kaapeloinnin erityispiirteet moduulirakentamisessa	26
4.4 Määrälaskentaluetteloiden tekeminen Excel-tiedostoon	30
4.5 Määrälaskennan hyödyt moduulirakentamisessa	33
5 LOPPUSANAT	34
LÄHTEET	36

## **SANASTO**

<b>2D</b>	2D-grafiikka eli kaksiulotteinen grafiikka
<b>3D</b>	3D-grafiikka eli kolmiulotteinen grafiikka
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes, tiedonsiirtostandardi
<b>CADS Electric</b>	Sähkö- ja automaatio suunnittelujärjestelmä
<b>DB</b>	DB-Edit -projektin tietokantatyökalu
<b>Tekla BIMsight</b>	3D-mallien katseluohjelma

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee 3D-mallintamisen ja määrälaskennan hyötyjä moduulirakentamisessa sähkösuunnittelun osalta. Ohjelmistona käytettiin CADs Electric pro 17 - ohjelmistoa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Insinööritoimisto KTS Oy. Yritys on perustettu 2010 vuonna. Yritys on sähkösuunnittelutoimisto, jossa tehdään sähkösuunnittelua eri kohteisiin Suomeen sekä ulkomaille. Suunniteltavat kohteet ovat pääsääntöisesti kerrostaloja, hoivakoteja, julkisia rakennuksia, teollisuuskohteita, maatalousrakennuksia, toimitiloja sekä liikerakennuksia.

Rakentamistavat kehittyvät koko ajan eteenpäin. Suomessa rakentamistavat menevät entistä enemmän moduulirakentamisen suuntaan. Moduulirakentamisella pyritään vähentämään ensisijaisesti kustannuksia sekä tekemään mahdollisimman monta työvaihetta sisätiloissa, suojassa sääoloilta. Lisäksi moduulirakentamisen tarkoitus on vähentää työmaa-aikoja ja tehdä mahdollisesti rakennuksesta muunneltavamman ja helpommin korjattavan, ehkä jopa siirrettävän.

Sähköistyksen osalta moduulirakentamisen ongelmaksi muodostuu helposti se, miten kaikki työvaiheet pystytään toteuttamaan yhdessä paikassa mahdollisimman tehokkaasti ja miten työmaa-aika saadaan mahdollisimman lyhyeksi. Opinnäytetyössä haluttiin myös selvittää, miten hyvin suunnittelutyöllä pystytään ratkomaan näitä ongelmia ja kannattaako suunnittelutyössä hyödyntää esimerkiksi 3D-mallintamista ja määrälaskentaa.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin ja etsittiin vastauksia moduuleina rakennettavan kohteen sähkösuunnitteluun liittyviin kahteen kysymykseen:

- Onko 3D-mallintamisesta konkreettista hyötyä moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa?
- Onko määrälaskennasta konkreettista hyötyä moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa?

Aihe rajattiin käsittelemään sähkösuunnittelun 3D-mallintamista ja määrälaskentaa ainoastaan moduulirakentamisen näkökulmasta. Opinnäytetyössä ei käsitellä perusteellisesti määrälaskennan ja 3D-mallintamiseen liittyviä asioita, koska näitä asioita on tutkittu mm. useissa eri opinnäytetyöissä.

Suunnittelukohte on Oulun seudulla sijaitseva päiväkotikohde, joka on kerrospinta-alaltaan 1014 m<sup>2</sup>. Kohteen lämmitysmuoto on kaukolämpö. Salassapitovelvollisuuden vuoksi mitään asiakkaaseen, kustannuksiin tai tarkempiin rakentamistekniikoihin liittyviä tietoja ei esitetä tämän opinnäytetyön raportissa.



## **2 MODUULIRAKENTAMINEN**

### **2.1 Moduulirakentamisen määritelmä**

Sana moduuli voidaan määritellä seuraavasti:

” Moduuli on itsenäinen osa, jollaisista voidaan koota erilaisia kokonaisuuksia” (1).

Tässä opinnäytetyössä moduulilla tarkoitetaan tilaelementtiä.

Tilaelementti koostuu yleensä kantavasta rungosta, katosta, seinistä, sekä lattiasta. Tilaelementtien rakennusmateriaalina käytetään yleisimmin puuta tai terästä. Tilaelementit pyritään rakentamaan mahdollisimman valmiiksi sisätiloissa, sääoloilta suojassa. Tilaelementteihin asennetaan tehtaalla tarvittavat kalusteet, pinnat, eristeet, ikkunat ja talotekniikka, joka kattaa LVI:n, sähkötyöt, sekä automaation. Tilaelementit pyritään tekemään mahdollisimman valmiiksi sisätiloissa ja kuljetetaan työmaalle valmiina pakettina, jopa sisältä täysin valmiina. (2.)

Tilaelementtitekniikka on yksi rakennustapa sekä rakentamisen toteutusmuoto. Tekniikkaa käytetään pien-, rivi-, pari-, kerros-, julkis-, maatalous-, teollisuus-, tuotanto- sekä varastorakennusten rakentamisessa. (3.)

### **2.2 Haasteet**

Tilaelementtirakentamisen suurimmat haasteet ovat logistiikassa, elementtien mahdollisessa varastoinnissa sekä liitostekniikoissa. Logistiset ongelmat johtuvat pääosin tilaelementtien suuresta koosta. Kuljetus täytyy pahimmillaan toteuttaa erikoiskuljetuksena, joka aiheuttaa monia hankaloittavia toimenpiteitä. Erikoiskuljetukselle täytyy hankkia kuljetusluvut. Kuljetuksen täytyy kulkea ennalta suunniteltua valmiiksi määritettyä reittiä pitkin. Liikenteen ohjaus ja varoitusautot on myös hankittava. (4.)

Varastointi voi aiheuttaa ongelmia, jos elementtien tuotanto on nopeampaa kuin niiden paikalleen saanti. Tällainen tilanne on mahdollinen, jos toteutetaan samanaikaisesti useita samanlaisia kohteita, joihin menee samanlaista tilaelementtiä paljon. Tilaelementit vaativat paljon varastotilaa suuren kokonsa vuoksi.

Liitostekniikat pitää suunnitella mahdollisimman yksinkertaisiksi. Kun valmis tilaelementti tuodaan työmaalle, se täytyy saada mahdollisimman nopeasti asennettua paikalleen. Kaikki talotekniset liitokset pitää olla jo suunnittelupöydällä huomioitu mahdollisimman tarkasti.

### **2.3 Hyödyt**

Tilaelementtirakentamisella saavutetaan myös useita hyötyjä. Elementin valmistus voidaan toteuttaa kokonaan sisätiloissa, joten kuivaketjun katkeamattomuus saadaan varmistettua paremmin. Rakennustavara pystytään säilyttämään sisällä kuivassa ja lämpimässä tilassa. Rakentamista voidaan toteuttaa turvallisemmissa ja valvotuissa olosuhteissa.

Rakentamisesta voidaan tehdä eräänlainen prosessi, jossa on eri tuotantovaiheita. Tämän avulla rakentaminen saadaan toteutettua enemmän sarjatuotantotyyppisesti. Sarjatuotannon ansiosta kustannustehokkuus sekä nopeus lisääntyvät ja laatu pysyy tasaisena. Rakennustarvikkeiden määrän arviointi onnistuu helpommin, kun pystytään tekemään rakennus määrämittäisinä tilaelementteinä. Parhaimmillaan samaan rakennukseen pystytään tuottamaan kymmeniä täysin identtisiä tiloja.

Tilaelementtitekniikan ansiosta työmaa-aikaa saadaan vähennettyä huomattavasti verrattuna normaaliin paikalla rakentamistapaan. Työmaalla ei tarvitse tehdä tavanomaisia rakennustyövaiheita, koska suurin osa niistä on tehty tehtaalla valmiiksi. Kun talotekniset liitokset on huolellisesti suunniteltu, elementin asennus paikalleen voi käydä hyvinkin nopeasti. Tilaelementtitekniikka tuottaa rakennuspaikan ympäristöön huomattavasti vähemmän häiriöitä, kuin normaali paikalla rakentaminen.

## **3 MODUULIRAKENNUKSEN 3D-SÄHKÖSUUNNITTELU**

### **3.1 IFC- tiedonsiirtostandardi ja tietomalli**

IFC-kirjainyhdistelmä on lyhenne sanoista Industry Foundation Classes. Tällä kirjainyhdistelmällä tarkoitetaan IFC-tiedostoa, eli avointa tiedonsiirtomuotoa, sekä tietomalliohjelmistojen yhteistä mallien kuvaustapaa. IFC-tiedoston avulla malleja voidaan siirtää eri ohjelmistojen välillä ohjelmistosta toiseen. Hyödyt ovat siinä, että kaikkien tahojen ei tarvitse käyttää samaa ohjelmistoa, vaan siirrettävä tiedosto pysyy samana.

Tällä hetkellä uusin julkaistu versio on IFC 4. Käytössä on yleisesti kuitenkin vielä vanhempi versio IFC 2x3.

Tässä suunnitteluprojektissa IFC-mallia käytetään CADs Electric Pro 17 -ohjelmassa sekä Tekla BIMsight -ohjelmistoa. (5.)

### **3.2 BIM -rakennuksen tietomalli**

BIM-kirjainyhdistelmä on lyhenne sanoista Building Information Modeling, rakennuksen tietomalli. BIM-rakennuksen tietomalli on määritelty seuraavasti:

Rakennuksesta luodaan digitaalisesti yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Nämä mallit tukevat rakennuksen ja rakentamisen suunnittelua kaikissa vaiheissa ja mahdollistavat paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Digitaalisesti koostetut mallit sisältävät rakennuksen täsmällisen geometrian ja tiedot, joita tarvitaan rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintatoimen tukena rakennusvaiheessa. (6.)

### **3.3 Origopiste**

Origopiste on X-, Y- ja Z -akseleiden nollapiste. Origoon mukaan voidaan määrittää IFC-mallin tarkka sijainti. Origo pidetään koko suunnittelun ajan samana, jotta kaikki symbolit ja merkinnät menevät koordinaatistossa oikeaan kohtaan. Sähkösuunnittelijan tekemän

IFC-mallin täytyy olla muiden IFC-mallien kanssa samassa origossa, jotta IFC-mallit kohtaavat 3D-mallinnoksessa. Origopisteitä muokataan vain, jos rakennuksen origopisteet ovat erisuuruiset kuin nolla.

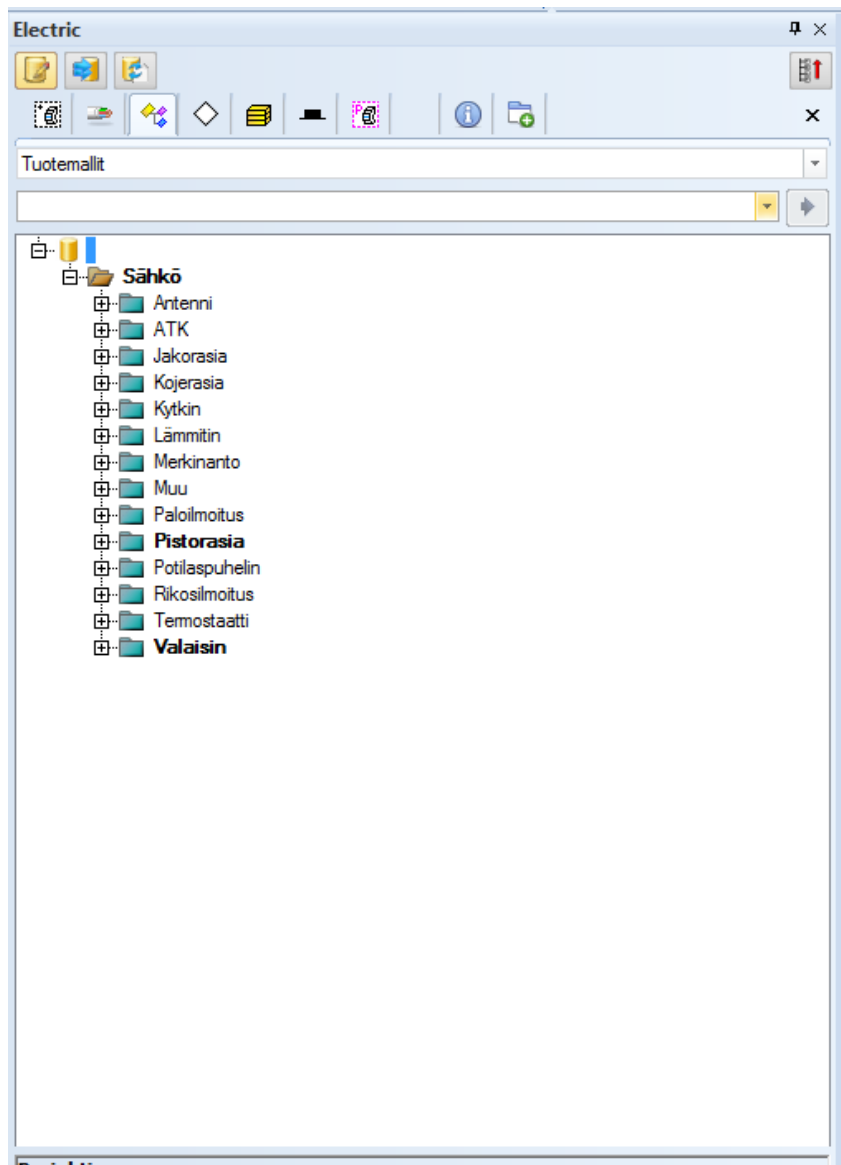
### **3.4 Kolmiulotteinen koordinaatisto**

Kun 3D-malleja piirretään, kaikki piirtoelementit sijoitetaan XYZ-koordinaatistoon. Koordinaatisto on suorakulmainen, äärettömän iso avaruus, johon on määritetty origopiste. Koordinaatiston X-, Y- ja Z -pisteille syötetään jokin numeroarvo, jonka perusteella piirrettävän viivan alkupiste/tartuntapiste sijoittuu kolmiulotteiseen koordinaatistoon. Koordinaatistoa voi pyörittää ja liikuttaa haluamallaan tavalla.

### **3.5 Projektipuu**

3D-mallinnettava ja määrälaskettava sähkösuunnitteluprojekti rakentuu kokonaisuudessaan CADSin projektipuu-toiminnon ympärille. Projektipuu on suunnittelua ja suunnittelun hallintaa helpottava toiminto.

Projektipuun avulla voidaan muokata koko projektin tuotemalleja, laitteita, johdotuksia, kerroksia sekä tiloja ja keskuksia. Lisäksi sen kautta pystytään muokkaamaan projektin attribuutteja, dokumentteja, sekä kaikkia toimintoja, joita projektin DB-työkalulla voidaan muokata. (Kuva 1.)

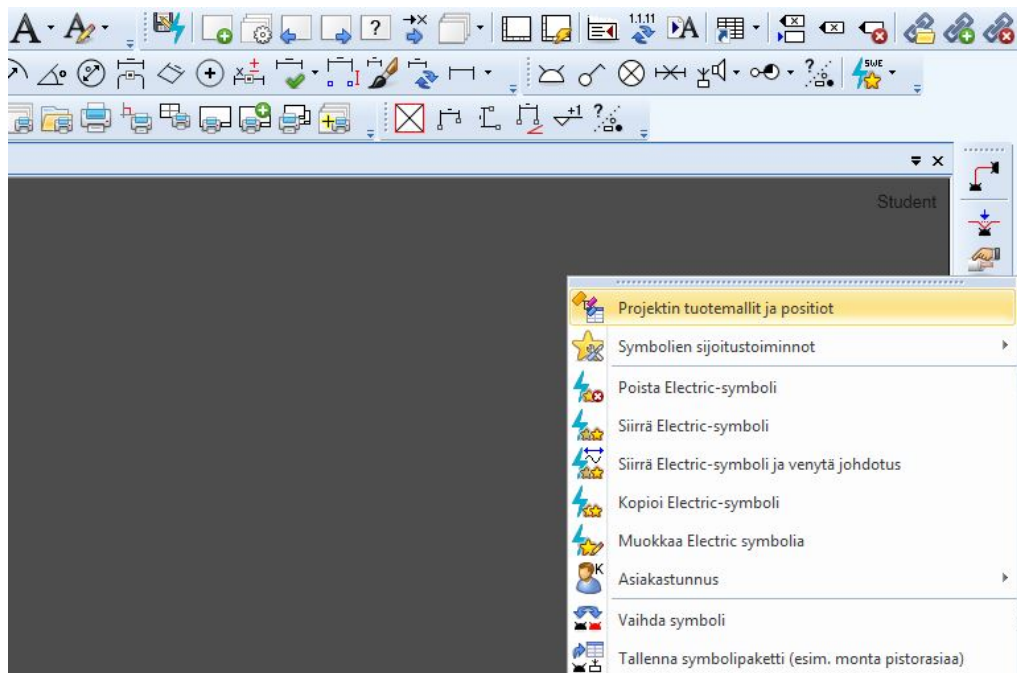


KUVA 1. Projektipuu CADS Electric pro 17 -ohjelmistossa

### 3.6 Kaksi- ja kolmiulotteisten tuotemallien luonti ja sijoittelu

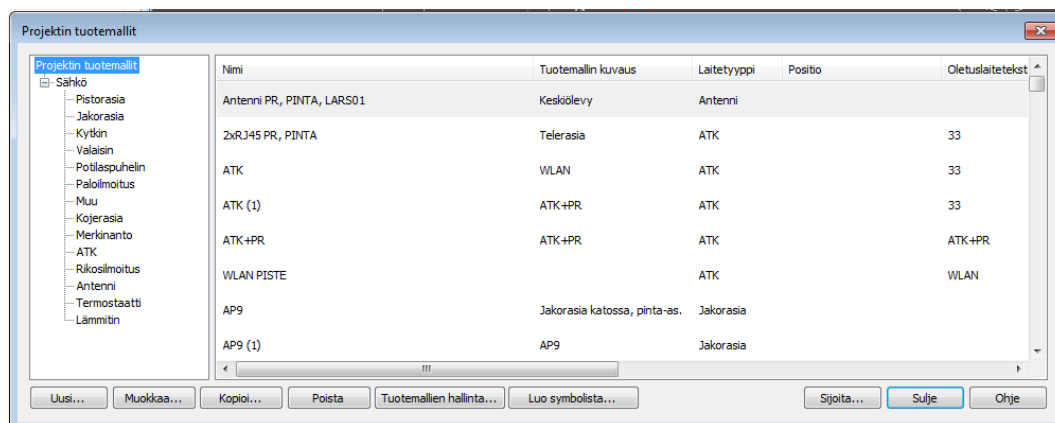
Sähkösuunnitteluprojektin 3D-mallintamisessa voidaan mallintaa kaikki tuotemallit sekä johdotukset. Tässä työssä mallinnetaan vain tuotemallit.

Tuotemallin luonti aloitetaan CADSin oikeassa sivuvalikossa olevasta valikosta. Valikosta valitaan symbolitoiminnot-painikkeen alavalikossa oleva projektin tuotemallit ja positiot -painike. (Kuva 2.)



KUVA 2. Symbolitoiminnot-painikkeen alavalikko.

Projektin tuotemallit ja positiot -painikkeesta saadaan auki projektin tuotemallit-valikko. Tästä valikosta voidaan hallita tuotemalleja. Valikosta voi luoda uusia tuotemalleja eri tyyliellä, muokata, kopioida ja poistaa tehtyjä tuotemalleja, sekä sijoittaa tuotemalleja ta-sokuvaan. (Kuva 3.)

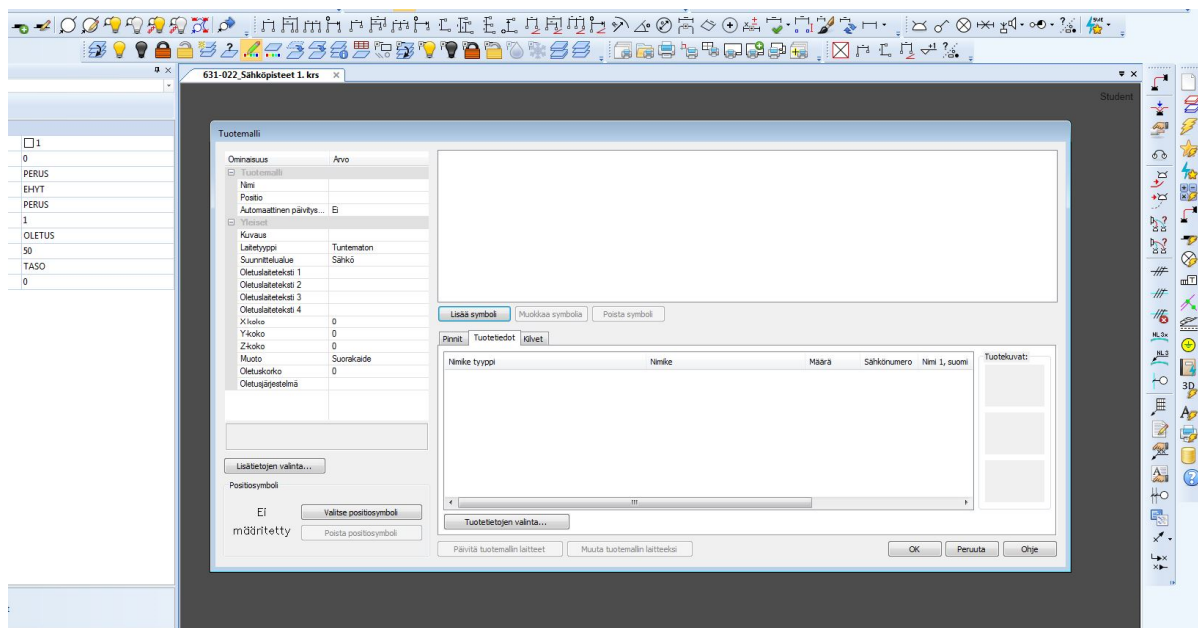


KUVA 3. Projektin tuotemallit -valikko.

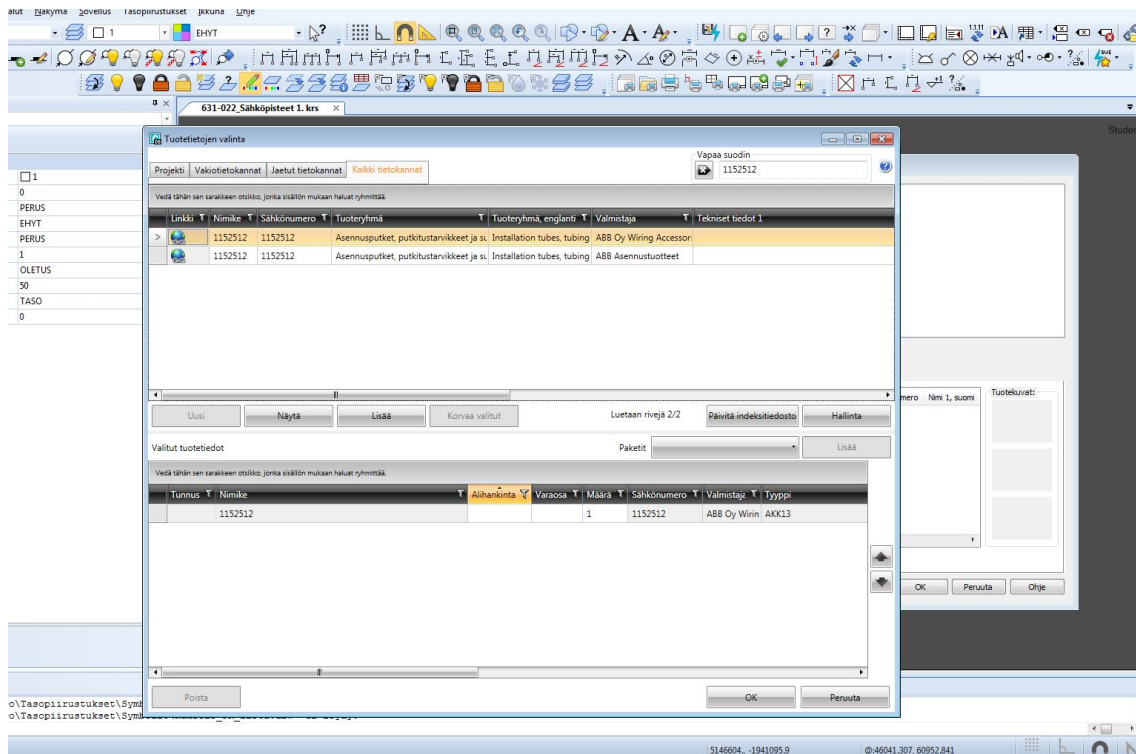
Kun luodaan uusi tuotemalli, klikataan Uusi-painiketta. Painikkeesta aukeaa tuotemalli-valikko. (Kuva 4.) Tässä valikossa voidaan luoda yksittäinen tuotemalli tai tuotemalliryhmä, sekä määrittää symbolit ja tuotetiedot kyseiselle tuotemallille. Kun suunniteltava kohde 3D-mallinnetaan ja siihen tehdään määrälaskenta, tuotemallille tehdään vähintään seuraavat toimenpiteet:

- Valitaan tarvittavat tuotetiedot tuotetietojen valinta-painikkeesta (kuva 5).
- Valitaan 2D- ja 3D-symbolit tuotemallille lisää symboli-painikkeesta (kuva 6).
- Täydennetään tuotemallin attribuutteihin vähintään oletuskorko, oletusjärjestelmä, sekä positiot ja kuvaus.

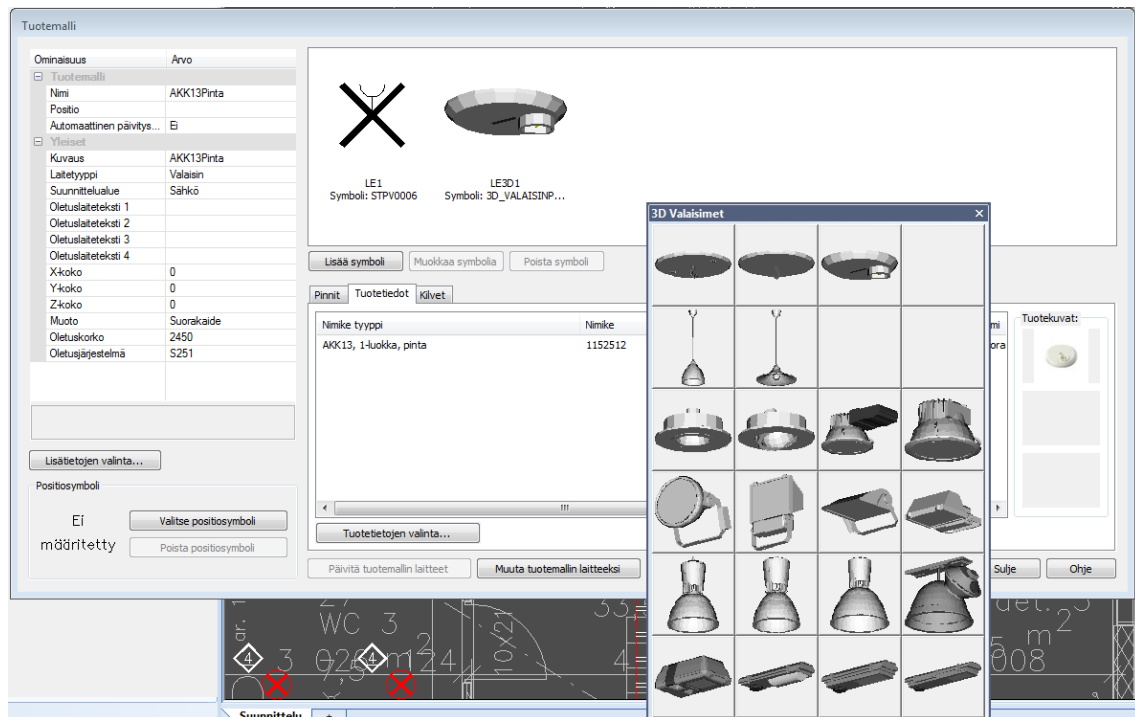
Tuotemallia voidaan hyödyntää mallintamisessa ja määrälaskennassa, kun edellä mainitut asiat on tehty.



KUVA 4. Tuotemalli -valikko.



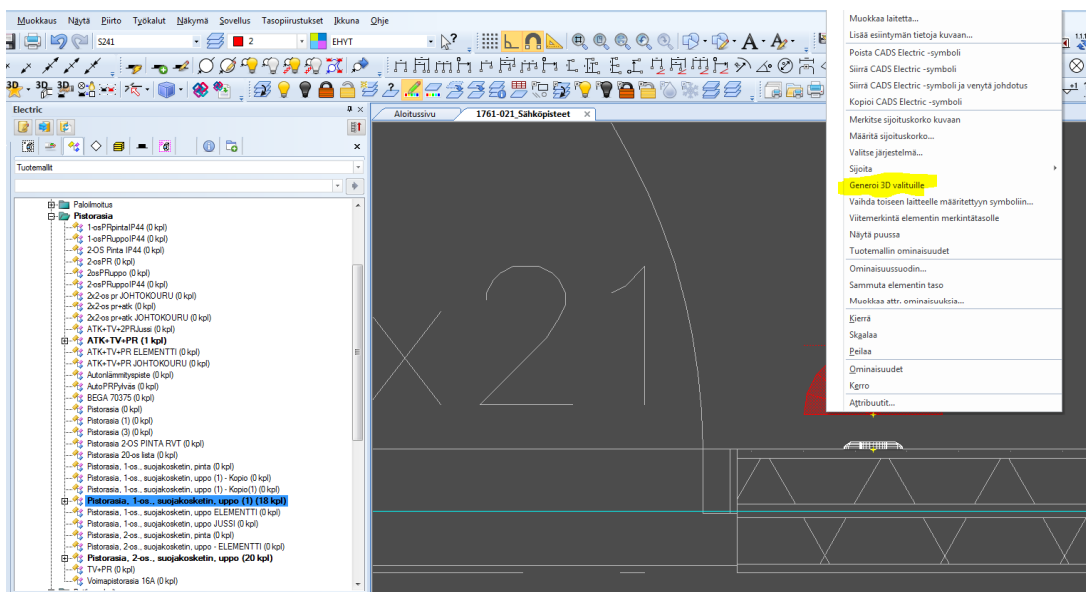
KUVA 5. Tuotetietojen valinta -valikko.



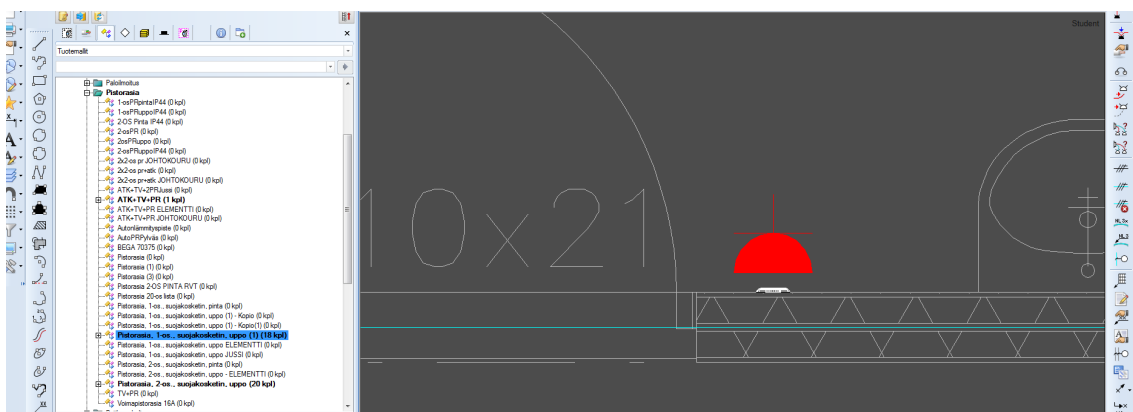
KUVA 6. Tuotemallin 3D-symbolin valinta.



Tuotemalli sijoitetaan projektin tuotemallit -valikon tai projektipuun kautta. Projektipuun kautta valitaan haluttu tuotemalli ja klikataan sen kohdalla hiiren oikeaa painiketta. Tästä avautuu alavalikko, josta voidaan valita sijoittamistyyli. Kun sijoittamistyyli on valittu ja symboli on sijoitettu 2D-tasokuvaan, klikataan hiiren oikealla napilla symbolia ja valitaan alavalikosta generoi 3D-valituille-toiminto. Toiminnolla saadaan 3D-symboli näkymään 2D-tasokuvaan. (Kuvat 7 ja 8.) Generointi on mahdollista toteuttaa myös kaikille tuotemalleille yhtä aikaa. Generointitoiminto löytyy 3D -piirtotoiminnot alavalikosta. Tällä toiminnolla pystytään valitsemaan generoitavaksi joko kaikki 3D-osat yhtä aikaa tai pelkään jokin tietty tuoteryhmä.

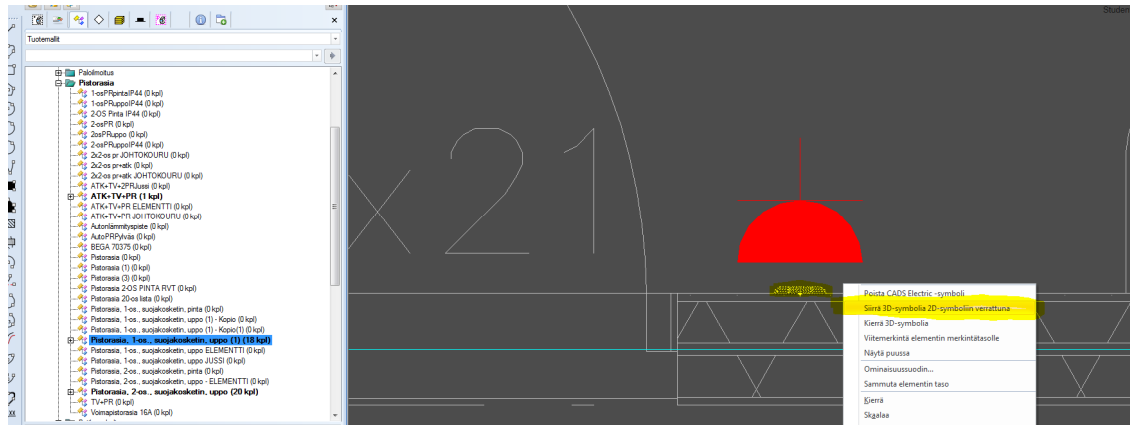


KUVA 7. Tuotemallin 3D-symbolin generointi 2D-kuvaan.



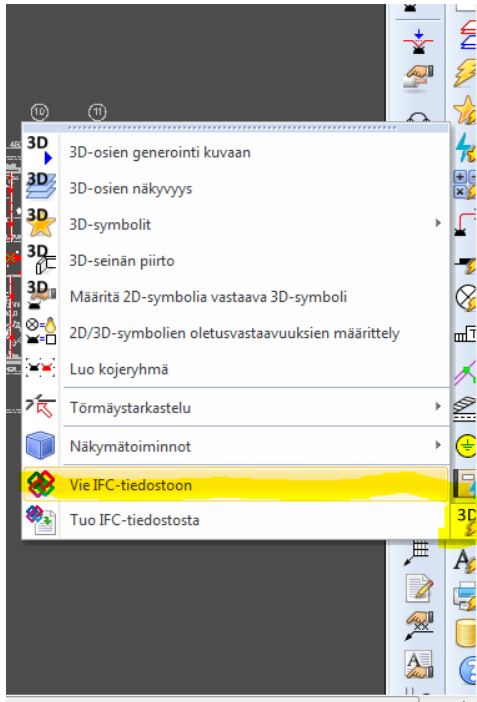
KUVA 8. Tuotemallin 3D-symbolin näkymä 2D-kuvassa

3D-symbolin sijaintia ja kulmaa suhteessa 2D-symboliin muokataan klikkaamalla hiiren oikealla painikkeella 3D-symbolia. Tästä avautuu alavalikko, jossa on toiminnot symbolin siirtämiselle ja kiertämiselle. Viimeistään näillä toiminnoilla 3D-symboli saadaan oikein päin sekä oikeaan kohtaan IFC-mallissa.

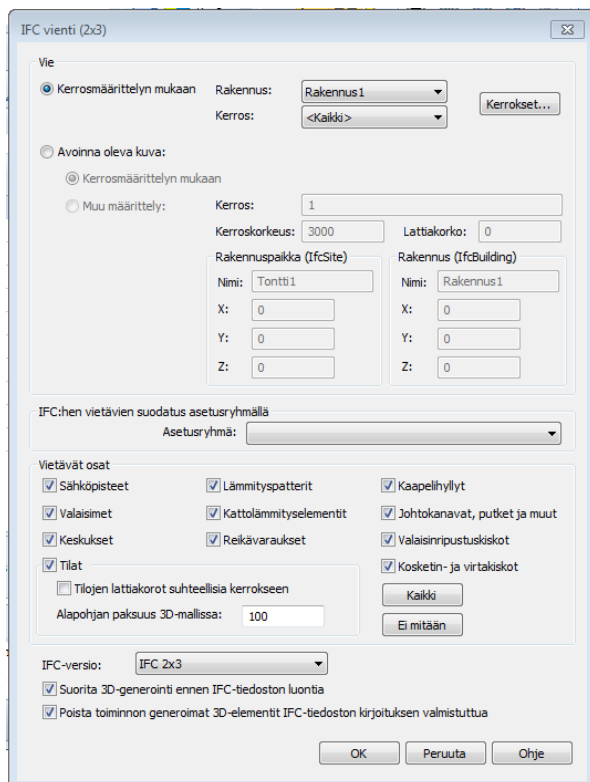


*KUVA 9. 3D-symbolin sijainnin muuttaminen verrattuna 2D-symboliin*

Piirretyt tuotemallit täytyy viedä IFC-malliin, jotta niitä voidaan tarkastella erilaisilla 3D-katseluohjelmilla. Toiminto tehdään 3D-piirtotoiminnot painikkeen alavalikosta. (Kuva 10.). Alavalikosta valitaan vie IFC-tiedostoon toiminto, josta aukeaa IFC-vienti (2x3) -valikko. Tästä valikosta valitaan haluttavat osat, joita viedään IFC-malliin. Lisäksi valikosta muokataan tarvittaessa kerrosmääritysten ja IFC-mallien sijaintimääritysten asetuksia. (Kuva 11.)

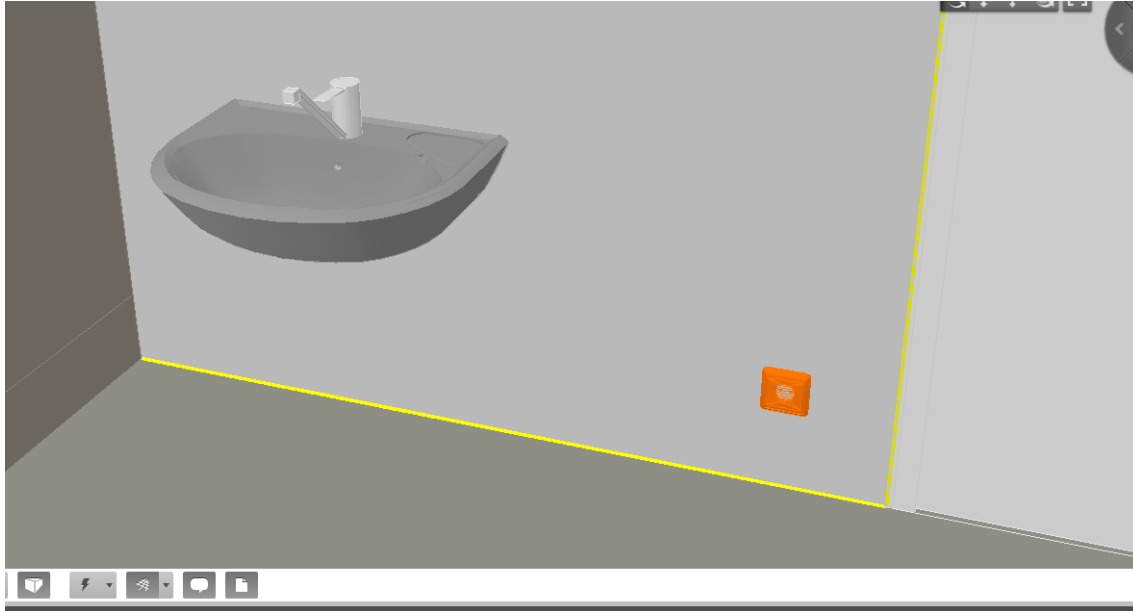


KUVA 10. 3D-piirtotoiminnot -alavalikko



KUVA 11. IFC-vienti (2x3) -valikko

IFC-malleja tarkastellaan erilaisilla 3D-katseluohjelmilla tai suunnitteluohjelmistoilla. Tässä projektissa hyödynnettiin Tekla BIMsight-ohjelmistoa. Tarkastelussa IFC-malli avataan esimerkiksi arkkitehdin tekemän IFC-mallin kanssa päällekkäin, tässä tapauksessa Teklan ohjelmistolla.

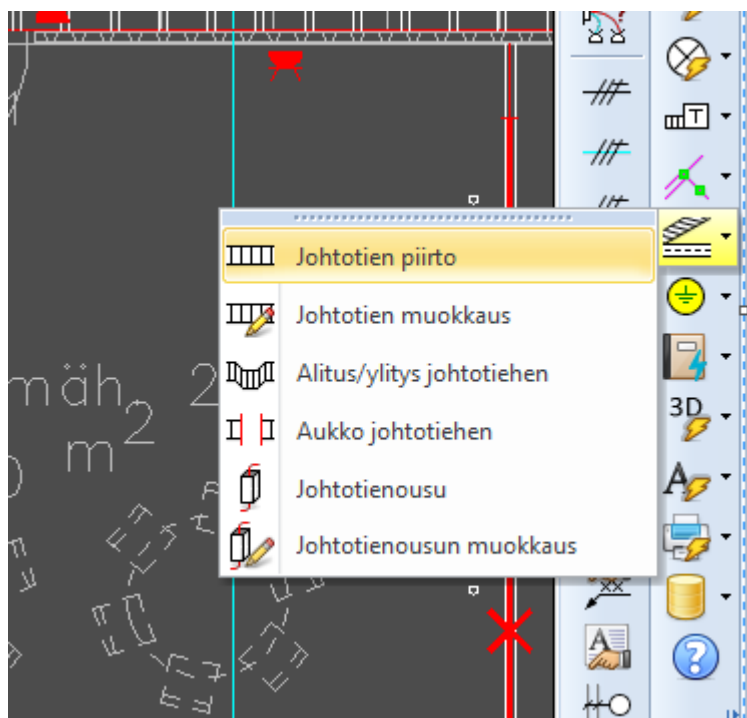


*KUVA 12. Piirretyn tuotemallin näkymä Tekla BIMsight -ohjelmassa*

Kun tuotemalleja sijoitellaan moduuleina rakennettavaan kohteeseen, täytyy suunnitteluvaiheessa huomioida kaikkien moduulien reunat ja moduulien väliset rajat, jotta tuotemallit pysyvät varmasti moduulissa. Muuten tuotemallien luonti ja sijoittelu eivät poikkea mitenkään normaalista 3D -mallintamisesta.

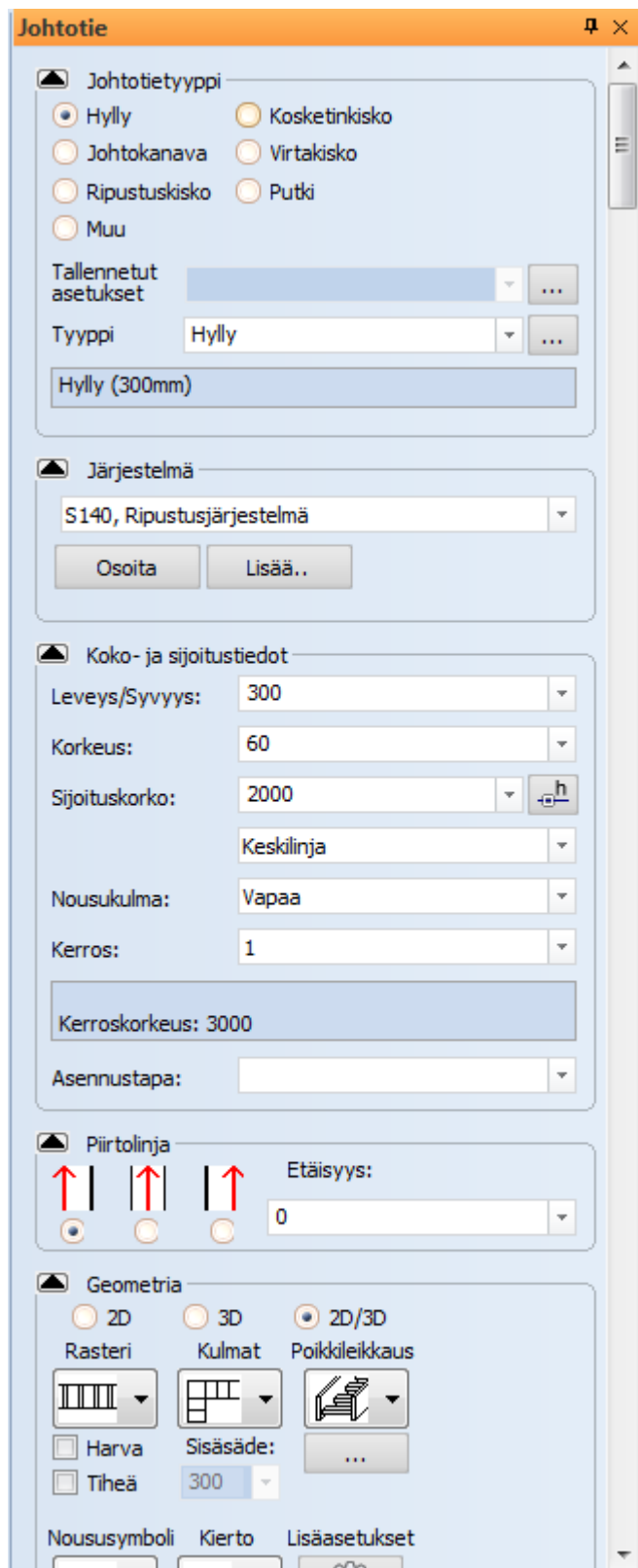
### **3.7 Johtoteiden luonti**

Johtoteiden määrittely on erittäin oleellinen osa sähkösuunnittelua. Johtoteitä pitkin kaapeleita saadaan vietyä keskuksilta sähköpisteille sekä sähköpisteeltä toiselle. Johtoteitä ovat mm. kaapelihyllyt, valaisinripustuskiskot, kaapelikanavat, kourut ja putket. Kaapelihyllyjä ja valaisinripustuskiskoja pystytään hyödyntämään esimerkiksi jakorasioiden kiinnityspintana. Johtoteiden piirtotoiminto saadaan CADSin ohjelmistolla johtotiet -valikon alta. (Kuva 13.)



KUVA 13. Johtotiet -alavalikko.

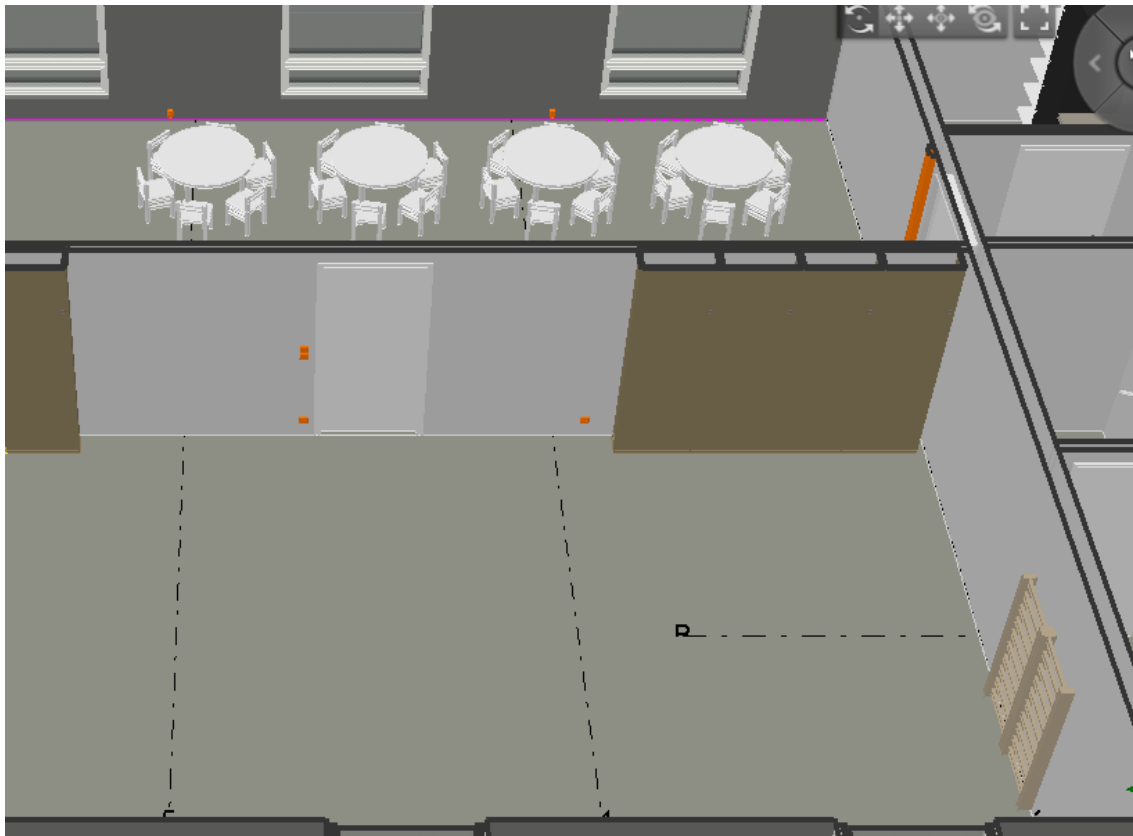
Johtotie -valikosta voidaan valita johtotien tyyppi, järjestelmän taso, koko- ja sijoitustiedot, piirtolinja sekä geometria (kuva 14). Ennen johtoteiden piirtämistä tärkeintä on määrittellä koko- ja sijoitustiedot oikein sekä aktivoida geometria -osiosta 2D/3D-täppä valituksi. Lisäksi on hyvä asettaa lisäasetuksista automaattinen törmäystarkastelu -toiminto päälle. Törmäystarkastelutoiminnolla saadaan tarkistettua esimerkiksi LVI-laitteistojen ja sähkölaitteistojen mahdolliset yhteentörmäykset. Johtoteiden piirto tapahtuu klikkailemalla ta-sokuvaan hiirellä haluttu reitti. Ohjelma piirtää johtotiet automaattisesti sekä 2D- että 3D-symbolina. Johtotie sijoittuu valitun piirtolinjan mukaisesti. Johtotiehen voidaan lisätä tarvittaessa johtotienousuja, alituksia ja ylityksiä sekä aukkoja.



KUVA 14. Johtotiet-valikko.

### 3.8 3D-mallinnuksen hyödyt moduulirakentamisessa

Työn aikana huomattiin konkreettisia hyötyjä, joiden perusteella 3D-mallintaminen oli hyödyllistä moduulirakentamiskohteen sähkösuunnittelussa. Vaikka kaikki samat asiat näkyvät 2D-pohjissa, mallintamisella saatiin kaikki asiat selkeämmin, sekä konkreettisemmin näkyväksi ja ymmärrettäväksi. 3D-mallin esitleminen tehosti eri asioiden ymmärtämistä suunnittelutahojen välillä. Moduulirajojen hahmottaminen oli mallin avulla selkeää ja helppoa. (Kuva 15.)



*KUVA 15. Moduulirajojen näkyminen IFC-mallissa Tekla BIMsight -ohjelmassa.*

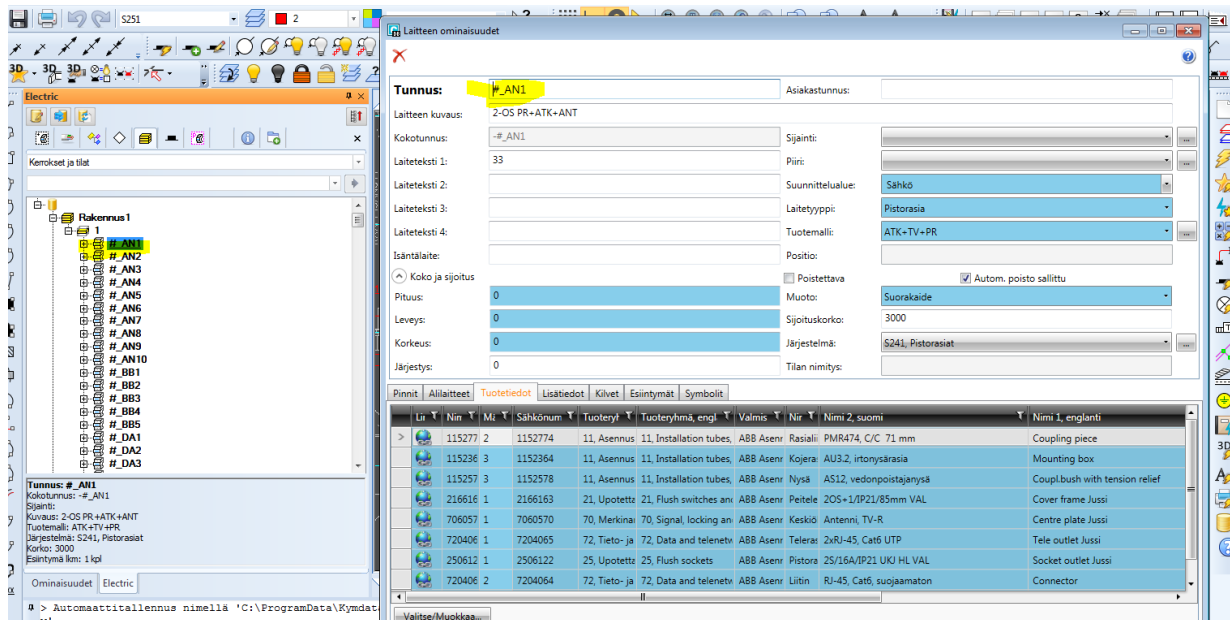
IFC-mallien avulla voitiin tarkasti katsoa kaikki päällekkäisyydet ja törmäystarkastelut eri suunnittelutahojen kanssa. Mallien avulla pystyttiin tekemään tiukoista kohdista tarkat leikkauskuvat, joiden perusteella havaittiin, että kaikki tarvittava tekniikka tulee mahtumaan niille varattuihin tiloihin. Moduulien valmistajat pystyivät mallista konkreettisesti näkemään, miten sähkösuunnittelija on ajatellut sähköistyksen toteutettavaksi. Malli helpottaa ja nopeuttaa merkittävästi kokonaisuuden ymmärtämistä sekä kuvien tulkitsemista.

# 4 MÄÄRÄLASKENTA MODUULIRAKENNUKSEN SÄHKÖSUUNNITTELUSSA

## 4.1 Projektipuu

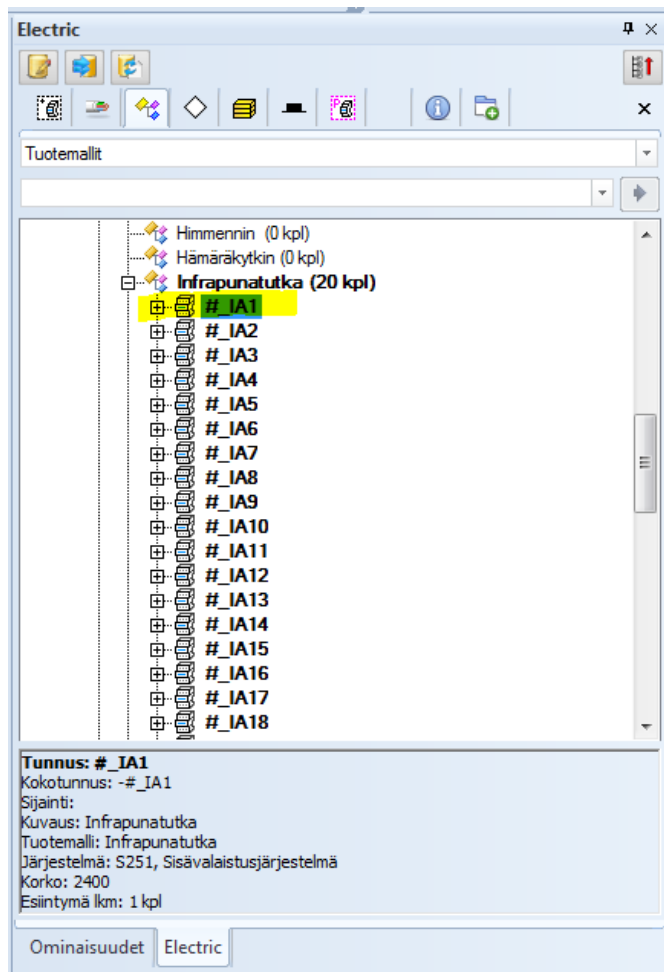
Määrälaskennalla tarkoitetaan kaikkien sähkötarvikkeiden ja kaapeleiden laskemista sekä taulukoimista CADSin ohjelmalla niin, että ohjelmasta saadaan valmis määrälaskentaluettelo. Luetteloa hyödynnetään pääosin urakkalaskennassa sekä tavaroiden ja tarvikkeiden tilaamisessa.

Projektipuussa näkyvät kaikki projektiin tehdyt tuotemallit. Aina kun tuotemalli sijoitetaan tasokuvaan, projektipuuhun päivittyy tasokuvassa olevien tuotteiden määrä. Projektipuusta pystytään suoraan tarkistamaan tasokuvaan sijoitettujen tuotemallien määrät. Kun tuotemallia klikataan, sen alapuolelle tulee näkyviin kaikki samanlaiset yksittäiset tuotemallit eli laitteet. Näistä pystytään erikseen hallitsemaan jokaista tuotemallia. Määrälaskennan kannalta tämä on hyvä ominaisuus, sillä uuden tuotetiedon lisääminen onnistuu helposti tätä kautta. (Kuvat 16 ja 17.)



KUVA 16. Laitteen ominaisuudet -ikkuna.





KUVA 17. Tuotemallien ja laitteiden näkymä projektipuussa.

## 4.2 Projektin tietokanta

Jokaisella CADS-projektilla on oma tietokanta, EDBproject -tiedosto. Kun uusi projekti aloitetaan, ohjelma tekee projektille uuden tietokannan automaattisesti. Tietokanta on mdb. tiedostomuodossa, ja aukeaa Microsoft Access Database -ohjelmistolla. Tietokantaa pystytään muokkaamaan myös CADSin Electric DB -työkalulla.

Tietokantaa voi kuvata projektin käyttöliittymäksi, jonka rakenne on taulukkomainen ja se mahdollistaa kaiken suunnittelutiedon tarkastelemisen ja muokkaamisen yhdessä näkymässä. Tietokannan kautta voi hallita aivan kaikkia projektissa olevia asioita. Tietokantoja voi tuoda toisesta projektista ja viedä toiseen projektiin. Tietokanta sisältää myös kaikki määrälaskentaan tarvittavat tiedot. (Kuvat 18 ja 19.) (7.)

Projekti	Tuotemallin	Nimi	Tuotemallin	Laitetyyppi	Suunnittelu	Oletuslaiter	Oletuslaiter	Oletuslaiter	Oletuslaiter	Oletusjarje	Koko_X	Koko_Y	Ko
005b33fe-3f73	Plata 40W 840	Seinävalaisin,		50 Sähkö						S251	600	600	
0 065f2539-cd64	Läsnä/Kuittaus	Läsnä/Kuittaus		68 Sähkö						T370	0	0	
0 09dc9576-e07a	Ovillamppu, up	Ovillamppu, up		68 Sähkö						T370	71	46	
0 09eda9a3-b501	Pistorasia, 2-oi	Pistorasia, 2-oi		52 Sähkö						S241	100	40	
0 0d56c93c-4836	Pistorasia, 1-oi	kojerasia, nysä,		52 Sähkö						S241	0	0	
0 114c4ffe-bf01	ATK+TV+PR ELI 2-OS	PR+ATK+V		52 Sähkö	33					S241	245	11	
0 116686e0-9e05	KUM 310U (36c	Turvakytkin, 3-		4 Sähkö						S241	0	0	
0 1b32f282-0e03	AVR400 IP44 LE	Valaisin		50 Sähkö						S251	0	0	
0 1c648ddc-9b14	1-os.K-kehys E	Peitelevy		4 Sähkö						S23	85	11	
0 1d15ef1b-32b6	K6 ELEMENTTI	Vaihtokytkin, i		4 Sähkö						S23	70	35	
0 201012021348c	ATK+TV+PR	2-OS PR+ATK+V		52 Sähkö	33					S241	0	0	
0 201012021352d	2os Pr + atk			52 Sähkö	33					S241	0	0	
0 201012021358c	ATK (1)	ATK+PR		62 Sähkö	33					S241	0	0	
0 2010120214125	TV+PR	Yhdyskappale		52 Sähkö	33					S241	0	0	
0 2010120307235	k1	Vedonpoistaja		4 Sähkö						S23	0	0	
0 201012030736c	K6	Vaihtokytkin, i		4 Sähkö						S23	0	0	
0 201012030738c	K5	Kruunukytkin,		4 Sähkö						S23	0	0	
0 2010120307405	K7	Kytin		4 Sähkö						S23	70	35	
0 2010120307425	K8	Peitelevy		4 Sähkö						S23	0	11	

KUVA 18. Projektin tietokannan näkymä Microsoft Access-ohjelmistossa.

Projekti	Laiteet	Riviltiimit	Sijainnit	Piirit	I/O	Kaapelit	Johdot	Tuotetiedot	Lisätiedot	Kivet	Dokumentit
Tunnus	Sijainti	Kokoonnus	Asiakastunnus	Laitetyyppi	Suunnitteluvä	Laitteen kuvaus					
#_DA1	#_DA1			ATK	Sähkö	Telersia					
#_DA2	#_DA2			ATK	Sähkö	Telersia					
#_DA3	#_DA3			ATK	Sähkö	Telersia					
#_DA5	#_DA5			ATK	Sähkö	Telersia					
#_DA6	#_DA6			ATK	Sähkö	Telersia					
#_LE1	#_LE1			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 650 mm, seinäs.					
#_LE10	#_LE10			Valaisin	Sähkö	Merkkivalaisin, itsenäinen					
#_LE100	#_LE100			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					
#_LE101	#_LE101			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					
#_LE102	#_LE102			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					
#_LE103	#_LE103			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					
#_LE104	#_LE104			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE105	#_LE105			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE11	#_LE11			Valaisin	Sähkö	Merkkivalaisin, itsenäinen					
#_LE111	#_LE111			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE114	#_LE114			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE116	#_LE116			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE12	#_LE12			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					
#_LE122	#_LE122			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE123	#_LE123			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE124	#_LE124			Valaisin	Sähkö	Seinävalaisin, rasia					
#_LE126	#_LE126			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					
#_LE128	#_LE128			Valaisin	Sähkö	Loistevalaisin, 1250 mm					

KUVA 19. Projektin tietokannan näkymä CADS Electric pro 17 -ohjelmistossa.

### 4.3 Kaapeloinnin erityispiirteet moduulirakentamisessa

Sähkösuunnittelussa kohteeseen täytyy suunnitella kaapelointireitit ja kaapelointi. Kaapeloinnin piirtämisessä on huomioitava kohteen rakennustapa, rakenteet, tilojen käyttötavat, kaapelien kuormitettavuus, ohjaukset, riittävä johdinten määrä ja kytkentäpaikat. Tässä tarkastellaan huomioon otettavia asioita moduuleina rakennettavan rakennuksen kaapeloinnista.

Ennen johdotussuunnittelun aloitusta selvitettiin, kuinka valmiiksi moduulit tehdään tehtaalla, sekä millainen on moduulien rakennustyyli. Moduulit voidaan kasata ns. ”pitkästä tavarasta” tai valmiista elementeistä. Koska moduulit on tarkoitus tuoda työmaalle niin

valmiina, että talotekniset järjestelmät voidaan liittää tai ketjuttaa moduulilta toiselle mahdollisimman helposti, johdotusta alettiin suunnitella sen mukaisesti. Jokaisen moduulin sähköasennusten täytyy olla valmiiksi johdotettu ja kytketty, kun se tuodaan työmaalle.

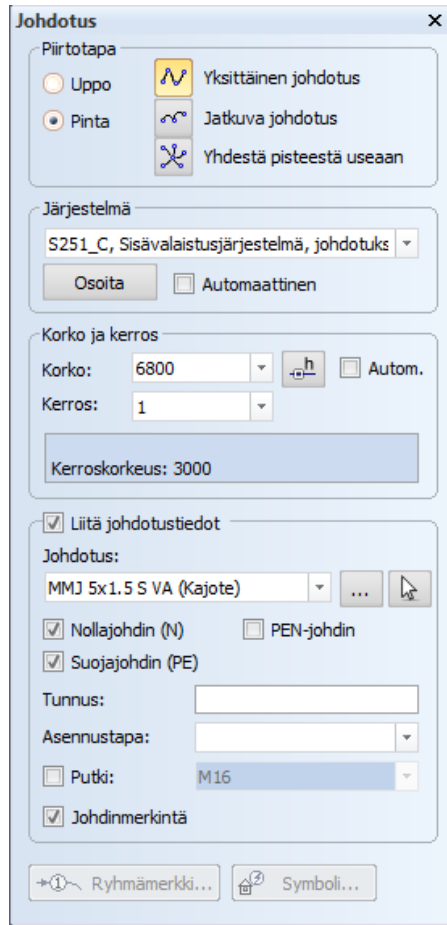
Johdotuksen kytkentöihin on olemassa erilaisia pikaliitostekniikoita, joita pystyttiin hyödyntämään moduulien välisissä kytkennöissä. Tämä aiheutti kuitenkin monimutkaisuudellaan haasteita johdotuksen piirtämiseen. Haasteet johtuivat määrälaskennasta, koska jokainen pikaliitin oli saatava määrälaskentaan mukaan. Kaikista tällaisista välikytkentäkohdista täytyi tehdä tasokuvaan oma tuotemalli, sekä sille oma 2D-symboli. Symboleille määritellään halutut korot johdotuksen riittävyyden varmistamiseksi. Määrämittaisille pikaliittimillä varustetuille kaapeleille tehtiin oma tuotemalli, johon liitettiin yksilöllisillä koodilla varustetut pikakytkentäkaapelit. Muilta osin johdotuksen piirto tehtiin samalla tavalla kuin tavanomaisessa johdotussuunnittelussa.

Määrälaskennan huomioon ottava kaapeloinnin piirto toteutetaan normaalilla johdotustoiminnolla, joka löytyy johdotus ja merkinnät -alavalikosta. Johdotus -valikosta voidaan määritellä piirtotapa, johdotuksen tyyli, taso, korko ja kerros, johdotustiedot, tunnus sekä asennustapa. Tällä toiminnolla johdotetaan symboleiden väliset kaapelit. (Kuva 20.)

Tasokuvaan merkitään myös syöttöjohdot kaikille sähkökeskuksesta lähteville ryhmille. Toiminto tehdään keskustoiminnot-alavalikosta löytyvällä lisää ryhmä -toiminnolla. Toiminnolla voidaan määritellä ryhmän syöttökaapeli, keskus, ryhmänumero, ylivirtasuojat, sähkötekniset tiedot, korko sekä syötön pituus. Määrälaskennan kannalta tarkasteltuna tärkeimmät asiat ovat keskuksen määrittäminen, sekä syöttökaapelin asennuskorkeus ja syötön pituus. Syötön pituus -toiminnolla voidaan määritellä kaapelireitti käsin haluttua reittiä klikkailemalla. Syötön pituus voidaan myös lukea kuvasta, jolloin ohjelma laskee kaapelin ryhmämerkin ja keskuksen etäisyydestä suorinta reittiä tai dx-, dy -reittiä käyttäen. Kaapelille voi määritellä myös metrimääräisen asennusvaran kytkentää varten. Tällä varmistetaan, että kaapelia tulee varmasti riittävä määrä. (Kuva 21.)

Ennen johdottamisen aloittamista tarkistetaan aina, että kaikki symboleiden korot on määritetty oikein. Ohjelmisto laskee johdotuksen pituuden symboliin määritetystä korosta suoraan ylöspäin johdotuksen korkoon, johdotusviivaa pitkin seuraavan symbolin yläpuo-

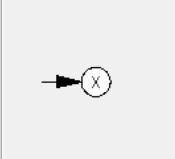
lelle ja siitä suoraan symbolille määritettyyn korkoon. Määrälaskenta huomioi laskennassa johdotustietoihin määritetyn kaapelin, kaapelipaketin sekä mahdolliset johdotukseen liitetyt putket. (Kuva 22.) (8.)

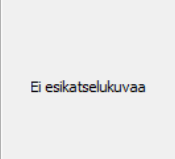


KUVA 20. Johdotus-toiminto, CADs Electric pro 17 -ohjelmistossa.

Ryhmä

Symbolit

2D-symboli:  STPRYH10 IPV  
Valitse...  
Kuvasta...

Keskuskaaviosymboli:  Ei esikatselukuvaa  
Valitse...  
Kuvasta...  
Tyhjennä

Ryhmän tiedot

Keskustunnus: SPK Nro: 1  
 Näkyvissä  Teksti 0°

Osoite:   
Tunnus:   
Huomautus:

Ylivirtasuojaja

Tyyppi: Johdonsuoja C  
Nimellisvirta (A/A): 10 / 25  
Poiskytkentäaika: 0.2 s

Sähkötekniset tiedot

Teho:  Lue kuvasta:  kW  
 Kiinteä arvo:  kW

Oikosulkuvirta: -  
Jännitealennema: -

Johdotustiedot

Johdotustieto	Arvo
Kaapelitunnus:	#_W1
Kaapelityyppi:	MMJ 5x1.5 S VA
Pituus:	0.0

Kaapelityyppi näkyvissä

Korko: 3000 h

Järjestelmä: S251\_C, Sisävalaistusjärjestelmä, johdc

Syötön pituus

Lue kuvasta:  m  
 Kiinteä arvo: 0 m Määritä >  
Asennusvara: 0 m

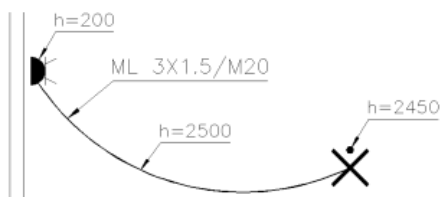
Jatka johdotuksella

OK Peruuta Ohje

KUVA 21. Lisää ryhmä -toiminto, CADs Electric pro 17 -ohjelmistossa.

## Johdotusesimerkki 1

Määrätiedon laskenta oheisesta kuvasta huomioi johdotus-/putkitustiedot ja korot seuraavasti:



Johdotuksen reitti on seuraava:

Valaisimelta ylöspäin (50mm), kaarta pitkin pistorasian yläpuolelle (n.2650mm) ja alas pistorasialle (2300mm).

Yhteispituus: 50mm+2650mm+2300mm=5000mm

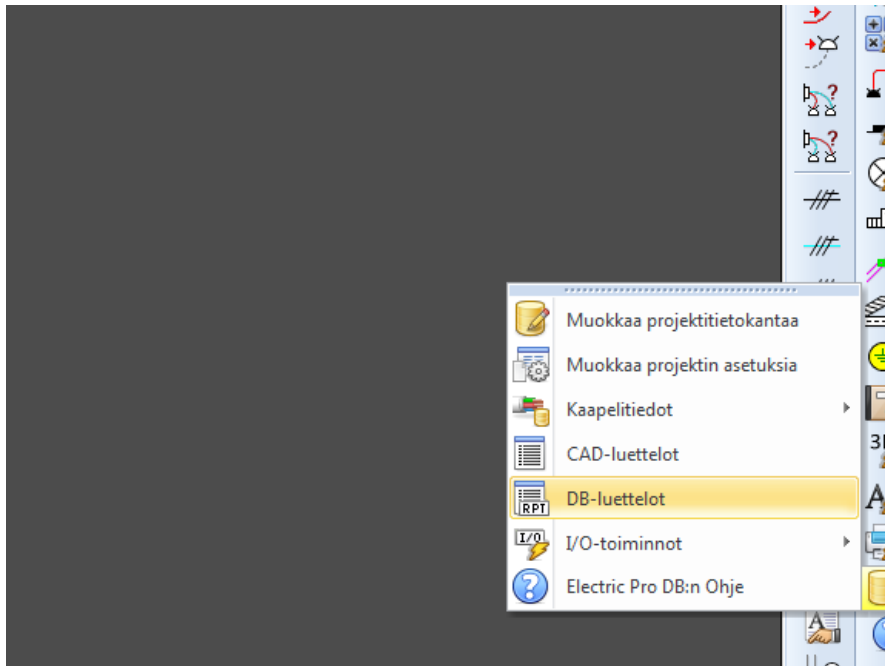
Tästä saadaan laskentaan:

- M20 putkitus 5.0m
- ML johdin 15.0m

KUVA 22. Kuvakaappaus, johdotusesimerkki 1 (8).

#### 4.4 Määrälaskentaluetteloiden tekeminen Excel-tiedostoon

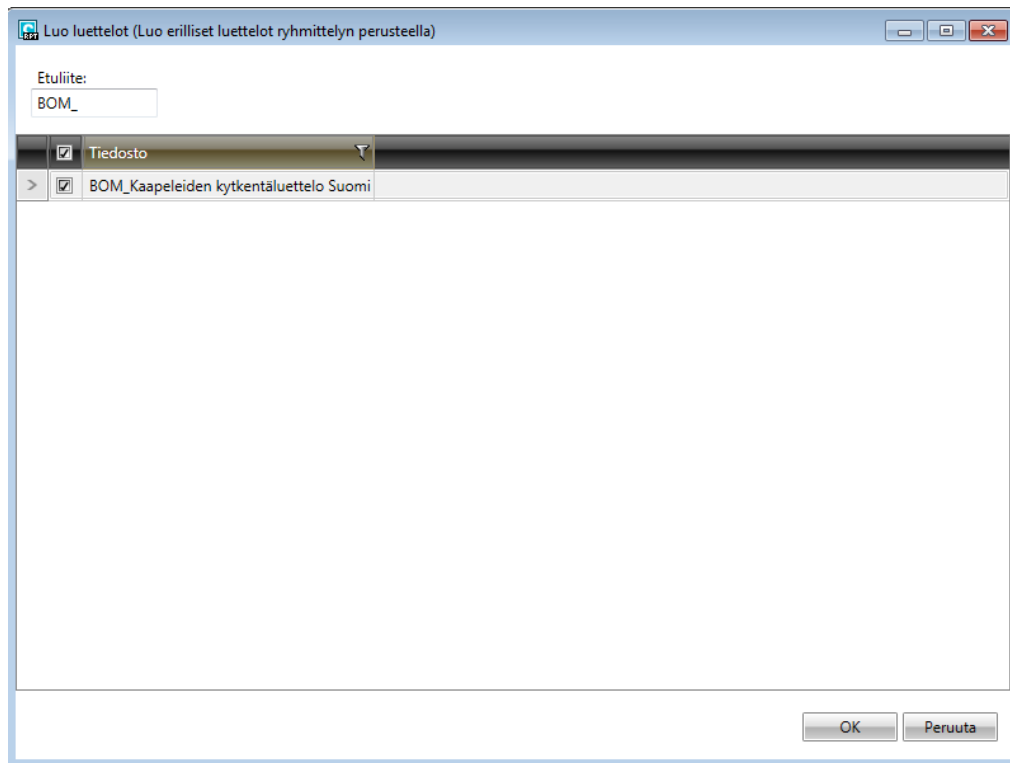
Määrälaskenta tehdään, kun kaikki haluttavat tuotteet on lisätty projektiin. Määrälaskennasta siirretään DB-luettelot Excel-tiedostoon. Tämä tehdään Electric pro -tietokanta-ala-valikosta löytyvällä DB-luettelot -toiminnolla (Kuva 23). Sähkökalusteista ja kaapeleista tehdään omat luettelot.



KUVA 23. DB-luettelot -toiminto.

Määrälaskentaluettelot tehdään Electric DB-luettelo -toiminnolla. Toiminnon valikosta määritetään luettelolle tyyppi sekä xls. -muotoinen luettelopohja. Ohjelma sisältää vakioitua luettelotyypit ja luettelopohjat. Luettelopohjia pystytään luomaan ja muokkailemaan itse Excel -ohjelmistolla. Tulostettavassa määrälaskentaluettelossa eivät automaattisesti näy kaikki tiedot, vaan ainoastaan ne, joihin luettelopohjassa on tietokantaviittaus, esimerkiksi \$valmistaja\$ (Kuvat 24 ja 25) (9). Tuotetiedoista pystytään valitsemaan luettelopohjaan halutut sarakkeet. Sarakkeita pystytään myös ryhmittelemään tarvittaessa. Tulostettaessa Excel muotoista taulukkoa valikosta täytyy valita vienti Excel-tiedostoon. Tallennuksen tiedostopolku on määritettävä.





KUVA 26. Luo luettelot -valikko.

Laiteluettelo tuotteittain						
Nimike	Nimi	Tekniset tiedot	Valmistaja	Tyyppi	A-hinta	Maara
						74
1152364	Kojerasia		ABB	AU3 2, irtonysärasia HF	0,00	167
1152389	Kojerasia		ABB	AU17 2, 2-osainen HF	0,00	13
1152578	Nysä		ABB	AS12, vedonpoistajansä HF	0,00	541
1152774	Rasialiitoskappale		ABB Oy Wiring	PMR474	0,00	15
2112071	Peitelevy		Schneider	1-kehys adapterilla	0,00	39
2112072	Peitelevy		Schneider	2-kehys adapterilla	0,00	13
2530121	Pistorasia	Exxact 2-PR. vino JL VAL	Schneider	2S/16A/IP20 1X UKJ vino VAL	0,00	41
7200543	Dataliitin		Schneider	LXO 250 CAT6 UTP	0,00	60
7233101	Telerasia	Exxact Datarasia LexCom	Schneider	Datarasia LexCom VAL	0,00	15
7516101	Keskiolevy	Exxact Keskiolevy	Schneider	KL R+TV+SAT VAL	0,00	13
7541623	Antennirasia	LARS 02, tarkoitettu	Laatuantenni	LARS 02 Päättyvä ant.rasia 1dB	0,00	13
1152119	Jakorasia		ABB	AU19, Irtonysäjakorasia HF	0,00	54
1152521	Rasiakansi		ABB	AK1.1, jakorasia peitekansi HF	0,00	52
1612509	Jakorasia		ABB	AP9, 86x86mm VAL, IP65 HF	0,00	14
0420254	Kumikaapeli	VSB TARMO 5G2.5	Draka	VSB TARMO 5G2.5 K500	0,00	4
1152563	Rasiakansi		ABB	AK12.1, jakorasiaille IP20 HF	0,00	2
4607383	Tyvisuoja	Suojakumi	Lujabetoni	SK 235/95K 100 - 110 MM	0,00	9
4609806	Olakepylväs	P4.5/108 Tehomet-	Tehomet	P4.5/108 JAUHEMAAL RAL 9011	0,00	9
4610301	Pylväsialusta	KBR 1	Online	KBR 1	0,00	9

KUVA 27. Määrälaskentaluettelo tuotteista, Excel -ohjelmistossa.



#### **4.5 Määrälaskennan hyödyt moduulirakentamisessa**

Sähkösuunnittelun määrälaskennasta moduulirakentamisessa huomattiin monia konkreettisia hyötyjä. Määrälaskenta hidastaa suunnittelutyötä tuotemallien luonnissa ja johdottamisessa, koska kaikki asiat täytyy määritellä niin tarkasti.

Sähkösuunnittelun määrälaskenta auttaa sähkötarvikkeiden hankkijaa todella paljon, koska heidän ei tarvitse enää erikseen alkaa massoittelemaan kohteen tuotteita pdf- tai dwg -muotoisista kuvista. Määrälaskentaan vaikuttavat asiat on valmiiksi ajateltu suunnittelupöydän ääressä.

Kaikkien tuotemallien sisältämät tuotetiedot on erikseen yksilöity määrälaskentaluetteloon, sekä kaikista kaapelityypeistä on metrimääräiset kaapelimäärät tiedossa. Valmiiksi kytkettyjen määrämittaisten pikaliitostekniikkaa hyödyntävien kaapeleiden tarkat määrät on sisällytetty tuoteluetteloon. Määrälaskennan toteuttaminen suunnitteluvaiheessa jouduttaa tavaran saapumista työpisteelle. Tarvikkeet voidaan tilata määrälaskentaluetteloon luottaen.

## 5 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää vastaukset kahteen kysymykseen:

- Onko 3D-mallintamisesta konkreettista hyötyä moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa?
- Onko määrälaskennasta konkreettista hyötyä moduulirakentamisen sähkösuunnittelussa?

Työssä löydettiin perusteluja sekä 3D-mallintamisen että määrälaskennan toteuttamisen puolesta. 3D-mallintamisen havaittiin hyödyttävän suunnitteluvaiheessa eri osapuolia sen ymmärrettävyyden vuoksi. Eri suunnitteluosapuolet pystyivät tarkastelemaan järjestelmien päällekkäisyyksiä, moduulien rajapintoja, sekä tarkastelemaan toisten tekemiä 3D-mallinnoksia helpommin ymmärrettävästi verrattuna kaksiulotteisiin suunnitelmiin. Kuvat olivat helpommin selitettävissä ja ymmärrettävissä.

Jos 3D-mallit ovat tuotantovaiheessa tuotantotyöntekijöiden käytössä, he tarkistavat sieltä suoraan mielestään epäselvät paikat. He näkevät 2D-kuvaa selkeämmin, että miten järjestelmät on suunniteltu toteutettavaksi. Tämä myös pienentää virheiden mahdollisuuksia, koska asioista on olemassa konkreettinen kuva, josta voidaan nähdä ”valmis” kohde.

Määrälaskentaa voidaan hyödyntää tavaroiden tilausvaiheessa. Määrälaskentaluettelosta pystytään toteamaan, millaisia sähkötarvikkeita tarvitaan ja kuinka paljon. Tämä vähentää suunnittelun jälkeistä työtaakkaa sekä nopeuttaa sähkötarvikkeiden hankintaa työpisteisiin ja työkohteisiin.

Määrälaskenta voi aiheuttaa myös ongelmia. Määrälaskentaluettelot ovatkin lähes turhia, mikäli suunnittelija ei ole ollut riittävän huolellinen ja määrälaskentaluettelot eivät pidäkään täysin paikkaansa. Lisäksi erilaiset ohjelmalliset virheet, joita ilmenee toisinaan, voivat heikentää merkittävästi määrälaskennan paikkaansapitävyyttä. Tämä johtuu siitä, että ohjelmassa aiheutuvia ongelmia voi olla todella hankala selvittää. Ohjelmalliset virheet ovat kuitenkin aika harvinaisia, joten se ei estä määrälaskennan tekemistä.

Määrälaskennan ja 3D-mallintamisen toteuttaminen suunnitteluvaiheessa hidastaa suunnittelutyötä, sillä yksityiskohtaisen tiedon lisääminen suunnitelmiin edellyttää erityistä huolellisuutta. Kokonaisuutta tarkasteltaessa 3D-mallinnuksesta ja määrälaskennasta on kuitenkin enemmän hyötyä kuin haittaa.

## LÄHTEET

1. Suomisanakirja 2018. Saatavissa: <https://www.suomisanakirja.fi/amp/moduuli>. Hakupäivä 20.4.2018
2. Puuinfo 2018. Yleisimmät rakennejärjestelmät. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t>. Hakupäivä 20.4.2018
3. Hänninen, Riitta – Toppinen, Anne – Verkasalo, Erkki – Ollonqvist, Pekka – Rimmler, Thomas – Enroth, Raija-Riitta – Toivonen, Ritva 2007. Puuteollisuuden tulevaisuus ja puurakentamisen mahdollisuudet. Metlan työraportteja 49. Metsäntutkimuslaitos 2007. Saatavissa: [www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp049.htm](http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp049.htm). Hakupäivä 20.4.2018.
4. Ely-keskus 2018. Erikoiskuljetukset. Saatavissa: [www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset](http://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset). Hakupäivä 20.4.2018
5. BuildingSMART Finland 2018. Standardit. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/standardit/>. Hakupäivä 17.4.2018
6. Tekla 2018. Mitä on BIM?. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>. Hakupäivä 23.4.2018
7. CADS 2018. Projektikohtainen tiedon hallinta. Saatavissa: <https://www.cads.fi/ohjelmistot/cads-electric/talotekninen-sahkosuunnittelu/projektikohtainen-tiedonhallinta>. Hakupäivä 21.4.2018.
8. CADS ohjelmiston ohje -valikko 2018. Tasopiirustukset. Määrätiedon laskenta.
9. CADS ohjelmiston ohje -valikko. DB-luettelo.