



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Rene Rannisto

REVIT-OHJELMISTON
KÄYTTÖOHJEISTUS
SÄHKÖSUUNNITTELU-
YMPÄRISTÖSSÄ

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Rene Rannisto
Opinnäytetyön nimi	Revit-ohjelmiston käyttöohjeistus sähkösuunnitteluympäristössä
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	58
Ohjaaja	Mikko Västi

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Revit-ohjelmiston toiminnoista käyttöohjeistus Granlund konsernin Wikimedia-pohjaiselle Jupipedia sivustolle. Käyttöohjeistuksen toiminnot koskivat talotekniikan sähkösuunnittelun osa-alueita. Työssä tehtiin lisäksi suunnitteluohjelmistojen vertailututkimus, jossa vertailtavina ohjelmistoina toimivat CADMATIC Electrical, AutoCAD sekä Revit. AutoCADin ja Revitin lisäsovelluksena toimi MagiCAD. Vertailututkimuksen tavoitteena oli selvittää Revitin eroja perinteisiin CAD-ohjelmistoihin. Työssä käsiteltiin myös yleisesti tietomallinnusta sekä sen hyötyjä talotekniikan suunnittelussa.

Käyttöohjeistuksen tekemistä varten oli perehdyttävä ohjelmiston käyttöön itsenäisesti sekä Granlund konsernin tarjoamien koulutustilaisuuksien kautta. Suunnitteluohjelmistojen vertailututkimuksessa perehdyttiin ohjelmistojen ominaisuuksiin ja toimintoihin ohjelmistovalmistajien verkkosivuja tutkimalla ja harjoitusprojektin avulla, joka mahdollisti toimintojen kokeilemisen sekä niiden käyttämisen. Vertailun pääkohdiksi valittiin 2- ja 3D-suunnitteluominaisuudet sekä projektinhallinta. Vertailun pääkohdat jaettiin alikohdiksi, jotka pisteytettiin vertailun yhteenvedossa.

Suunnitteluohjelmistojen vertailusta ilmeni, että Revit soveltuu parhaimmin projekteihin, joissa hyödynnetään kolmiulotteista tietomallia. Tämä johtui ohjelmiston vahvoista 3D-sekä projektinhallintaominaisuuksista. CADMATIC Electrical ja MagiCAD for AutoCAD olivat sen sijaan selvästi vahvempia 2D-suunnittelun osalta. Revit-ohjelmiston käyttöohjeistus on vain Granlund konsernin käytettävissä. Käyttöohjeet helpottavat uusien ja vanhojen työntekijöiden siirtymistä Revit ympäristöön. Käyttöohjeistuksen päivittäminen ja laadinta jatkuvat myös opinnäytetyön jälkeen.

ABSTRACT

Author	Rene Rannisto
Title	Operating Instructions for Revit Software for Electrical Design Environment
Year	2020
Language	Finnish
Pages	58
Name of Supervisor	Mikko Västi

The purpose of the thesis was to produce operating instructions for using the functions of Revit software on the Granlund Group's Wikimedia based Jupipedia site. The functions of the operating instructions concerned the electrical design aspects of technical building services. In addition, a comparative study of design software was performed in the thesis, in which CADMATIC Electrical, AutoCAD and Revit are used as comparable software. An additional application for AutoCAD and Revit was MagiCAD. The aim of the comparative study was to research the differences between Revit and traditional CAD software. The thesis also dealt with building information modeling in general, as well as its benefits in Building Technology Design.

In order to produce the operating instructions, it was necessary to become familiar with the use of the software independently, as well as through the training sessions offered by Granlund Group. The comparative study of design software examined the features and functions of software by researching the websites of the software manufacturers and by means of demo project which made it possible to try out the functions and use them. The main points of the comparison were 2D and 3D design features and project management. The main points of the comparison were divided into sub-points, which were scored in the comparison summary.

A comparison of the design software showed that Revit is best suited for projects that utilize a three-dimensional BIM. This was due to strong 3D and project management capabilities of the software. CADMATIC Electrical and MagiCAD for AutoCAD, on the other hand, were clearly stronger in 2D design. The operating instructions for using the Revit software are available for Granlund Group designers. The operating instructions make it easier for new and old employees to move into the Revit environment. The updating and preparation of the operating instructions will continue after the thesis.

Keywords Electrical design, Revit, operation instruction and BIM

KÄSITTEET JA LYHENTEET

CAD	Computer-aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
IFC	Industry Foundation Classes, kansainvälinen tiedonsiirtostandardi.
IFC-malli	Kolmiulotteinen malli, joka sisältää suunnitteluorganisaation kanssa yhteisesti sovitun geometrian ja tietosisällön.
2D	Kaksiulotteinen, kuvauksessa X, - ja Y-koordinaatisto.
3D	Kolmiulotteinen, kuvauksessa X, - Y, - ja Z-koordinaatisto
Plug-in	Tietokoneohjelma, joka toimii vuorovaikutuksessa isäntäsovelluksen kanssa tarjotakseen tietyn toiminnon tarvittaessa.
BIM	Building Information Modeling. Rakennuksen tietomalli.
TATE	Talotekniikka, nimitys kiinteistön ja siihen liittyvien tilojen teknisten palveluiden, järjestelmien ja laitteiden kokonaisuudelle.
ARK	Arkkitehdin piirustus
RAK	Rakennesuunnittelijan piirustus

Yhdistelmämalli	Muodostetaan yhdistämällä eri suunnittelualojen tietomallit. Tarkoituksena on varmistaa eri tekniikkalajien ja eri hankeosien suunnitelmien yhteensopivuus.
Natiivitiedosto	Sovellusohjelmiston sisäinen tiedostojen tallennusmuoto.
Olio	Tietotekniikassa jonkin asian yleinen käsite. Olio sisältää erilaisia ominaisuuksia (attribuutteja), jotka ohjelmoinnissa tallennetaan muuttujiin, sekä metodeita, joilla käsitellään olion sisältämiä tietoja, eli muuttujien arvoja.
Dokumenttipohjainen	Tiedonkäsittelyn soveltamistapa, jossa tietoa käsitellään ja siirretään dokumentteina, jonka sisältöä ihminen pystyy tulkitsemaan, mutta tietokonesovellus ei. Dokumenttipohjainen on määritelty erotuksena mallipohjaisesta tai tuotemallipohjaisesta.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITTEET JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	9
2	YRITYSESITTELY GRANLUND POHJANMAA OY	10
3	OHJELMISTOJEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU	11
3.1	Ohjelmistojen yleisesittely	12
3.1.1	CADMATIC Electrical	12
3.1.2	AutoCAD + MagiCAD	13
3.1.3	Revit.....	15
3.2	Taso- ja kaaviosuunnittelu	18
3.2.1	Valaistuslaskenta	19
3.2.2	Sähkötekkinen laskenta.....	19
3.2.3	Kaapelointi ja ryhmittely.....	20
3.2.4	Kaavioiden suunnittelu ja hallinta	21
3.3	3D-ominaisuudet	22
3.3.1	Leikkausnäkyssä työskentely.....	23
3.3.2	3D-näkyssä työskentely.....	24
3.4	Projektinhallinta	25
3.4.1	Ryhmätyöskentely	26
3.4.2	Pilviympäristö.....	27
3.4.3	Tietokannan hallinnointi	27
3.5	Vertailun yhteenveto	28
4	TIETOMALLINTAMINEN	31
4.1	Tietomallintamisen tavoitteet ja hyödyt.....	32
4.2	TATE-suunnittelu ja mallinnusprosessi	33
4.3	Mallinnettavat järjestelmät	36
4.4	Yhdistelmämallien tiedonsiirto	37
4.5	Tarkastelusovellukset	38
5	MAGICAD FOR REVIT-TOIMINNOT ESIMERKKITAPAUKSISSA.....	40

5.1	Tuotteiden hallinta	41
5.2	Laitteiden asennus	43
5.3	Kaapelointi ja ryhmittely	45
5.4	Johtotiet	46
5.5	Keskuksien pääkaavioiden luonti.....	48
5.6	Dialux-yhteydet.....	50
6	POHDINTA	52
	LÄHTEET	55

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. CADMATIC Electrical-käyttöliittymä.	13
Kuva 2. AutoCAD-käyttöliittymä.	15
Kuva 3. Dynamo-ikkuna.	17
Kuva 4. Revit-käyttöliittymä.	18
Kuva 5. Toimiston leikkausnäkyvä.	24
Kuva 6. 3D-Section Box näkyvä.	25
Kuva 7. Työryhmäominaisuuden topologia	26
Kuva 8. Virtuaalimalli.	31
Kuva 9. TATE-Suunnitteluprosessin kuvaus.	34
Kuva 10. Mallinnettavia järjestelmien osa-alueita.	37
Kuva 11. Tiedonsiirron prosessi tietomallin tarkasteluun.	39
Kuva 12. Prosessi ohjeistuksen soveltamisesta.	40
Kuva 13. Dataset management	41
Kuva 14. Dataset-ikkuna.	42
Kuva 15. Tuotteen lisäys MagiCloudin tuotekirjastosta.	43
Kuva 16. Product selection ja installation ikkuna.	44
Kuva 17. Symbol Organizer toiminnolla järjestetyt pistorasiat.	44
Kuva 18. Valaisimien ryhmittely.	45
Kuva 19. Kaapeloitu valaisinryhmä.	46
Kuva 20. Kaapelipaketti mallissa.	47
Kuva 21. Tikashyllyn piirto 3D-toiminnolla.	48
Kuva 22. Pääkaavion hallintaikkuna.	49
Kuva 23. Revitillä luotu keskuskaavio.	50
Kuva 24. DIALux-toiminto.	51
Taulukko 1. Ominaisuuksien vertailun tulokset.	28

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä luodaan Revit-ohjelmiston käyttöohjeistus koskien sähkösuunnittelun toimintoja ja tutkitaan lisäksi Revitin ominaisuuksia vertailemalla sitä kahteen Suomessa käytetyimpään suunnitteluohjelmistoon rakennussähkösuunnittelu ympäristössä. Opinnäytetyössä Granlund konsernille tehty käyttöohjeistus sisältää pääosin MagiCAD for Revitin toimintoja, joten työssä esitellään myös pintapuolisesti kyseisiä toimintoja esimerkkitapauksien kautta. Työssä tutustutaan vahvasti MagiCAD for Revit lisäsovellukseen, koska sähkösuunnittelussa käytettävät ominaisuudet toimivat pääosin tämän avulla. MagiCADin lisäosasta tutustutaan enimmäkseen osaan nimeltä Electrical, joka kattaa ominaisuudet sähkösuunnittelun osalta.

Vertailututkimuksessa pyritään myös tuomaan esille kehityskohteita ohjelmiston käytön parantamiseksi. Revit-ohjelmisto on otettu ensimmäistä kertaa käyttöön Granlund Pohjanmaan toimistolla vuonna 2018. Suunnittelukohteena oli tuolloin Vaasan keskussairaala. Ohjelmistojen välisessä vertailussa tutkitaan tapauskohtaisesti taso- ja kaaviosuunnitteluun, 3D-suunnitteluun sekä projektinhallintaan liittyvien ominaisuuksien eroja. Tällä saadaan kattava käsitys siitä, miten vertailtavat ohjelmistot eroavat toisistaan vertailtavien ominaisuuksien osalta. Tutkimuksessa on myös tärkeää saada esille Revitin vahvuuksia ja etenkin haasteita eri osa-alueilta verrattuna perinteisiin CAD-ohjelmistoihin.

Vertailututkimuksessa lähdetään selvittämään, mikä on Revitin potentiaali sähkösuunnittelussa ja missä ohjelman osa-alueissa voisi olla parantamisen varaa. Ohjelmistovertailun yhteenvedossa pyritään myös luomaan näkemystä suunnitteluohjelmistojen erojen mahdollista vaikutusta erilaisten projektien soveltuvuuteen. Perusolettamuksena yrityksessä käyttöön otettu uusi ohjelmisto yleisesti ottaen pitäisi nopeuttaa ja myös mukavoittaa työskentelyä. Ohjelmallinen äly voisikin esimerkiksi poistaa turhia itseään toistavia työvaiheita. Yhtenä tutkimuksen kysymyksistä onkin, nopeuttavatko tai mukavoittavatko Revitin ominaisuudet työskentelyä projekteissa verrattuna perinteisiin CAD-ohjelmistoihin.

2 YRITYSESITTELY GRANLUND POHJANMAA OY

Granlund Pohjanmaa Oy on osa Granlund-konsernia. Granlund Oy on perustettu vuonna 1960 ja sen emoyhtiö sijaitsee Helsingissä, Malmilla. Granlundilla on kansainvälistä liiketoimintaa mm. Aasiassa, Lähi-idässä, Pohjoismaissa, Baltiassa ja Iso-Britanniassa. Liikevaihto vuonna 2019 oli n.91,6 M€ ja vuoden lopussa asiantuntijoita työskenteli Granlundilla 981 henkeä. /1/

Granlund on rakennus- ja kiinteistöalan asiantuntijakonserni, joka panostaa vahvasti innovaatio- ja kehitystoimintaan. Granlundin asiantuntemusalueita ovat talotekniikkasuunnittelu, kiinteistö-, energia- ja ympäristökonsultointi, ohjelmistot sekä korjausrakentaminen. Granlundin tavoitteena on edistää ihmisten hyvinvointia kiinteistöissä ja rakennushankkeissa. /2/

Granlund Pohjanmaa on perustettu Vaasassa vuonna 1972 ja toiminta on sittemmin laajentunut. Granlund Pohjanmaan toimipisteisiin kuuluvat Vaasa, Kokkola ja Seinäjoki. Pohjanmaan henkilömäärä on 74 henkilöä, joista Vaasassa työskentelee 43, Kokkolassa 7, Seinäjoella 19 ja vuoden 2020 loppupuolella konserniin fuusioituvalla Sarteknolla on Alavudella sijaitsevalla toimipisteellään 8 henkilöä. Granlund Pohjanmaan liikevaihto vuonna 2019 oli n. 7,2 M€. /4, 5, 3/

Granlund Pohjanmaa on alueen suurin talotekniikan asiantuntijayritys. Palveluihin kuuluvat talotekniikan suunnittelu, valvonta, konsultointi ja rakennusautomaatiojärjestelmien etäseurantapalvelut. Asiakkaita ovat alueen kunnat ja kaupungit, Senaatti-kiinteistöt, rakennusliikkeet, teollisuuden yritykset ja sairaanhoitopiirit. /4/

3 OHJELMISTOJEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU

Vertailtavina ohjelmistoina toimivat CADMATIC Electrical 18, MagiCAD for AutoCAD 2019 ja MagiCAD for Revit 2020. Vertailun ohjelmistot Revitin rinnalle on valittu sillä perusteella, että ne kuuluvat Suomessa käytetyimpiin suunnitteluohjelmistoihin TATE-puolella sekä nämä kyseiset ohjelmistot ovat myös käytössä Granelund konsernissa. Vertailussa selvitetään, minkälaisia ominaisuuksien ja toimintojen eroavaisuuksia ohjelmistojen välillä on. CADMATIC sekä AutoCAD ovat ns. perinteisiä CAD-ohjelmistoja, joihin 3D-ominaisuudet ovat tulleet vasta ajan myötä ja ovat alun perin kehitetty dokumenttipohjaista suunnittelua varten. Perinteisestä dokumenttipohjaisesta suunnitelmasta tuotetaan vain kaksiulotteisia suunnitelma-kuvia sekä dokumentteja. Sen sijaan Revittiä markkinoidaan selvästi tietomallin-nushjelmistona eli BIM (Building Information Model) -ohjelmistona. BIM tarkoittaa rakennuksen tietomallia, jota voidaan hyödyntää suunnitteluprojektin aikana sekä sen jälkeen ylläpitovaiheessa. Projekti, jossa hyödynnetään tietomallia, luodaan rakennuksesta todellisuutta vastaava kolmiulotteinen virtuaalimalli.

Vertailu koostuu kolmesta osasta, joista ensimmäisessä käydään läpi taso- ja kaaviosuunnittelun ominaisuuksia. Toisessa osassa tarkastellaan ohjelmistojen ominaisuuksia 3D-ympäristössä ja kolmannessa tutustutaan projektinhallintaan. Loppupisteytykseen on otettu kuitenkin vielä mukaan Revitin Dynamo-työkalu, joka esitettiin ohjelmistoesittelyssä. 3D-ympäristössä työskentelyyn liittyvien ominaisuuksien tärkeys korostuu ohjelmien vertailussa, koska rakennuksien kolmiulotteinen tietomallipohjainen suunnittelu on yleistynyt rakennushankkeissa ja näyttäisi mahdollisesti muodostuvan uudeksi suunnittelunormiksi, ainakin laajemmissa projekteissa. Erityisesti leikkausnäkymissä ja 3D-tilassa työskentely helpottaa suunnittelua projektissa, jossa hyödynnetään kolmiulotteista tietomallia.

Pilvipalveluiden hyödyntäminen ja sen kautta hallinnointi erilaisissa projekteissa on yleistynyt. Pilvipalvelut, jotka toimivat ohjelmistojen lisäominaisuutena mahdollistavat suunnittelutyöskentelyssä helpommin hallinnoitavan tiedostojen ja tietojen jakamisen sekä näiden reaaliaikaisen päivittymisen. Luvun lopussa kootaan yhteenveto ohjelmistojen ominaisuuksista ja pisteytetään vertailtavat ominaisuudet.

Vertailussa käydään pääosin läpi ohjelmistojen TATE-sähkösuunnittelussa käytettäviä ominaisuuksia, mutta myös sellaisia yhteisiä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat jokaisen suunnittelualan työskentelyyn.

3.1 Ohjelmistojen yleisesittely

Esittelyssä tutustutaan ohjelmistojen historiaan sekä tuodaan esille näiden ominaispiirteitä, kuten käyttöliittymän kuvaus. MagiCAD-sovellus, jota käytetään AutoCADin ja Revitin apusovelluksena esitellään AutoCADin esittelyosuudessa. Osi-ossa käydään läpi myös ohjelmistojen natiivitiedostomuodot sekä IFC-versiot, koska suunnittelijan on hyvä tunnistaa ohjelmistojen yleisimmät tiedostotyypit, jotta välttyttäisiin mahdollisilta ongelmatilanteilta. Esimerkiksi väärin tiedostotyyppien vaihtaminen toimijoiden kesken voi aiheuttaa sekaannusta.

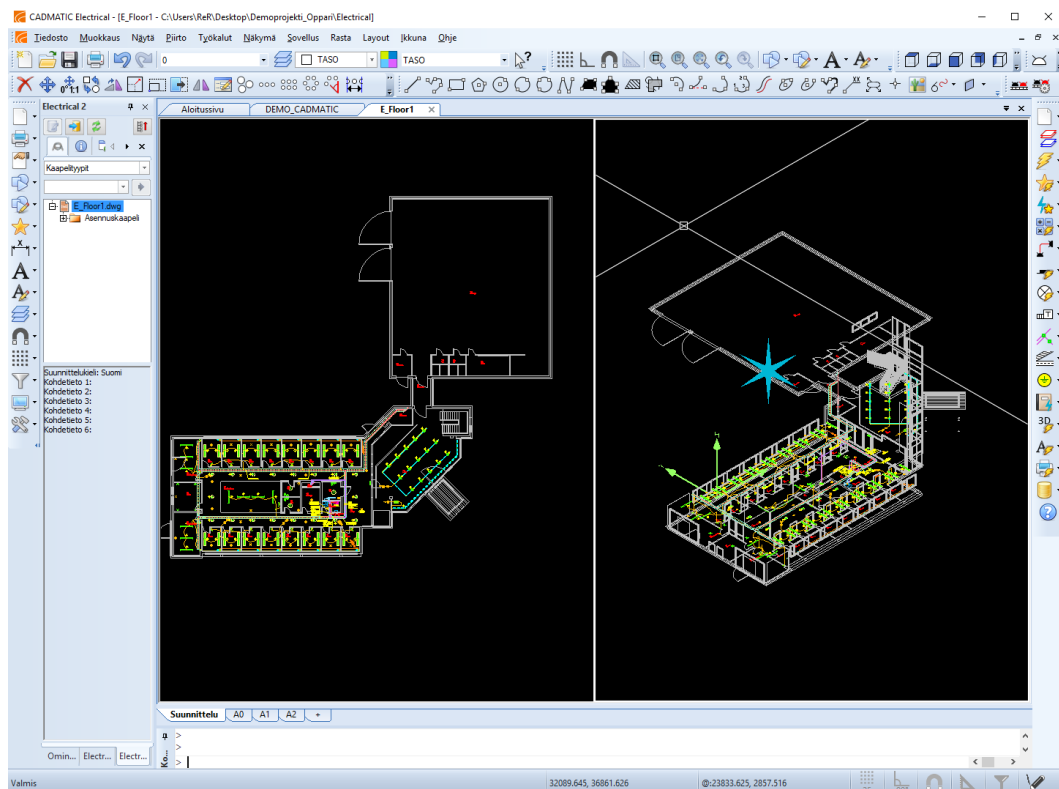
3.1.1 CADMATIC Electrical

Kymdata perusti ensimmäisen CADS-version vuonna 1979. Vuonna 2019 suomalainen CADMATIC osti Kymdata Oy:n ja CADS toimii nykyisin nimellä CADMATIC. Suomalaisen TNS Gallupin vuonna 2016 tekemän suunnittelutoimistotutkimuksen mukaan CADS Electrical oli Suomessa käytetyin ohjelmisto rakennussähkösuunnittelussa. Vertailussa käytetään versiota CADMATIC Electrical 18. Ohjelmisto on vertailun ainoa täysin kotimainen suunnitteluohjelmisto. Electricalin versioita on yhteensä 3, jotka ovat Pro, Standard ja LITE. Vertailussa käytettävä Pro on versioista kattavin. Standard versio on kevyempi Pro versiota. Esimerkiksi rakennussähköistyksen osa-alueelta Standard versio ei kata kaikkia tietomallinnukseen liittyviä ominaisuuksia eikä tiettyjä automaattisia toimintoja, mitä Pro-versio sisältää. LITE on versioista kevyin ja se soveltuu parhaiten ns. mies ja pakettiauto tyyppisen toimijan tarpeisiin.

CADMATICin natiivitiedostomuoto on DRW. CADMATIC myös lukee ja kirjoittaa DWG- ja DXF-tiedostoja. Ohjelmisto soveltuu tietomallinnustyöskentelyyn ja tukee BIM-tiedonsiirtoa IFC2x3 CV2.0 formaatissa. /6, 22, 33/

CADMATIC Electrical on ohjelmistona täysin itsenäinen. Tämä tarkoittaa, että mikään ohjelmiston osa-alue ei vaadi muita lisäsovelluksia toimiakseen. Ohjelmisto

sisältää esimerkiksi oman tasokuva- (Layout), piirikaavio- (Schematics) ja keskuskaaviosovelluksen (Distribution Board). Sovelluksen käyttöliittymän oikeanpuoleinen valintanauha kuvassa 1 muuttuu sovellusta vaihdettaessa. Kuvan 1 vasemmassa reunassa nähdään Electicalin puu-tyyppinen projektinhallintaikkuna, josta voidaan hallita ja muokata projektissa esiintyviä tuotteita, kuten sähkökeskusten tietoja ja ryhmittelyä. /7/



Kuva 1. CADMATIC Electrical-käyttöliittymä.

3.1.2 AutoCAD + MagiCAD

AutoCAD on Autodeskin kehittämä CAD-ohjelmisto, jonka ensimmäinen versio ilmestyi vuonna 1982. AutoCAD on maailmanlaajuisesti eniten käytetty suunnitteluohjelmisto. Ohjelmistosta on olemassa kaksi eri versiota, jotka ovat AutoCAD LT ja AutoCAD. Ohjelmistoista LT on kevytversio, joka on edullisempi sekä soveltuu ainoastaan 2D-suunnittelu ympäristöön. Perusversiossa eli AutoCADissa on enemmän ominaisuuksia ja se soveltuu myös 3D-suunnitteluun. Esimerkiksi MagiCAD for AutoCAD-sovellus vaatii pohjalleen perusversion toimiakseen.

AutoCADin perusversioon on saatavilla optiona lisäsovelluksia, jotka on tarkoitettu eri suunnittelualoja varten. /31/

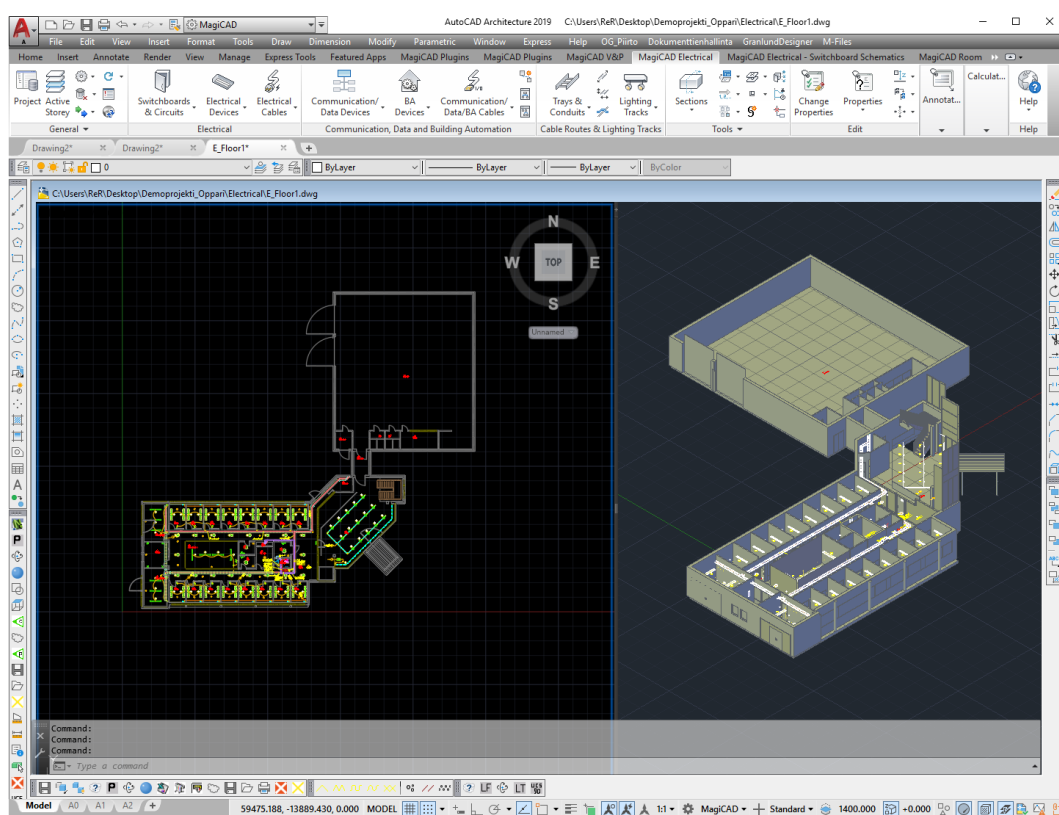
Sähkösuunnitteluun luotu lisäosa on nimeltään AutoCAD Electrical. Electrical ei ole kuitenkaan TATE-sähkösuunnittelun puolella Suomessa nauttinut suurempaa suosiota. Tämä mahdollisesti johtuu siitä, että se soveltuu paremmin piirisuunnittelun sektorille. AutoCADin perusversio ilman lisäoptioita on rakennussähkösuunnittelun puolella ollut toiseksi käytetyin suunnitteluohjelmisto vuonna 2016 tehdyn TNS-gallupin perusteella. AutoCADiin saatavissa lisäsovelluksissa perustoiminnot ovat keskenään samoja. Jos yrityksessä on käytössä AutoCAD Mechanical versio, voidaan tätä hyvinkin käyttää esimerkiksi piirikaavioiden luovutuspiirustuksien tekemiseen, koska tämä ei vaadi ohjelmistolta erityisempiä sovelluksia tai automaattisia toimintoja. /6, 33/

MagiCAD for AutoCAD on kuitenkin löytänyt suosionsa TATE-suunnitteluun soveltuvana sovelluksena. MagiCAD-sovellukset tarjoavat tarvittavat osat LVIS-suunnittelualojen käyttöön. MagiCAD on Progman Oy:n valmistama ohjelmisto. Progman Oy toimii nykyään nimellä MagiCAD Group Oy. MagiCAD Group Oy on suomalainen yritys, jonka pääkonttori toimii Raumalla. MagiCAD on yhdistynyt kiinalaisen rakennusohjelmistojen kehittämiseen erikoistuneen Golden-konsernin kanssa vuonna 2014. MagiCAD on markkinajohtaja pohjoismaissa sekä yksi Euroopan käytetyimmistä sovelluksista TATE-suunnittelussa. Granlund Oy on myös toiminut yhteistyössä MagiCADin kanssa jo pidempään. /9, 29/

DWG on AutoCADin natiivitiedostomuoto. DWG-tiedostomuodon on kehittänyt Autodesk vuonna 1982. Ensimmäinen versio AutoCADistä julkaistiin myös samaisena ajankohtana. DWG-tiedosto sisältää kaikki tiedot, mitä CAD-piirustukseen tehdään. Näihin tietoihin lukeutuvat esim. geometrinen data ja suunnitelmien tasokuvaan piirretyt symbolit. Pääsääntöisesti useimmilla suunnitteluohjelmistoilla voidaan lukea ja kirjoittaa DWG:tä. Monissa tapauksissa myös luovutuspiirustukset vaaditaan palautettavaksi DWG-tiedostona. AutoCAD lukee ja kirjoittaa lisäksi DXF-formaattia, joka on myös Autodeskin kehittämä. Tiedosto on samantyyppinen tiedostoformaatti kuin DWG, mutta yhteensopivuus on laajempi muiden CAD-

ohjelmistojen kanssa. Ohjelmisto tukee BIM-tiedonsiirtoa IFC 2x3 CV2.0 formaattia. /10, 21, 23/

MC Electrical ylävalintanauhasta löytyvät tarvittavat toiminnot tasokuvan suunnittelua varten. Molemmilla sivuilla olevista valintanauhoista löytyvät yleisimmät perustoiminnot kuten viivan piirto- ja siirtotoiminnot. Switchboard Schematics-kohdasta löytyvät kaaviosuunnittelun työkalut. Kuvan 2 käyttöliittymän oikeasta yläreunasta löytyy navigointikehä, jolla voidaan tarkastella kuvaa eri ilmansunnista katsottuna ja myös kolmiulotteisesti.



Kuva 2. AutoCAD-käyttöliittymä.

3.1.3 Revit

Vuonna 1997 Leonid Raiz ja Irwin Jungreis julkaisivat ensimmäisen ohjelmaversioiden Revitistä, jota tuolloin kutsuttiin vielä nimellä Charles River Software. Ohjelmiston nimi muuttui Revitiksi vuonna 2000. Autodesk osti vuonna 2002 ohjelmistoyrityksen ja aloitti voimakkaasti markkinoimaan ohjelmaa kilpailuvalttinaan

”oliopohjainen ohjelmisto”. Ohjelmisto on erityisesti kehitetty tietomallinnusta (BIM) varten. /12/

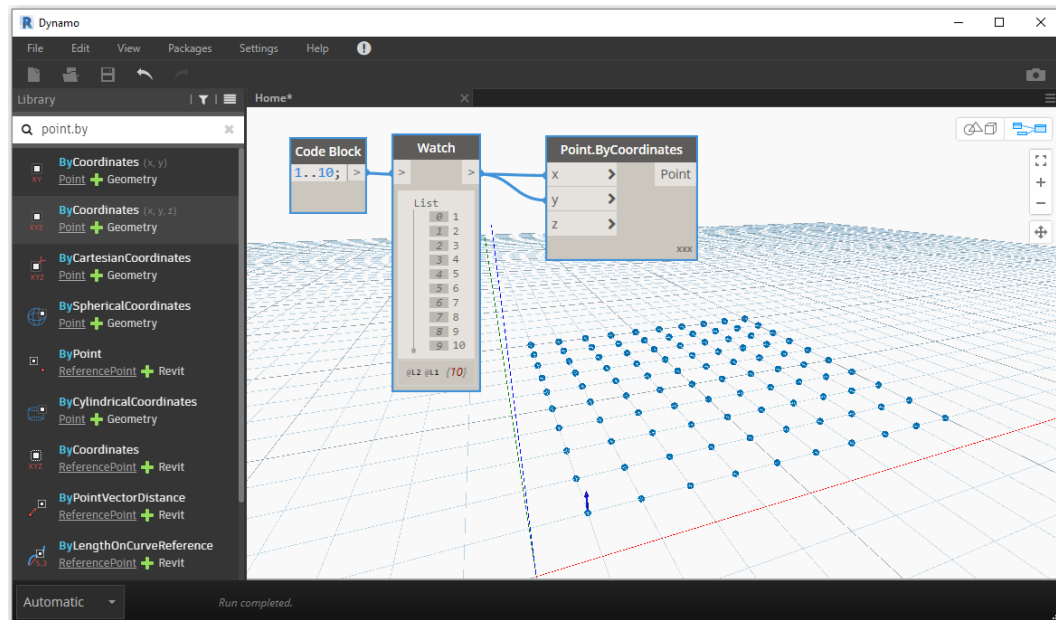
Revitissä on oma työkaluvalikko TATE-suunnittelualojen tarpeisiin, joka on nimeltään Systems. Systems-valikon työkaluihin verrattuna MagiCAD for Revit tarjoaa useita hyödyllisiä työkaluja, jotka helpottavat suunnittelua toimien kotimaisten sähköalan standardien ja suositusten mukaisesti. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa kaapelien ja kaapelihyllyjen mallinnukset, keskuskaavioiden laatiminen ja muokkaus sekä 2D-piirrosmerkkien koordinointi 3D-mallin kanssa. Pelkän Electrical systemsin työkalujen käyttö ei ole saanut suosiota Granlund Oy:ssä, koska MagiCAD for Revit tarjoaa tuttuja elementtejä Revitin puolelle sekä huomioi Suomalaisia suunnitteluvaatimuksia. /27/

RVT on Revitin natiivitiedostomuoto. Kyseinen tiedosto on Autodeskin Revit-projektitiedosto. Tiedosto sisältää kaikki suunnitteluun liittyvät arkkitehtuurilliset detailjit kuten, 3D-malli, korkotiedot, tasot ja projektin asetukset. Yhteen RVT-tiedostoon voidaan luoda suunnittelualakohtaisesti kaikki projektin piirustukset, mikäli projektin koko on pieni. Suuremmissa projekteissa eri suunnittelualat erotetaan omiksi RVT-tiedostoiksi ja linkitetään keskenään.

Esimerkiksi sähkösuunnittelussa samaan tiedostoon luodaan kaikki rakennuksen taso- ja kaaviot. Projektin hallinnointi helpottuu, kun koko projektin tieto on yhdessä tiedostossa. Tavanomaisessa rakennusprojektissa sähkösuunnitteluun liittyviä tiedostoja voi olla yhteensä jopa useita kymmeniä. Revitissä tiedonsiirto perustuu IFC-mallissa buildingSMART® IFC-tiedonsiirtostandardeihin ja ohjelmisto tukee IFC-standardeja IFC4, IFC2x3 ja IFC2x2. /11, 12, 24/

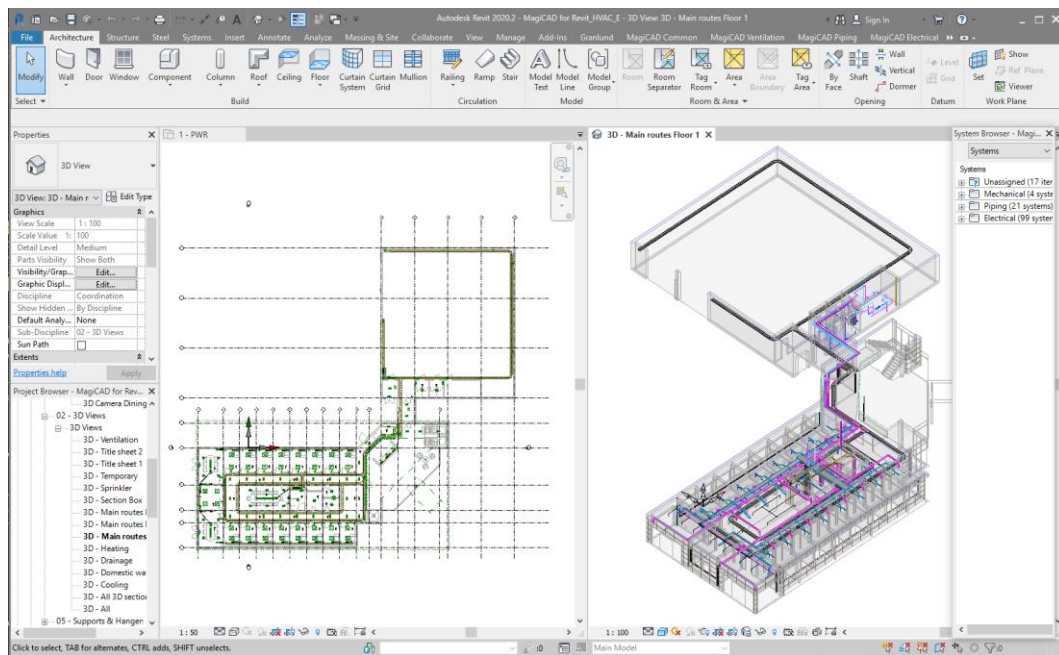
Vertailun ohjelmistosta ainoastaan Revitissä on avoimeen lähdekoodiin perustuva graafinen ohjelmointityökalu nimeltään Dynamo. Sillä voidaan luoda omia skriptejä Revit-ympäristössä. Skripteillä voidaan automatisoida työvaiheita, jotka ovat esimerkiksi useasti toistuvia ja sitä kautta työläitä. Lausekekielisen ohjelmoinnin sijaan Dynamolla ohjelmaa kirjoitetaan graafisilla elementeillä, joita kutsutaan ”nodeiksi”. Tämän tyyppinen ohjelmointi, soveltuu hyvin suunnittelijoille, joilla ei välttämättä ole ohjelmointitaitausta. Kuvassa 3 nähdään Dynamo-työkalun

työskentelyikkuna, jossa on yksinkertainen skripti, jolla on X-, Y-, Z-koordinaatioon määrätty 10 x 10 pistettä tasoon. /37, 38/



Kuva 3. Dynamo-ikkuna.

Revitin käyttöliittymässä ei ole komentoriviä, joka tavallisesti löytyy perinteisistä CAD-ohjelmistoista. Ylävalintanauhasta löytyvät kaikki tarvittavat työkalut ja toiminnot suunnittelutyöskentelyä varten. Kuvasta 4 nähdään vasemmalla puolella näkymässä sijaitsevat Properties eli ominaisuusikkuna ja Project Browser, josta nähdään projektipuumaisena projektin kaikki näkymät, kuten 3D-, taso- ja tulostusnäkymät. Kuvan 4 oikeassa reunassa nähdään System Browser-ikkuna, josta voidaan hallita projektin sähkölaitteiden ryhmittelyä.



Kuva 4. Revit-käyttöliittymä.

3.2 Taso- ja kaaviosuunnittelu

Mikäli rakennuksen suunnittelussa hyödynnetään kolmiulotteista tietomallia, sen tasopiirustukseen tehtävä suunnittelu tapahtuu ns. 3D-suunnitteluna. Tämä mahdollistaa, että 2D-suunnittelun apuna voidaan käyttää kolmiulotteisen tietomallin tarkastelumahdollisuuksia. Kolmiulotteisessa tietomallinnussuunnittelussa tasopiirustuksessa laitteen symboli sisältää 2D-symbolin lisäksi 3D-symbolin sekä laite mallintuu oikeassa mittasuhteessa 3D-näkymään. Suurin osa suunnittelusta tehdään 2D-suunnittelunäkymässä. Näin ollen suuri osa ajasta kuluukin useimmiten tasokuvaan tehtävästä kaksiulotteisesta suunnittelusta, joten vertailussa on tärkeää ottaa myös huomioon nämä 2D-suunnittelutilassa toimivien ominaisuuksien käytettävyys, helpous sekä nopeus.

Osiossa tutustutaan lisäksi järjestelmien suunnitteluun ja komponenttien mitoitukseen liittyviin ominaisuuksiin, kuten kaaviosuunnittelun ja sähköteknisen laskennan ominaisuuksiin. Kaaviotyypin, kuten keskusten pää- ja piirikaavioiden linkittävyys toisiinsa ja tasokuvaan, helpottavat työskentelyä siten, että esimerkiksi

tasokuvan ja keskuskaavion välillä ei tarvitse ”hyppiä” muuttelemaan ryhmänumeroita tai sulakkeen tyyppiä. Muutoksen tapahtuessa työssä voi olla hyvinkin työlästä korjata yksi tieto moneen eri paikkaan, jos yhteen paikkaan tallennettu tieto ei muutu kaikkialle.

3.2.1 Valaistuslaskenta

Suuri osa valaistuslaskennasta tehdään nykyisin DIALux-valaistuslaskentaohjelmistolla. DIALuxin tuotteet ovat tällä hetkellä 4 ja evo. Kyseinen ohjelmiston käyttö on ilmaista. Versioista DIALux evossa on enemmän ominaisuuksia ja vaatii paremman suorituskyvyn PC:ltä kuin DIALux 4. Tilat, joista valaistus halutaan laskea, tallennetaan STF-tiedostona, joka mahdollistaa viennin DIALuxiin. Tilat voidaan tuoda myös ohjelmistoihin arkkitehdin IFC-mallista ja viedä ne DIALuxiin. Myös DWG- tai DXF-pohjan voi viedä DIALuxiin. /13, 14/

On kuitenkin huomioitavaa, että tällä hetkellä vain DIALux 4 versiolla määritetty valaistussuunnitelma voidaan viedä suunnitteluohjelmistoon. Vertailun jokaisessa suunnitteluohjelmistossa on kaksisuuntainen yhteys DIALux-valaistuslaskentaohjelmistoon. Kaksisuuntaisuus mahdollistaa viennin ohjelmistosta DIALuxiin sekä toisin päin eli tuonnin. Vertailtavista ohjelmistoista DIALuxia varten laskettavien tilojen luonti on helpointa tehdä Revitillä. Tilojen luonti tapahtuu Space-toiminnolla, jolla voidaan määrittää käytännössä yhdellä painalluksella kaikki tason tilat. Valaistuslaskennan osa-alueella vertailtavat ohjelmistot ovat kuitenkin tasavertaisia. /13, 14/

3.2.2 Sähkötekniinen laskenta

Jokaisella vertailun ohjelmistoilla on mahdollista laskea kaapeliryhmien pituudet, oikosulkuvirrat, tehot ja jännitteen alenemat. Ohjelmistojen laskentatoiminnot myös indikoivat ryhmien tarkastelunäkymistään rajojen ylityksiä tai alituksia tapauksesta riippuen. Esimerkiksi jos jokin laskentaan liittyvistä rajoista, kuten oikosulkuvirta, on laskenut alle suojalaitteen toiminta-alueen tai jännitehäviö on ylittänyt vaaditun rajan. /13, 15/

MagiCAD for Revitissä sähkötekniiset laskennat mahdollistaa MagiCAD Electricalin sisältämä Schneider Electricin luoma Ecodial-laskentamoottori. Ecodial-laskentamoottori mahdollistaa mm. kaapeleiden mitoituksen, jännitehäviö- ja oikosulkulaskennat. Laskenta, joka tehdään Revitissä, voidaan myös viedä erilliseen Schneiderin Ecodial ohjelmistoon, jossa tarpeen vaatiessa voidaan tehdä tarkempia määrittelyjä. Laskentatyökalu ehdottaa saadun sähkötekniisen datan perusteella sopivaa Schneider Electricin tuoteperheeseen kuuluvaa suojalaitetta. Laskenta ottaa myös kantaa suojalaitteiden selektiivisyyden toteutumiseen. Revitissä on myös mahdollista määrittää tilaobjekteihin kyseisen tilan arvioitu tehonkulutus. Kyseistä ominaisuutta voidaan hyödyntää järjestelmien mitoituksia varten. /27/

3.2.3 Kaapelointi ja ryhmittely

Tasokuvassa kaapelointi ja ryhmittely ovat ajallisesti ottaen merkittävä työvaihe. CADMATICissä ja AutoCADissä nämä niin sanotut viivanpiirto-ominaisuudet edustavatkin sähkösuunnitteluohjelmistojen kärkiluokkaa. Revitissä kaapelointi on sen sijaan työläs vaihe edellisiin ohjelmistoihin verrattuna. Haasteita Revitin kaapeloinnissa ovat muun muassa:

- Kaapelimerkinnot tulevat oikein päin vain piirrettäessä oikealta vasemmalta. Kaapelimerkintöjä ei ole mahdollista kääntää.
- Jos kaapelia joudutaan muokkaamaan jälkikäteen, on tämä vaihe niin työläs, että on järkevämpää poistaa vanha kaapeli ja piirtää uusi.
- Kaapelin piirtoa ei onnistu jatkaa kaapelista, vaan tällöin aloitus täytyy tehdä uudesta pisteestä.
- Revit-tiedoston koko vaikuttaa ilmeisen paljon kaapelointitoiminnon nopeuteen. Esimerkiksi aloittaessa piirtämisen mielivaltaisesta pisteestä, painalluksen jälkeen ohjelma saattaa prosessoida toimintoa useita sekunteja.

Edellä luetellut haasteet tekevät kaapeloinnin piirtämisestä todella aikaa vievän työosuuden. TATE-sähkösuunnittelussa tätä voisi kutsua jo merkittäväksi ongelmaksi. Revitissä kaapelointia aloittaessa valitaan objektin liittymiskohta, johon kaapelilla liitytään. Tämä tapahtuu erillisestä valikosta, esimerkiksi valaisimen keskikohtaan tai reunaan. Sen jälkeen, kun objektiin on liitetty kaapeloinnin alkupiste, voidaan

jatkaa kaapelointia seuraavalle objektille. Jos kaapeloinnin aikana halutaan vaihtaa tarttumispistettä, täytyy tehdä jälleen uusi valinta, jolla määritetään seuraava tarttumispiste. CADMATICillä ja AutoCADillä symboleissa on valmiiksi tarttumispisteet, joihin voidaan tarttua samalla kun kaapeloidaan. Vaikka MagiCAD for Revitin kaapelointityökalu on kehittynyt 2020 versiossa, voiton viivanpiirrossa vievät tässä vertailussa perinteiset CAD-ohjelmistot.

3.2.4 Kaavioiden suunnittelu ja hallinta

Vertailun jokaisella ohjelmistolla voidaan luoda keskuskaavio tasopiirustukseen määriteltyjen ryhmien avulla. Ohjelmistoissa myös tiedonhallinta on näiden suhteen kaksisuuntaista. Vaatimuksena kuitenkin kaikissa ohjelmistossa on, että tasopiirustukseen luodut keskuksat ja ryhmämerkinnät ovat oikein määritettyjä. Jos keskus sisältää erilaisia ohjattuja lähtöjä tai on muuten monimutkaisempi, ei tällöin keskuskaavion automaattisella luontitoiminnolla päästä vielä kovin helposti haluttuun lopputulokseen. CADMATICin keskuskaavion automaattinen luonti ja kaksisuuntainen tiedonhallinta on verrattavista ohjelmistoista automatisoiduin. Jos CADMATICissä esimerkiksi keskuskaaviosovelluksen puolelta vaihtaa kaapelimerkinnän, se muuttuu tasokuvaan automaattisesti, eikä sitä tarvitse päivittää erikseen, kuten MagiCAD for AutoCADissä ja Revitissä.

Keskuskaavioita tehdään kuitenkin jonkin verran ja joissain tapauksissa jopa kokonaan yhä manuaalisesti. Tämä johtuu mahdollisesti siitä, että automaattiseen keskuskaavion luonti toimintoon vaadittavia askelia ja määrittämiä on useita ja näitä täytyy noudattaa orjallisesti, jotta toiminto onnistuisi. Myös kyseisten tietojen määrittämiset voivat jäädä epähuomiossa helposti tekemättä.

Vertailun ohjelmistoista ainoastaan CADMATIC ja MagiCAD for AutoCAD omaavat piirikaaviosovelluksen. CADMATICin Schematics ja MagiCAD for AutoCADin Circuit Designer ovat ohjelmistojen piirikaaviosovellukset. Sovelluksissa suunnittelua helpottavat symbolien reaaliaikaiset viittaukset sekä tunnuksien hallinnointi. Esimerkiksi viittaus toimii siten, mikäli kuvaan sijoittaa releen kelan K1 ja tämän jälkeen sijoitat kuvaan koskettimen nimellä K1, viittaa ohjelma tällöin

koskettimen viereen sijainnin, jossa kela sijaitsee kaaviossa. Tämä helpottaa kaavio-
vion tulkintaa.

MagiCAD for Revitissä ei ole varsinaista piirikaaviosovellusta, joten piirikaavioi-
den tekemiseen voi olla järkevämpää käyttää vaihtoehtoista ohjelmistoa. Kaavio-
suunnittelun puolella MagiCAD for Revitissä on kuitenkin käytössä Schematics ni-
minen sovellus. Kyseisellä sovelluksella voi tehdä suunnittelua käytännössä PI-
kaavioista nousujohtokaavioihin. Kyseisellä sovelluksella on teoriassa mahdollista
tehdä minkä tahansa kaaviotyypin suunnittelua, mutta se ei ole vielä kuitenkaan
järkevää vähäisten automaattisten toimintojen puuttuessa. Esimerkiksi piirikaaviot
täytyisi tehdä kokonaan manuaalisesti, ilman automaattisia toimintoja. Toistaiseksi
kaaviotyypit, joita voi harkita tehtäväksi Revitillä, ovat keskuksen pääkaavio ja
nousujohtokaavio.

3.3 3D-ominaisuudet

Jokaisella vertailun ohjelmistolla voidaan tehdä 3D-suunnittelua. Ohjelmistoihin on
saatavilla tuotekirjastoja, jotka sisältävät valmiita 3D-symboleita, kuten valaisimia,
painikkeita ja kaapelihyllyjä. Vertailun ohjelmistoilla voidaan myös luoda 3D-sym-
boleita. MagiCADilla on kuitenkin kattavin tuotetietomallikirjasto nimeltään Ma-
giCloud. Tuotemallitiedot sisältävät tietoja, kuten 2D-piirrosmerkit, 3D-mallin, ko-
kotiedot ja sähkötekniset tiedot. MagiCloudin tietokanta sisältää lähes 200 johtavan
laitevalmistajan tuotemallit ja yli 50 000 tuotetta on ladattavissa ilmaiseksi. Kattava
tuotetietokanta helpottaa tietomallisuunnittelua, etenkin valaisimien valinnan ja
suunnittelun kannalta, johtuen valaisimien mallien ja tyyppien tiheästä päivitysvä-
listä, verrattuna muihin mallinnettaviin sähkökalusteisiin. Uuden 3D-symbolin luo-
minen on työlästä. Sen sijaan valmis tuotemalli kirjastosta ladattuna helpottaa ja
nopeuttaa suunnittelua. /28/

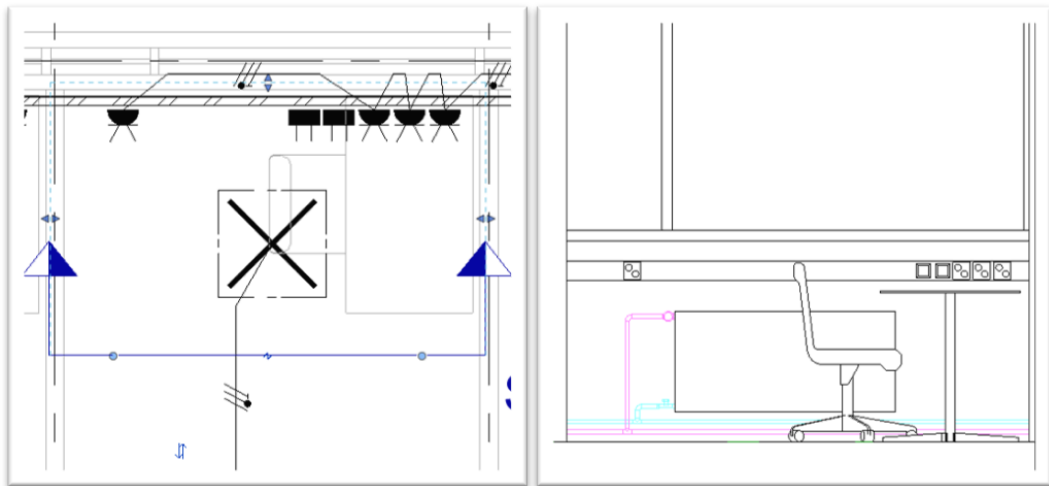
2D-leikkaus- ja 3D-näkymässä suunnittelu sekä tarkastelu ovat osa 3D-työskente-
lyä helpottavia toimintoja. 2D- ja 3D-näkymässä tarkastelu ovat ajallisesti merkit-
täviä työvaiheita projekteissa, joissa hyödynnetään kolmiulotteista tietomallia. Kol-
mannen dimension tuoma korkoasemointi tuo suunnittelutyöskentelyyn huomatta-
van määrän lisää työtä. Esimerkiksi kaksiulotteisessa suunnittelussa ei ole tarpeen

määritellä sähkökalusteen korkotietoja, jollei tarkoituksena ole tehdä tarkkoja kaapeliryhmien sähkötekniisiä laskentoja. Kalusteiden korkotietojen määrittämiseksi kaksiuolotteisessa suunnitelmassa on riittänyt viiteteksti, jonka asentaja lukee piirustuksesta. AutoCADin sekä CADMATICin 3D-työskentelyyn liittyvät ominaisuudet ovat pitkälle saman tasoisia. Kyseisten ohjelmistojen 2D-leikkauksien tekemisestä ei havaittu vertailussa saman kaltaista toimintoa kuin Revitissä, jolla voitiin tehdä kohtuullisella ajankäytöllä 2D-leikkausnäkyymiä, mitkä helpottivat työskentelyä korkoasemien suhteen.

3.3.1 Leikkausnäkyymässä työskentely

Vertailun ohjelmistoista Revitissä havaittiin helppokäyttöinen leikkaustyökalu nimeltä Section. Kyseisellä työkalulla voidaan ottaa leikkaus mistä tahansa tasopiirustuksen osasta. Leikkauksen tekeminen ei ole riippuvainen kerroksesta. Esimerkiksi, jos ottaa leikkauksen rakennuksen 1. kerroksesta, voidaan samaa leikkausnäkyymää rajata useampaan kerrokseen. Tämä toimii myös leveys suunnassa.

Kuvasta 5 nähdään toimistohuoneesta otettu leikkaus pistorasiakouruun päin. Leikkaustyökalulla voidaan helpottaa mallin tarkastelua esimerkiksi tilanteessa, jossa toimistohuoneita on useampi vierekkäin ja vaikkapa kattokorkeudet sekä huonekalustukset ovat eriäviä. Tässä kyseisessä tapauksessa toimistoihin sijoitetut sähköelementit, kuten valaisimet, pistorasiat ja kytkinkalusteet voivat sijaita mahdollisesti väärässä korossa ja erityisesti silloin, jos huoneita on kopioitu tai esimerkiksi arkkitehti on tehnyt muutoksia alakattojen korkeuksiin. Kyseisellä työkalulla voidaan rajata alue, johon saadaan näkyville nämä kaikki huoneet. Tällä tavoin pienellä työllä voidaan havaita monia mahdollisia virheitä sekä korjata ne samasta näkyymästä.

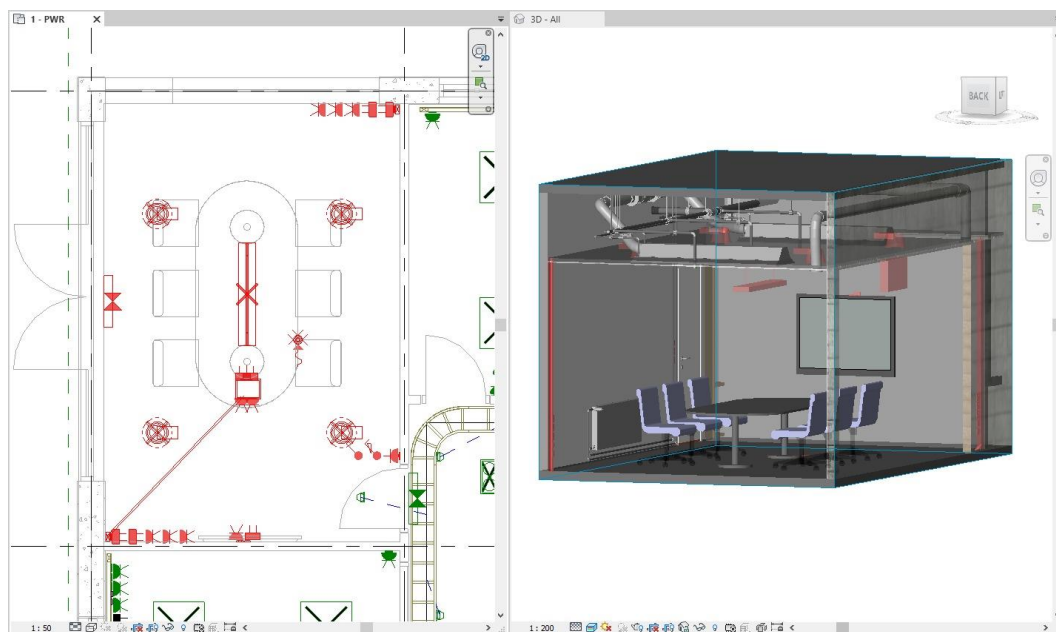


Kuva 5. Toimiston leikkausnäkö.

3.3.2 3D-näkymässä työskentely

3D-näkymätoiminnot ovat CADMATICissä ja AutoCADissä saman tyyppiset. CADMATICillä ja AutoCADillä helpoin tapa työskennellä 3D-näkymässä on kuitenkin pitää käytössä samaa perspektiiviä, sillä kuvan kääntelevä ja pyörittävä saattavat olla hitaita. Lisäksi edellä mainituissa ohjelmistoissa kolmiulotteisessa näkymässä liikkuminen saattaa joskus aiheuttaa vääristymää, niin kutsuttua ”fish-eye”-efektiä.

Kuvassa 6 nähdään, kuinka Revitissä olevalla 3D-Section Box-työkalulla voidaan ottaa kolmiulotteinen kuvaus halutusta kohdasta sekä rajata aluetta X-, Y- ja Z-koordinaatistoa mukailleen. Tämä helpottaa mallin tarkastelua sekä muokkausta. Mallin tarkasteleminen sekä muokkaus kyseisen työkalun avulla on myös kevyempää PC:lle, koska koko mallin liikuttelun sijaan voidaan tarkastella vain haluttua aluetta, esimerkiksi yhtä huonetta.



Kuva 6. 3D-Section Box näkymä.

3.4 Projektinhallinta

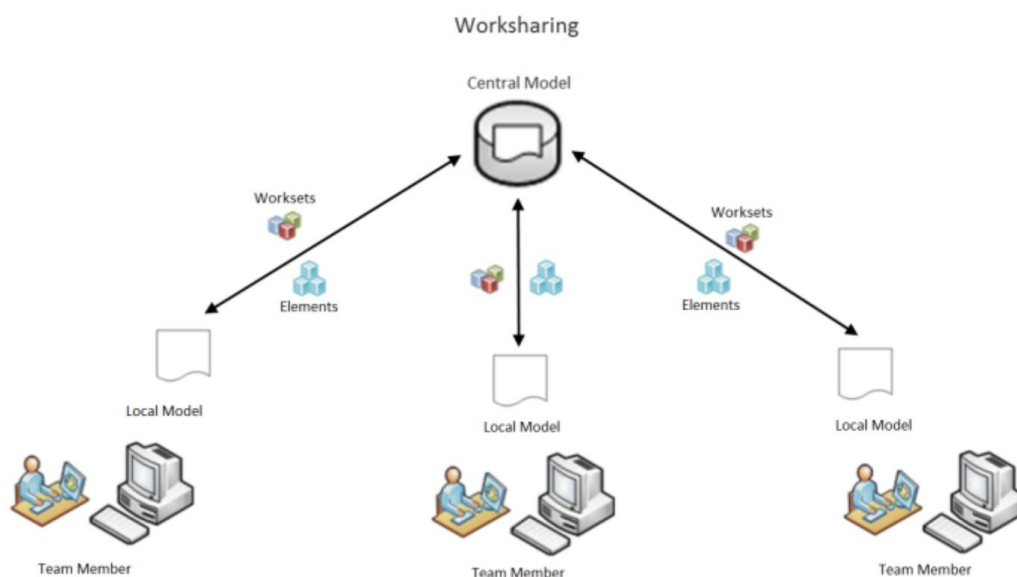
Pilviympäristön käyttö erilaisten projektien tiedostojen tallennustilana sekä hallinnoinnissa on kasvattanut suosiotaan. TATE-suunnitteluprojektien tiedostoja on tallennettu pilvipalveluihin projektissa toimivien toimijoiden kesken jo pidemmän aikaa. Pilvipalveluiden yksi suurimmista haasteista on kuitenkin tietoturvasuus. Monella pilvipalvelun tarjoajalla ei ole esimerkiksi Suomessa sijaitsevaa konesalia. Kun data sijaitsee toisessa maassa tai jopa toisella mantereella, voi tämä herättää kysymyksiä erilaisten projektien toimissa pilvipalveluiden suhteen. Suurimmassa osassa projekteista ollaan kuitenkin myötämielisiä pilvipalveluiden tietoturvasuuden suhteen. /35/

Reaaliajassa synkronoituva ryhmätyöskentely ja tiedostojen hallinta pilviympäristössä on kuitenkin varsin uutta rakennusten suunnitteluohjelmistoissa. Kyseiset ominaisuudet ovat tällä hetkellä verrattavista ohjelmistoista käytössä ainoastaan Revitissä.

3.4.1 Ryhmätyöskentely

Vertailussa olevista ohjelmistoista ainoastaan Revitissä on työryhmäominaisuus, jota kutsutaan nimellä Worksharing. Jos suunniteltavan rakennuksen koko on suuri ja tasolla täytyy työskennellä useampi piirtäjä yhtäaikaaisesti, on tämä mahdollista vain Revitillä. Kyseinen ominaisuus helpottaa eri suunnittelualojen toimijoita siten, että työn jakaminen sekä synkronointi toimivat samassa keskitetysti jaetussa tiedostossa. Näin ollen voidaan jakaa Revit-projektit ns. ”worksetteihin”. /16/

Kuvasta 7 nähdään työryhmäominaisuuden työskentelyn topologia. Kyseisessä ominaisuudessa piilee myös se vaara, että, jos tasolla työskentelijä siirtää esimerkiksi arkkitehtipohjaa epähuomiossa, niin se siirtyy kaikilla, joiden malli on linkitettyinä projektiin. Revitissä on kuitenkin mahdollista palauttaa vanhempi versio työstä, jos jotain odottamatonta tapahtuu. Virheen havaitsemiseen voi mennä kuitenkin paljon aikaa sekä useampi työskentelijä on voinut sinä aikana tehdä paljon uutta suunnittelua ja näin ollen työt menevät siltä osin hukkaan. /16/



Kuva 7. Työryhmäominaisuuden topologia.

Tavanomaisilla ohjelmistoilla suuria rakennuksia voidaan joutua pilkkomaan pienempiin osiin, jotta rakennuksen suunnittelu olisi tehokkaampaa. Esimerkkinä, jos henkilö A suunnittelee rakennuksen pohjoissiipeen toimistohuoneiden sähköistä

kalustusta, niin Revitissä henkilö B voi suunnitella samaan aikaan siiven kaapelireittejä. Perinteisillä CAD-ohjelmistoilla tämä ei ole mahdollista.

3.4.2 Pilviympäristö

Autodeskin BIM360 Design mahdollistaa tietojen hallinnan sekä yhteistyön reaaliaikaisesti. BIM360 Design mahdollistaa myös hallinnoinnin organisaatiosta tai yrityksestä riippumatta. Tämän kaltainen pilvihallinnointi on tällä hetkellä mahdollista vain Revitissä. Kyseisen pilvipalvelun avulla voidaan synkronoida eli käytännössä tallentaa reaaliaikaisesti eri suunnittelualojen tieto yhteen tai useampaan paikkaan. Tämä mahdollistaa, että suunnittelutiedot toimijoiden kesken pysyvät jatkuvasti ajan tasalla. BIM360 Design-ympäristössä, hankkeessa toimiva tietomallikoordinaattori voi hallinnoida toimijoiden käyttöoikeuksia. Käyttöoikeuksien oikeustasot voidaan hallinnoida käyttäjälle sopivaksi. Esimerkiksi tahot, jotka eivät suunnittele tai tee työskentelyä tietomalliin, eivät mahdollisesti tarvitse muokkausoikeuksia. Kyseiset tahot voivat kuitenkin tarkastella ajantasaista mallia ilman erillistä sovellusta selaimen kautta. /30/

Jos projektissa toimivilla osapuolilla on käytössä Revit ja sen lisäksi tiedostojen hallinnointiin käytössä BIM360 Design, ei tässä tapauksessa suunnittelijoiden ole tarpeen lähettää keskenään suunnittelutiedostoja. Käytännössä esimerkiksi sähkösuunnittelija ei tarvitse kysellä LVI-suunnittelijalta uusimpia kuvia törmäyksien varalta, jos ja kun suunnitelmiin on tullut muutoksia (oletetaan että sähkö ja LVI-suunnittelijat ovat eri yrityksestä eivätkä pysty työskentelemään samalle verkkolevylle). Tämä pätee yleisesti kaikkiin suunnittelualoihin.

3.4.3 Tietokannan hallinnointi

Revitissä kaikki data tallennetaan yhteen tai useampaan tietokantaan. Tietokannat voivat olla paikallisia tai niitä voidaan hallinnoida palvelimella linkin välityksellä. Revitissä käyttäjä pystyy hallinnoimaan tietokantaa ohjelmiston sisällä toisin kuin AutoCADissa. Jos AutoCADissa tehdään tietokantaan muutoksia, joutuu käyttäjä tekemään muutoksia jokaiseen piirustukseen erikseen. /36/

CADMATIC Electrical markkinoi itseään ainoana sähkö- ja automaatioalan suunnitteluohjelmistona, jossa eri alojen suunnittelutieto on keskitetysti hallittu. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi sama tieto voi olla piirikaaviossa, keskuskaaviossa ja tasokuvassa. Muokkaukset päivittyvät reaaliaikaisesti saman projektitiedostoon kuuluviin kuviin tai kaavioihin myös silloin, kun samassa projektissa työskentelee useampi. Samassa suunnittelutiedostossa työskenteleminen ei ole kuitenkaan mahdollista, kuten Revitissä. Massamuokkauksia CADMATICissä voi tehdä joko tietokannassa tai Excelissä. /40/

3.5 Vertailun yhteenveto

Taulukko 1. Ominaisuuksien vertailun tulokset.

Kriteerit (Arvostelu skaala 0-5p)	MagiCAD for Revit p	MagiCAD for AutoCAD p	CADMATIC Electrical p	
2D-suunnittelu (0-5p)	DIALux	4	DIALux	4
	Sähkötekniinen laskenta	5	Sähkötekniinen laskenta	5
	Kaapelointi + ryhmittely	2	Kaapelointi + ryhmittely	5
	Keskuskaaviot	2	Keskuskaaviot	4
	Piirikaaviot	0	Piirikaaviot	5
	Automaattiset toiminnot	4	Automaattiset toiminnot	4
	Tietomallituotekirjastot	5	Tietomallituotekirjastot	5
	2D-symbolien hallinta	2	2D-symbolien hallinta	5
	Pisteet yht.	24	Pisteet yht.	37
3D-suunnittelu (0-5p)	Tason leikkaukset	5	Tason leikkaukset	0
	3D-näkymässä työskentely	4	3D-näkymässä työskentely	2
	Pisteet yht.	9	Pisteet yht.	2
Projektinhallinta (0-5p)	Ryhmätyöskentely	4	Ryhmätyöskentely	0
	Tietokannan hallinnointi	4	Tietokannan hallinnointi	0
	Pilvihallinnointi	5	Pilvihallinnointi	0
	Pisteet yht.	13	Pisteet yht.	0
Muut (0-2p)	Graafinen ohjelmointi	2	Graafinen ohjelmointi	0
	Pisteet yht.	2	Pisteet yht.	0
Kokonais pisteytys	Pisteet yht. 48	Pisteet yht. 39	Pisteet yht. 44	

Vertailun ohjelmistot ovat loppupisteytyksen perusteella tasaiset. Revit dominoi selvästi 3D-suunnittelun ja projektinhallinnan puolella, kun taas CADMATIC Electrical ja MagiCAD for AutoCAD kompensoivat pisteitään 2D-suunnittelussa. Dokumenttipohjaisen projektin suunnittelussa AutoCAD ja CADMATIC ovat huomattavasti parempia ohjelmistoja. Vertailusta käy ilmi, että CADMATIC Electrical ja MagiCAD for AutoCAD ovat pääpiirteittäin hyvin samanlaisia ohjelmistoja.

Kummastakin ohjelmistosta löytyy monia samanlaisia toimintoja. Revit eroaa perinteisistä suunnitteluohjelmista lähes joka osa-alueella, niin toiminnoista, työkaluista ja niiden käytettävyydestä. On myös huomattava, että MagiCAD for Revit on joiltain tietyiltä toiminnoiltaan lähes identtinen verraten MagiCAD for AutoCADiin, johtuen saman valmistajan luomasta lisäsovelluksesta.

Revitin heikkoudet ovat verrattaviin ohjelmistoihin nähden taso- ja kaaviosuunnittelun osa-alueilla. 2D-suunnittelun puolella mahdollisesti eniten sopeutumista piirtäjälle vaatii kaapelointi ja ryhmittely varsinkin, jos aikaisemmin on käyttänyt esimerkiksi AutoCADiä tai CADMATICiä. Revit on vertailun ainoa ohjelmisto, josta puuttuu kaaviosuunnittelun osa-alueelta ns. suunnitteluautomaatio pois lukien keskuskaaviot. Suunnitteluautomaatio helpottaa esimerkiksi kaaviosuunnittelun osa-alueella piirikaavioiden suunnittelua. Tämä on ongelmallista, sillä suunnittelutoimistot tavallisesti pyrkivät yhden suunnitteluohjelmiston käyttöön, mikä luonnollisesti laskee käyttölisenssi kuluja ja säästää suunnittelijan aikaa mahdollistamalla hyvän perehtymisen yhteen ohjelmistoon. 3D-mallinnussuunnittelussa Revitin Leikkaus- ja 3D-Section Box työkalut osoittautuivat käytännöllisiksi ja helppokäyttöisiksi työkaluiksi. Yhtenä merkittävänä erona Revitissä muihin vertailun ohjelmistoihin nähden on RVT-tiedostomuoto, joka voi sisältää suunnittelualakohtaisesti koko projektin kaikki tiedot ja kuvatyypit keskuskaavioista tasokuvaan. Tämä kyseinen ominaisuus selkeyttää projektinhallintaa tiedostojen osalta.

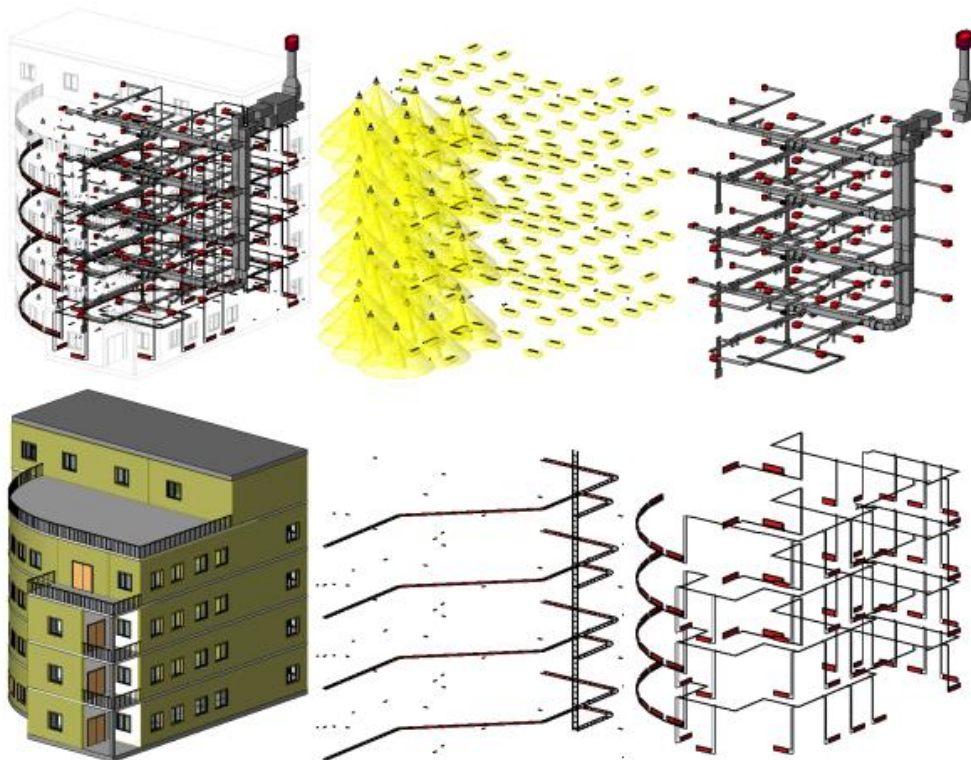
CADMATICissä etuna suomalaisille käyttäjille on suomenkielinen käyttöliittymä. Tämä mahdollisesti helpottaa ohjelmiston käyttöä ja siihen tutustumista varsinkin, jos ei omaa aikaisempaa kokemusta suunnitteluohjelmistoista. Jos haluaa tuoda jonkin suunnittelualan viitekuvan piirustukseen esimerkiksi arkkitehtipohjan, CADMATICissä tämä toiminto lukee nimellä ”viitekuva” ja AutoCAD-maailmassa ”xref”. CADMATICin käyttö saattaa mahdollisesti olla intuitiivisempaa ainakin suomalaiselle suunnittelijalle.

Vertailun perusteella voidaan tulla siihen tulokseen, että Revit soveltuu optimaalisimmin kohteisiin, jotka ovat suuria sekä kyseisen projektin tietomallinnusohjeistus vaatii laajasti mallinnettavia sähköjärjestelmiä. Sen sijaan CADMATIC Electrical

ja MagiCAD for AutoCAD ovat todennäköisesti tällä hetkellä tehokkaampia saneerauskohteissa, pienissä ja keskisuurissa uudiskohteissa. Revitin käyttö ei ole vielä järkevää ainakaan kohteissa, joissa ei vaadita kolmiulotteista tietomallidokumenttiota sekä ei nähdä tarpeelliseksi yhtäaikaaisesti työskentelyä samalle tasolle.

4 TIETOMALLINTAMINEN

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen tai infrakohteen rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Tietomalli tunnetaan myös käsitteenä BIM (Building Information Model). BIM-teknologian avulla rakennuksista voidaan luoda todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Kuvassa 8 nähdään havainnollistava virtuaalimalli rakennuksen osasta ja sen järjestelmästä. Tietomalli on kolmiulotteinen ja sen tarkoituksena on koota kaikki suunnittelussa tarvittava tieto yhteen. Tämä helpottaa tiedon hyödyntämistä, sillä yksittäiset tiedot tallennetaan yhteen paikkaan ja samalla mahdollistetaan, että tietoa voidaan hyödyntää suunnittelusta toteutukseen sekä lopulta ylläpitotoimenpiteisiin saakka. Tietomallin ansiosta hanketta on helpompi analysoida ja tarkastella jo alkuvaiheesta lähtien. /18, 17/



Kuva 8. Virtuaalimalli.

Suomessa tietomallintamisen perustana käytetään yleistä tietomallinnusstandardia nimeltään YTV2012. Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimus vuodelta 2007 päivitettiin vuosina 2011-2012 COBIM- hankkeena. Kun kyseinen tietomallivaatimus saatiin päivitettyä, valmistui varsinainen YTV2012-standardi sekä sen osat 1-9 ja uudet osat 10-14. YTV2012 eli ”Yleiset Tietomallivaatimukset 2012” sisältää vaatimukset sekä ohjeistukset siitä, miten ja kuinka täsmällisesti rakennushankkeen kaikissa vaiheissa mallinnetaan. /19, 20/

4.1 Tietomallintamisen tavoitteet ja hyödyt

Tietomallintamisen päätavoitteena on minimoida kustannukset, säästää aikaa ja hyödyntää suunnittelussa syntynyttä tietomallia tulevaisuuden käyttöä ja huoltotoimenpiteitä varten. Suunnitelmat, jotka ovat etukäteen yhteensovitettu tietomallien avulla vähentävät esimerkiksi yhteentörmäyksistä aiheutuvia ongelmatilanteita työmaalla. Kolmiulotteinen suunnittelu tekee mitoituksista tarkkaa varsinkin korkeus-asemien suhteen. Tämän avulla voidaan helpottaa suunnittelua ja huomata ajoissa muun muassa mahdolliset ristiriitaisuudet suunnitelmassa. /20/

Kolmiulotteisen tietomallin avulla tilaajalle voidaan kustannustehokkaasti tuoda mahdollisimman aikaisin erilaisia toteutusvaihtoehtoja. Nykyään VR-lasit ovat yleistyneet viihdekäytön puolelta myös suunnittelualalle ja niiden avulla tilaaja sekä käyttäjät saadaan nopeammin ja paremmin mukaan suunnitteluun. Kaksiulotteisella kuvauksella ei saada konkretisoitua toteutusvaihtoehtoja tilaajalle ja käyttäjille yhtä tehokkaasti. Esimerkiksi monelle ns. 3D-seikkailu tulevassa kohteessa avaa suunnittelun ja eri vaihtoehdot paremmin esiin verrattuna esimerkiksi tasokuviin ja pääkaavioihin. Käyttäjät harvemmin haluavat kuulla tietoa teknisestä toiminnasta vaan haluavat nähdä tekniikasta vain toimivan ja näkyvän puolen sekä vaikuttaa siihen.

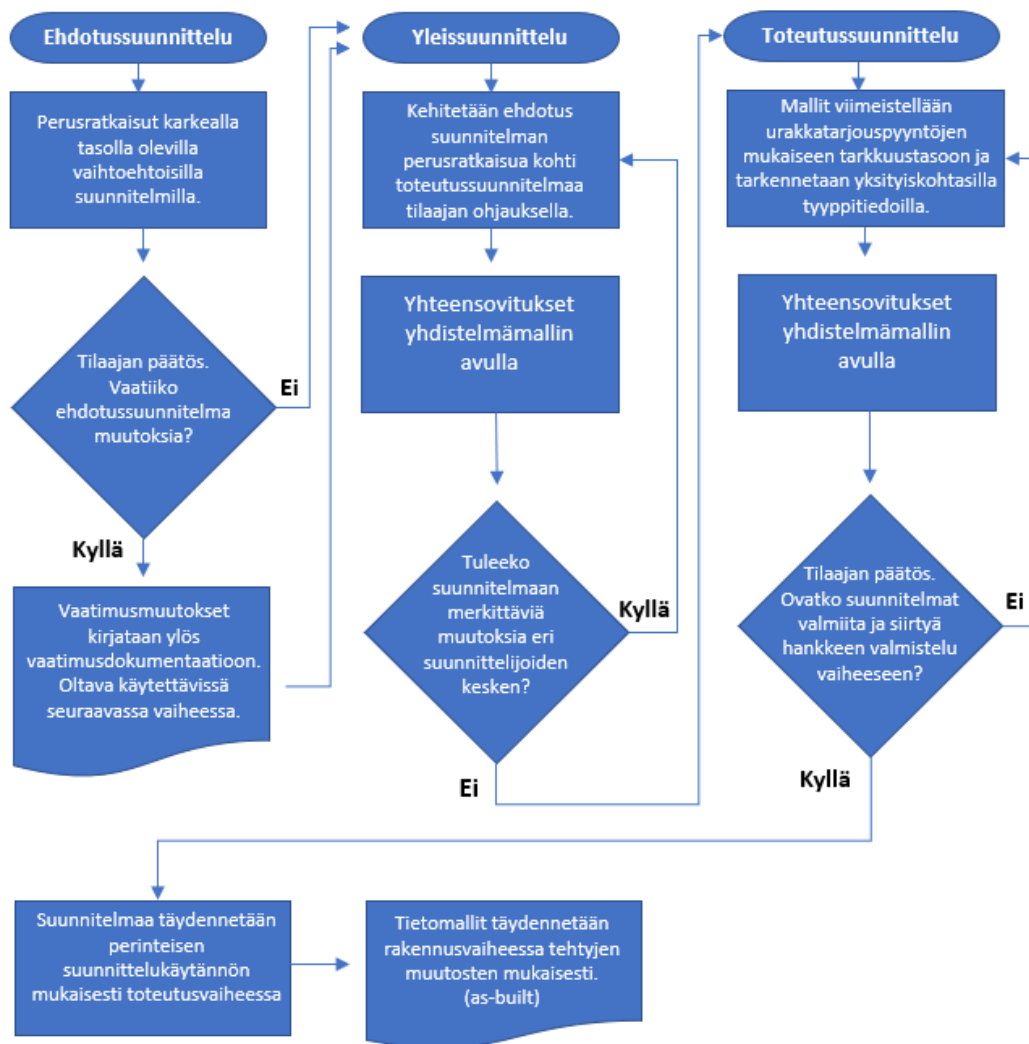
Tietomalli nopeuttaa eri ratkaisujen vertailua sekä tuo lisää konkretiaa suunnitelmiin ja helpottaa työskentelyä jokaisessa suunnitteluvaiheessa. Yksi olennaisimmista integroitujen tietomallien hyödyistä on elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutuksien vertailu simulointeja hyödyntämällä. Tietomallinnuksen etuja perinteiseen dokumentointitapaan verrattuna ovat myös havainnollinen, nopea ja

interaktiivinen visualisointi sekä analyysit. Nämä edut edistävät päätöksentekoa ja kommunikointia. Tietomallin mahdollistamaa havainnollistamista voidaan käyttää toteutussuunnitteluvaiheessa edellisiä vaiheita paremmin, johtuen siitä, että kyseisessä vaiheessa mallin tiedot ovat varsin tarkkoja jo ns. korkeatasoiseenkin havainnollistamiseen. Suunnitteluvaiheet esitetään jäljempänä kappaleessa 4.2. /19/

Perinteiseen dokumenttipohjaiseen suunnitteluun verraten tietomallisuunnittelussa kootaan kaikki suunnittelussa tarvittavat tiedot, kuten raportit ja piirustukset yhteen. Tietomallista on esimerkiksi helpompi ottaa työvaihekohtaisia kuvia perinteiseen piirustukseen verrattuna, johtuen kuvan helpommasta tietosisällön riisumisesta, mikä puolestaan helpottaa kuvan tulkintaa. /18/

4.2 TATE-suunnittelu ja mallinnusprosessi

Suunnitteluprosessi koostuu vaiheista, jotka ovat ehdotus- ja yleissuunnittelu sekä toteutussuunnittelu. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa TATE-osa-alueet tukevat lähinnä rakenne- ja arkkitehtisuunnittelijoita riittäväillä tiedoilla, kuten TATE-järjestelmien tilanvarauksilla. Kuvassa 9 nähdään TATE-tietomallinnussuunnitelma prosessikaaviona, josta on tarkoitus havainnollistaa suunnitteluprosessin vaiheita, jotka mainittiin jo edellä. Prosessikaaviossa esiintyvällä yhdistelmämallilla tarkoitetaan, että eri suunnittelualojen mallit yhdistetään tarkasteluihin ja katseluihin soveltuvilla ohjelmistoilla, joista kerrotaan tarkemmin kappaleessa 4.5. Yhdistelmämallin avulla voidaan tarkastella ja havainnoida eri suunnittelualojen yhteensopivuuksia. Tietomallikoordinaattori vastaa projektin yhdistelmämallin laatimisesta ja siihen liittyvästä tietomallisuunnitelmasta, jossa on määritelty esimerkiksi mallin päivitysajankohdista. Joissain tapauksissa myös mallin tarkastus kuuluu tietomallikoordinaattorin toimenkuvaan. /19/



Kuva 9. TATE-Suunnitteluprosessin kuvaus.

Tietomallinnuksen perinteinen vaiheistus koostuu erilaisista malleista. Seuraavat mallit kappaleissa esitetään kronologisessa järjestyksessä mallinnusprosessin suhteen. Rakennushankkeen käynnistys alkaa tarveselvitysvaiheesta, jossa selvitetään tilaaajan tarpeet. Kyseisessä vaiheessa tietomallilla ei ole yleensä geometrisiä muotoja.

Jotta saataisiin konkreettisia eroja dokumentti- ja tietomallipohjaisille TATE-vaatimuksille, käydään ensin läpi tarveselvitysvaiheeseen kuuluvan mallin nimeltään vaatimusmallin tasot 1 ja 2. Vaatimusmallien tasoja on yhteensä 2. Taso 1 eli dokumenttipohjainen TATE-vaatimus malli on tietomallivaatimusten mukainen minimi vaatimus.

Taso 2 eli tietomallipohjainen TATE-vaatimusmalli on edistyneempi tietomallivaatimusten mukainen vaatimus. Yleisimmin käytettyjä tietomallivaatimuksia tilatyypeille sähkösuunnittelun osalta ovat:

- Valaistustaso työalueella/lähiympäristössä
- Valaistustapa (suora, epäsuora)
- Valaistuksen ohjaustavat
- Sähkötekniset suojausluokat
- Varmennustasovaatimukset (UPS-jakelu, varavoimajakelu, jne.)
- Varustustasovaatimukset (sähkö-, tele-, turva-, AV-, jne. varusteet.)

Tason 1 mukaisesti edellä olevat vaatimukset kirjataan esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmistoon tai jollain muulla sopivalla tavalla, kuitenkin siten, että kyseistä tietoa voidaan käyttää tulevaisuudessa vaatimus tason 2 lähdetietona. Tason 2 vaatimusten kyseiset vaatimukset liitetään osaksi huoneobjektia. Nämä voidaan liittää tarkoitukseen sovitulla ominaisuusjoukkoina tai muulla tavoin tilaan linkitettyllä tiedolla. Tason 2 vaatimusmalli julkaistaan erillisenä IFC-mallina, joka sisältää tilaobjektit sekä niihin linkitettyjä palvelualueita. /32/

Rakennuspaikan malli ja inventointimalli kuuluvat ehdotussuunnitteluvaiheeseen. Rakennuspaikan malli on uudiskohteissa toimiva malli, johon mallinnetaan ympärillä olevia rakennuksia sekä tonttia, johon suunniteltava rakennus rakennetaan. Inventointimalli on korjausrakentamiskohteissa toimiva malli. Inventointimalliin mallinnetaan olemassa olevan rakennuksen rakennusosia erilaisilla mittausteknisillä tavoilla, esimerkiksi laserkeilauksen avulla. Laserkeilauksen tulos voidaan tuoda ns. pistepilvenä suunnitteluohjelmistoon. /19, 39/

Tilamallin käyttötarkoitus on sisältää merkittäviä tilanvarauksia, kuten tekniset reitit ja tilat. Tilamallia hyödyntämällä voidaan myös tarkastella rakennuksen elinkaarikustannuksia ja ympäristövaikutuksia. /19/

Ehdotussuunnitelman edetessä luonnossuunnitelmaksi tehdään rakennuksesta alustava rakennusosamalli (ARK, RAK) ja TATE-puolella saman vaiheen malli on nimeltään alustava järjestelmämalli. Alustavaan rakennusosamalliin määritetään tilat ja alustavat rakennusosat, kuten seinät, katot, julkisivut ja alustavaan järjestelmäosamalliin TATE-järjestelmien runkohanavat, keskuslaitteen yms. /19/

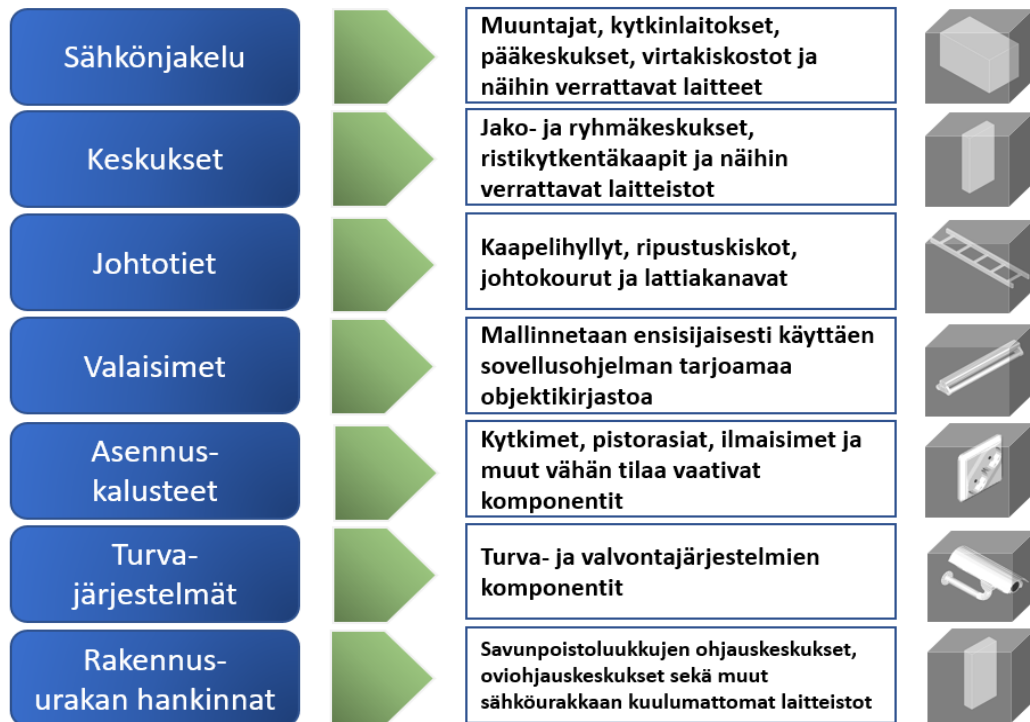
Rakennusosamalli (ARK, RAK) tai järjestelmämalli (TATE) on toteutussuunniteluvaiheen malli. Rakennusosamallissa rakennusosat ovat sellaisessa muodossa, kuin ne on tarkoitettu toteutettavaksi. Järjestelmäosamallissa mallinnetaan TATE:n päätelaitteita kuten valaisimia ja sähkökalusteita. Tuoteosamalliksi kutsutaan rakennusosa tai järjestelmämallia, johon on määritetty rakennusosien tai järjestelmien tuotetiedot.

Prosessin lopputuloksena saadaan toteumamalli eli niin kutsuttu as built-malli. Toteumamalli on rakennuksen lopputulosta vastaava malli, joka on ajantasainen. Ura-koitsijalta tulevat muutokset korjataan toteumamalliin ja luovutetaan kiinteistölle sopimuksen vaatimalla laajuudella. Toteumamallit käsittävät vähintään suunniteluohjelmistojen-, avoimen tiedonsiirron- ja erikseen sovittujen tukiohjelmistojen mallit. Toteumamallia voidaan myös hyödyntää tulevaisuuden toimenpiteitä varten. Näihin lukeutuvat muun muassa ylläpito, huolto sekä muutostyöt. Alalla on vielä toistaiseksi vähän kokemusta tietomallin hyödyntämisestä rakennuksen ylläpitovaiheessa. Alalta puuttuu vielä yhteinen näkemys siitä, mikä on oikea tapa hyödyntää tietomalleja ylläpitovaiheessa. /34/

4.3 Mallinnettavat järjestelmät

Sähkö- ja telesuunnittelun järjestelmien osalta yleiset tietomallivaatimukset sisältävät kohdan, jossa määritellään yleiset mallinnusperiaatteet toteutussuunnitteluvaiheeseen. Kuvasta 10 nähdään mitä järjestelmän osista mallinnetaan. Jokaiseen eri kategoriaan (kuten esim. sähkönjakelu) sisältyy erillinen vaatimus siitä, mitä mallinnetaan ja miten.

Joissakin kategorioissa on vaatimuksen lisäksi myös ohje. Esimerkiksi asennuskalusteita ei vaadita mallinnettavaksi muuta kuin erikseen sovittaessa. Myöskään asennuskaapeleita tai niiden putkituksia ei vaadita mallinnettavaksi. /32/



Kuva 10. Mallinnettavia järjestelmien osa-alueita.

4.4 Yhdistelmämallien tiedonsiirto

Yhdistelmämallia luodaan projektissa sovitun avoimen tiedonsiirtoformaatin avulla. Käytössä olevia standardeja ovat IFC ja COBie. Tällä hetkellä IFC-formaatti on näistä yleisin. COBie-formaatti on käytössä lähinnä USA:ssa. IFC eli Industry Foundation Classes on standardi, jolla tarkoitetaan tietomalliohjelmistojen yhteistä mallien kuvaustapaa, mutta sillä tarkoitetaan myös avointa tiedonsiirtomuotoa, käytännössä IFC-tiedostoa. Tällä tiedonsiirtomuodolla voidaan siirtää malleja ohjelmistosta toiseen ohjelmaan. IFC 2x3 on vielä tällä hetkellä ohjelmistoissa yleisin käytetty versio. Revit on vertailtavista ohjelmistoista ainoa, joka tukee myös uusia IFC 4-versiota. /34, 25/

Voidaankin ajatella, että IFC on kuin BIM-tyyppinen PDF-tiedosto. PDF- ja IFC-tiedostot ovat jäädytettyjä kopioita alkuperäisestä sisällöstä eli kopio on tarkasteltavissa ja katseltavissa, muttei muokattavissa. PDF-muokkaustyökalulla voidaan kyllä muokata ja lisätä elementtejä, mutta itse alkuperäinen tiedosto ei ole muokattavissa. Vielä tällä hetkellä kaikki suunnittelualojen malleissa oleva tieto ei siirry IFC-malliin IFC-export-formaatissa. Näin ollen ne eivät korvaa täysin alkuperäismalleja. Muun muassa parametrisyys katoaa usein mallista IFC-tiedonsiirrosta aiheutuen. Parametrisyyttä tarvitaan rakennusosien muokkaamisessa ja esimerkiksi esitystapojen hallinnassa. /25, 26, 34/

Suomalaisten kehittämä BCF eli Building Collaboration Format on BuildingSMART jäsenten Teklan ja Solibrin yhteistyönä kehittämä tiedonsiirtomuoto. Menetelmässä siirretään ainoastaan pienikokoinen XML-pohjainen tiedosto. BFC ei ole varsinaisesti yhdistelmämallin tiedonsiirtomuoto vaan, mahdollistaa sen, ettei havaintojen tai malliin liittyvien kysymysten esittäminen edellytä koko IFC -mallin lähettämistä. BFC-formaatin ensimmäinen käyttöalue on kuitenkin ollut suunnittelijoiden tai muiden projektin osapuolten välisten viestien ja kommenttien välittäminen, jotka sisältävät viittauksen määrättyyn kohtaan. BIMcollab tarjoaa pilvipalvelupohjaista asiantuntijatarkaisua projektiyhteistyön BCF-muotoisena. Tällä tekellä BIMcollab tarjoaa palvelun integroituna plug-inina vertailun ohjelmistoista Revitiin ja AutoCADiin. BCF-valmius on sisäänrakennettuna CADMATICissä, mutta pilviratkaisua ei tällä hetkellä ole. /34, 41/

4.5 Tarkastelusovellukset

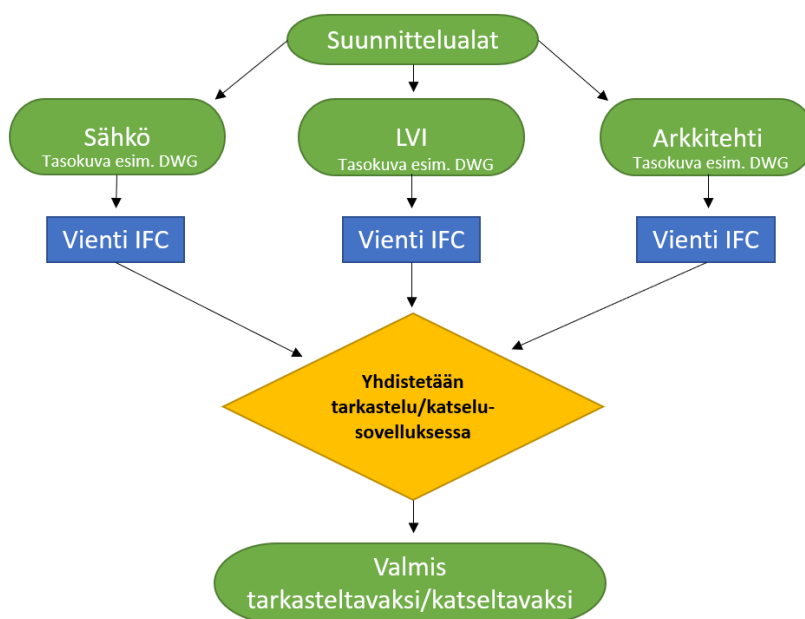
Jos rakennushankkeessa hyödynnetään tietomallia, voidaan sille tehdä tarkasteluja ja katseluja erillisillä apuohjelmistoilla. Tarkasteluja ja katseluja tehdään usein suunnittelijan tai muun toimijan omasta toimesta, kun halutaan varmistaa, ettei törmäyksiä tule esimerkiksi kaapelihyllyn ja ilmanvaihtoputken kanssa. Riippuen projektista tarkasteluja olisi hyvä suorittaa määrättyin väliajoin, esimerkiksi kerran viikossa. Näin on mahdollista välttyä suuremmilta tietomallin korjausoperaatioilta.

Esimerkiksi urakoitsijoille riittää käytännössä vain mallin katselu sekä mahdollisesti kommentointi, joten urakoitsijoita varten katselusovellus on toiminnoiltaan

riittävä. Tietomallin tarkastelua ja katselua varten on olemassa sekä ilmaisia että maksullisia sovelluksia. Esimerkiksi Tekla BIMsight on mahdollisesti ainoa ilmainen tietomallin tarkastelusovellus, jossa on mittaustyökalu, tiedonhaku toiminto, kommentoinnit sekä törmäystarkastelutoiminto. Autodeskin ohjelmistoista Navisworks Freedom on myös ilmainen ohjelmisto, mutta törmäystarkastelujen tekeminen tällä ei ole mahdollista eli ohjelma on ns. katseluohjelmisto. Vastaavanlainen katseluohjelmisto löytyy myös Solibrilta nimeltään Anywhere.

Autodeskien tuoteperheen ohjelmistoilla, kuten AutoCADilla ja Revitillä luodun mallin tarkasteluun sekä katseluun käytetään useimmiten Navisworks Managea. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että tietomalli siirtyy nopeammin Navisworksin omaan tiedostoformaattiin verrattuna siihen, että malli vietäisiin IFC-formaattiin. Jos tietomallin koko ei ole suuri, ei tällöin vientinopeudella ole isoa eroa.

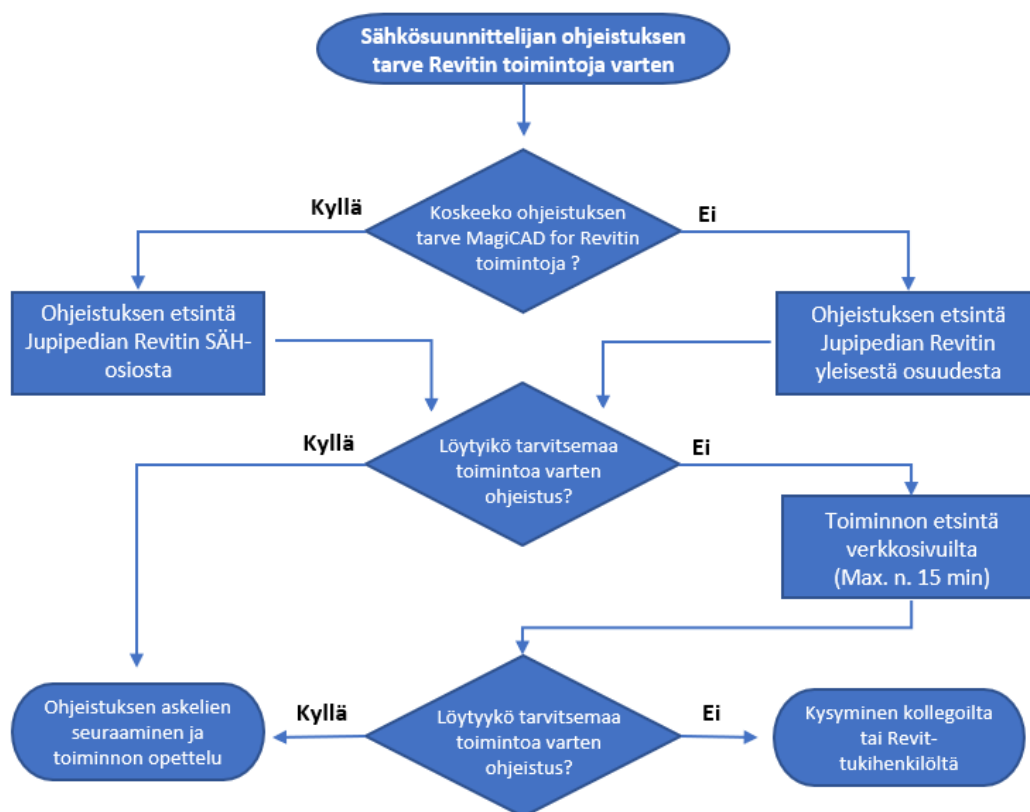
Kuvan 11 periaatekaaviosta nähdään esimerkki siitä, kuinka malli saavutetaan siihen pisteeseen, että tarkastelu on mahdollista siihen soveltuvilla ohjelmistoilla. Suunnittelualoja on otettu vain 3 kaavion yksinkertaistamisen vuoksi. Rakennus, joka vaatii toimiakseen useita eri järjestelmiä, vaatii myös useita eri suunnittelualoja.



Kuva 11. Tiedonsiirron prosessi tietomallin tarkasteluun.

5 MAGICAD FOR REVIT-TOIMINNOT ESIMERKKITAPAUKSISSA

Revitin käyttöohjeistusta ei itsessään liitetä työhön, vaan se tulee konsernin sisäiseen käyttöön. Kuvasta 12 voidaan nähdä vuokaavio esityksenä, kuinka ohjeistusta tullaan soveltamaan käytännössä. Vuokaavio esityksellä kuvataan tiedonhaun polkua sähkösuunnittelun ohjeistuksien etsintään.

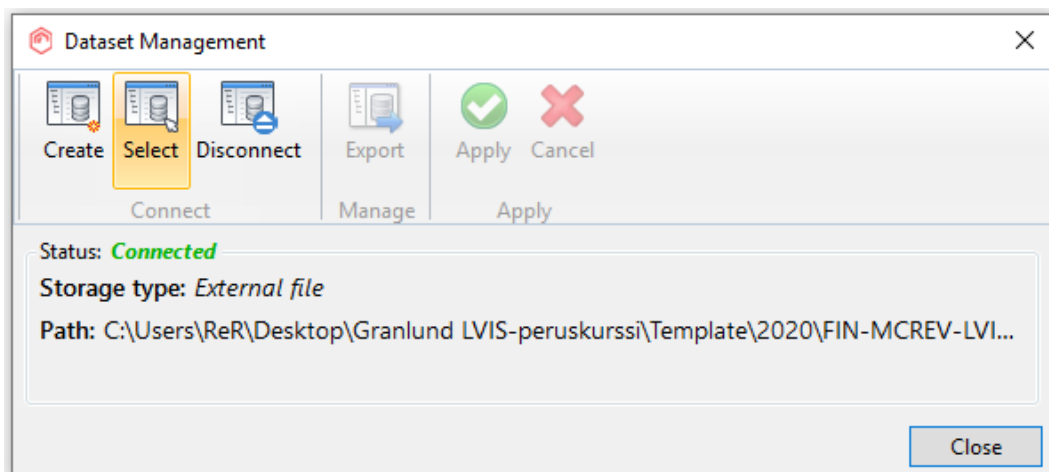


Kuva 12. Prosessi ohjeistuksen soveltamisesta.

Tässä luvussa esitellään kuitenkin muutamia MagiCAD for Revit-toimintoja, jotka ovat tavanomaisia TATE-sähkösuunnittelussa. Esimerkkitapaukset on tehty harjoitusprojektiin, johon on linkitetty LVI- ja sähkömalli sekä ARK-pohja. Projektitiedostossa on jo valmiiksi useita määriteltyjä asetuksia, kuten View Templatet ja näkymät, joten niitä ei käydä läpi. Esimerkkitapaukset alkavat tuotetietokannan tuonnista ja päättyvät DIALuxin käyttöön.

5.1 Tuotteiden hallinta

Tavallisesti projektin aloituksessa määrätään tuotetietokanta, jota projektissa tul- laan käyttämään. Tietokannan voi rakentaa itse tai vaihtoehtoisesti valita olemassa oleva. Valittua tietokantaa voidaan muokata projektin aikana. Dataset on nimi Ma- giCADin tietokannalle ja se sisältää tuotteet esimerkiksi valaisimet, kytkinkalusteet ja pistorasiat. Revit-projektiin lisättäessä MagiCADin tuotteita tulee ne hakea ensin Datasettiin. Kuvassa 13 nähdään Datasetin hallinnointi ikkuna, josta voidaan valita jo olemassa oleva Datasetti, esimerkiksi vanhasta projektista tai sitten tehdä koko- naan uusi. Uuden Datasetin voi tehdä myös vanhan päälle, jos uudessa projektissa käytetään samoja tuotetietokantoja.



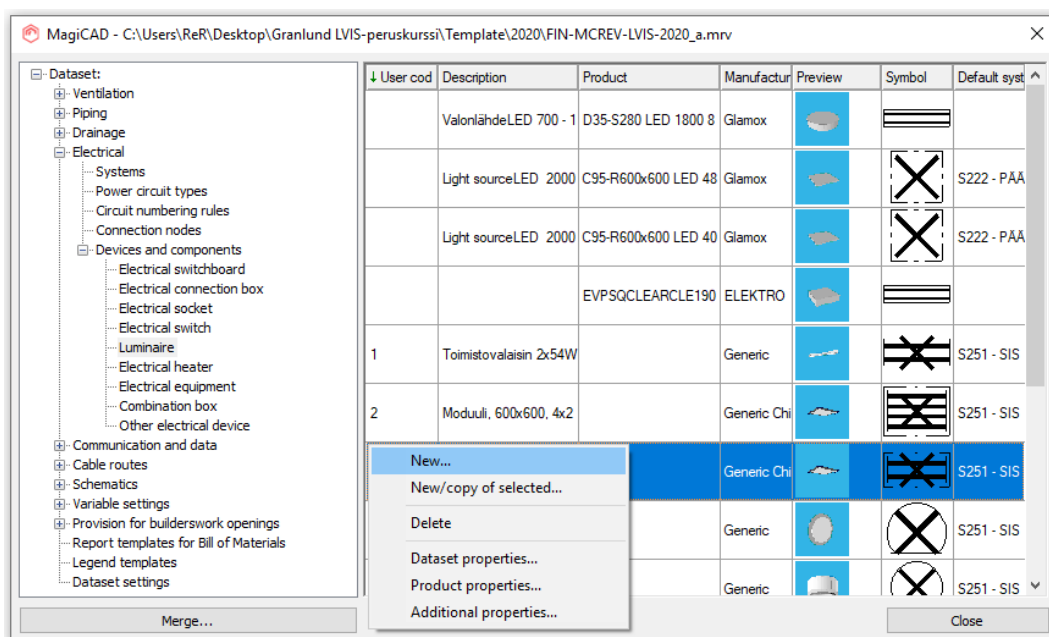
Kuva 13. Dataset management.

Datasetistä voi myös luoda ns. Internal eli sisäisen Datasetkansion, joka integroituu RVT-tiedostoon. Motivaatio Internal Datasetin käyttöön on pilviympäristön lisää- nnyt käyttö projektin tiedostojen tallennuspaikaksi. Internalin käyttö mahdollistaa Datasetin käytön suunnittelutiimin kesken, jos tiimi ei voi jakaa Datasettiä yhtei- selle verkkolevyille. Tämä edellyttää kuitenkin tarkempaa Datasetin hallintaa, koska siihen tehtävät muutokset projektin aikana vaikuttavat ryhmätyöskentely-ympäris- tössä toimimiseen. Esimerkiksi, jos käyttäjä tekee mitä tahansa muutoksia Dataset- tiin, sitä vastaava elementti muuttuu ns. varatuksi eli lukituksi muilta käyttäjiltä. Muutoksen tekijä voi kuitenkin vapauttaa varaukset jälkikäteen, jotta elementit oli- sivat taas käytössä. Internal Dataset voisi toimia tällä hetkellä parhaiten

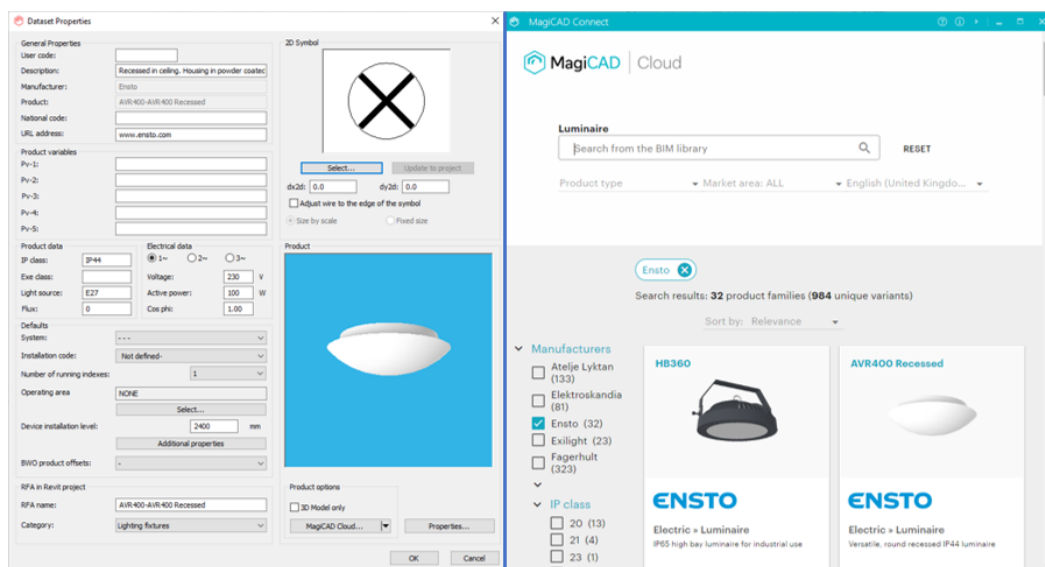
mahdollisesti sellaisessa kohteessa, jonka Datasettiä ei ole tarve säilyttää tulevia projekteja varten ja samaa Datasettiä käyttävät suunnittelijat eivät pääse samalle verkkolevyille. Lisäksi projektiin olisi hyvä määrätä esimerkiksi yksi henkilö, joka vastaa tuotteitten lisäyksistä, jotta välttyttäisiin mahdollisilta ongelmatilanteilta. /42/

Jos kuitenkin tietokantaa halutaan käyttää uudelleen, on se järkevämpää tehdä External file-tyyppisesti eli ulkoiseen tiedostoon. Dataset pyritään pitämään yhteisenä riippumatta projektin suuruudesta, koska tällä voidaan välttyä mahdollisilta virheelisiltä duplikaattipositioilta. Tämä tarkoittaa, että kahdella samalla tuotepositiolla on eri positiomerkinä. Tämä voi tapahtua esimerkiksi, jos käytetään kahta eri datasettiä tapauksessa, jossa kiinteistö käsittää useita rakennuksia sekä sisältää samoja tuotepositioita.

Kuvassa 14 nähdään Modify Dataset-ikkuna, josta löytyvät kaikki projektiin tuodut tuotteet, kuten kuvassa 18 näkyvät valaisimet. Kyseisen ikkunan kautta voidaan myös lisätä uusia tuotteita projektiin. Kuvan 15 vasemmanpuoleisesta ikkunasta tuotteita voidaan tuoda MagiCADin browserista, MagiCloudista sekä tiedostopölystä, jos tuotteita on ladattu esimerkiksi laitevalmistajan selaimesta. Kuvan 15 oikealla puolella nähdään MagiCloud tuotekirjasto.



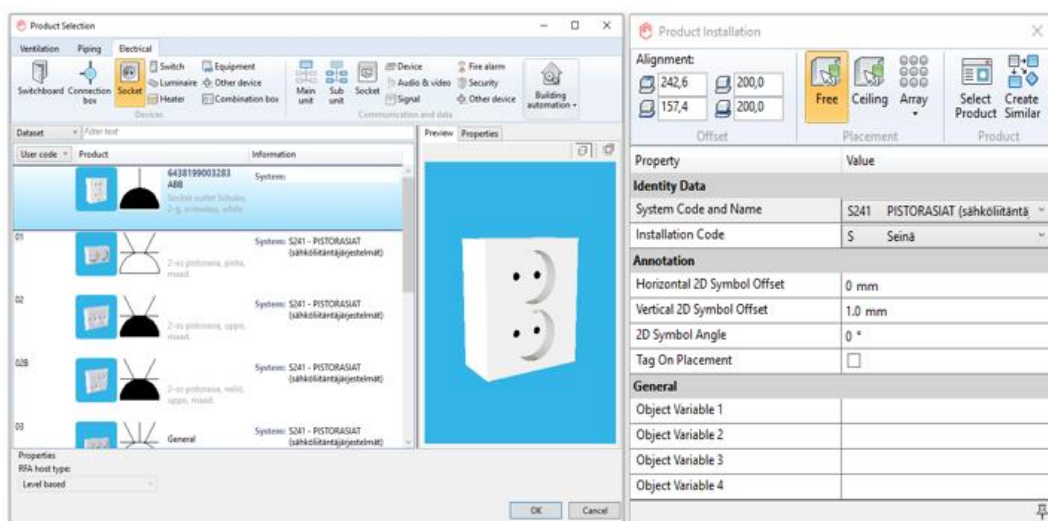
Kuva 14. Dataset-ikkuna.



Kuva 15. Tuotteen lisäys MagiCloudin tuotekirjastosta.

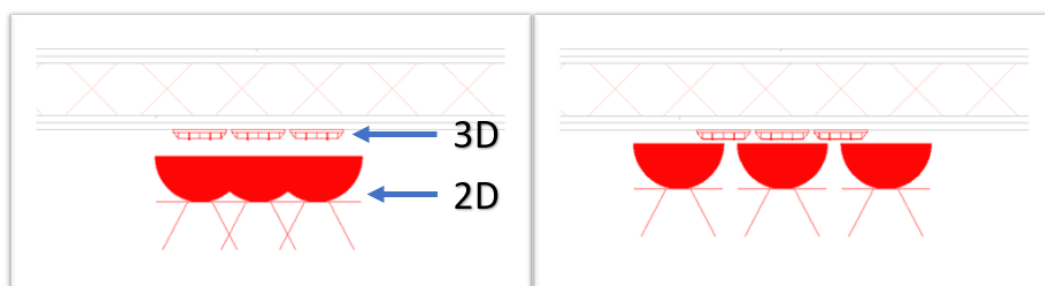
5.2 Laitteiden asennus

Laitteiden asentaminen tasokuvaan tapahtuu MagiCAD Electrical valikosta Install Product-toiminnosta, josta avautuu kuvassa 16 vasemmalla puolella näkyvä Product Selection-ikkuna. Kyseisestä ikkunasta voidaan valita tarvittava laite niin sähkö kuin LVI-puolenkin osalta. Samassa kuvassa oikealla puolella näkyvä Product Installation aukeaa, kun asennettava tuote on valittuna ja valmiina sijoitettavaksi. Keskeisimpiä määritettäviä tietoja Product Installation-valikosta ovat järjestelmätieto, laitteen korko, asennustapa, miten ja kuinka monta laitetta halutaan asennettavan sekä minkälaiseen järjestykseen.



Kuva 16. Product selection ja installation ikkuna.

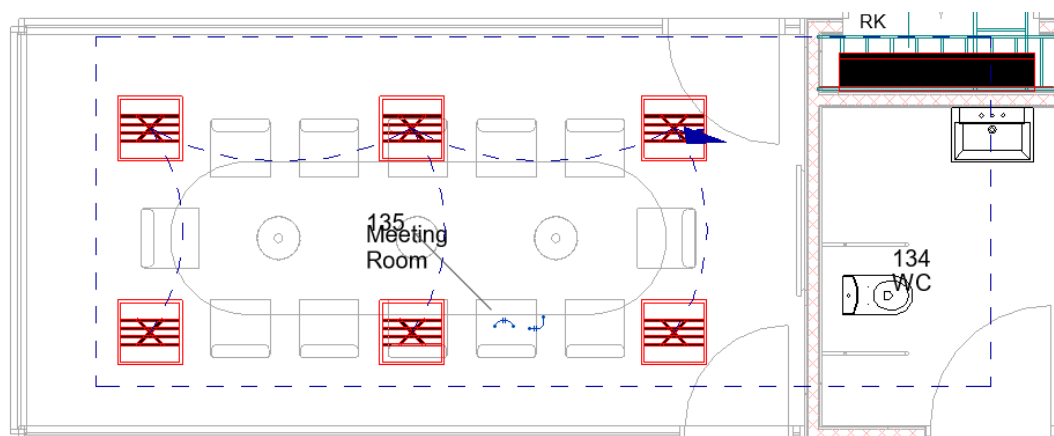
Käytettävästä ohjelmistosta riippumatta 3D-mallinnuksessa 2D-symbolin lisäksi elementissä on oikeassa mittasuhteessa oleva 3D-symboli. Tästä johtuen 2D-symbolit täytyy useassa tapauksessa sijoittaa tasoon päällekkäin, esimerkiksi tilanteissa, jossa on useampi pistorasia vierekkäin. Kuvassa 17 voidaan nähdä tilanne, jossa oikealla puolella asennetut pistorasiat on järjestetty tasokuvasta helposti luettavaksi Symbol Organizer-toiminnolla. 2D-symbolien etäisyyksiä X- ja Y-akselin suhteen voi määrätä myös jokaisesta tuotteesta yksittäisesti. Tulostuksessa 3D-symboleita ei ole tarpeen näkyä.



Kuva 17. Symbol Organizer toiminnolla järjestetyt pistorasiat.

5.3 Kaapelointi ja ryhmittely

Ohjelmistossa on erikseen ryhmittelytoiminto, jolla määritetään kaikki samaan ryhmään kuuluvat laitteet. Toiminto on Power niminen toiminto, joka aukeaa ylävalintanauhalle, kun valittuna on sellainen laite, jolle ryhmittely on tehtävissä. Tällä olisi mahdollista luoda keskuskaavio ilman kaapelointia ja ryhmämerkintöjä. Tämä mahdollisesti johtuu siitä, että Pohjoismaat kuuluvat vähemmistöön, joissa tasokuviiin esitetään laitteiden lisäksi myös kaapelointi. Kuvassa 18 olevat valaisimet on määrätty ryhmään ja samalla toiminto näyttää nuolella ryhmän syöttävän keskuksen sijainnin sekä mahdollisen kaapelointireitin. Toiminto ei noudata poikkeuksetta lo-giikkaa, joka perustuisi toteuttamiskelpoiseen asennusratkaisuun.

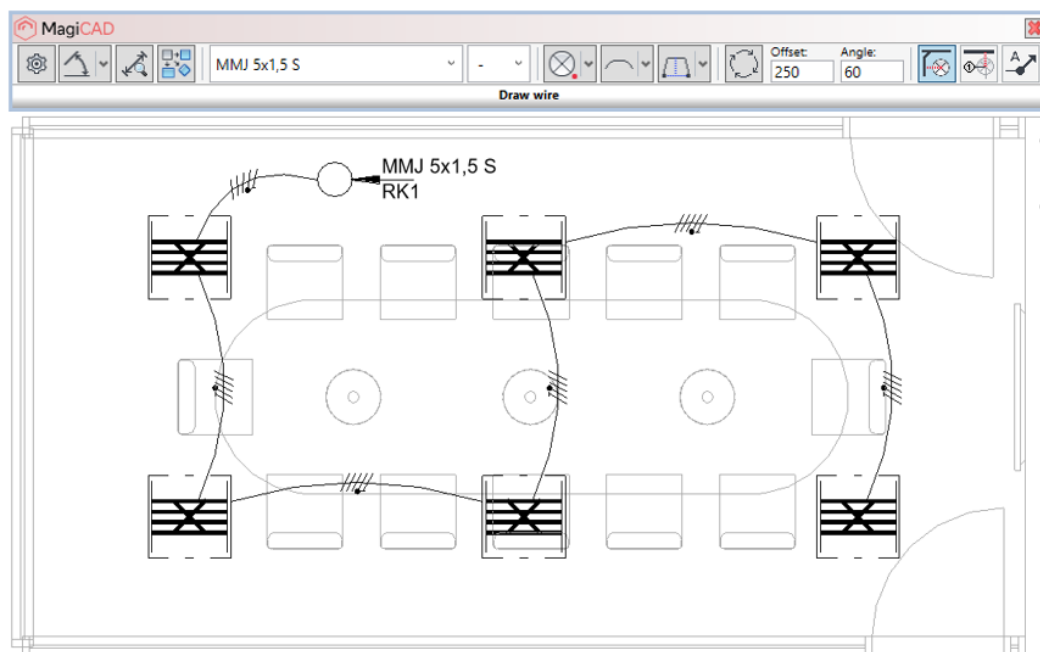


Kuva 18. Valaisimien ryhmittely.

Kaapeloinnin piirto tapahtuu Wire-toiminnolla joko Revitin tai MagiCADin työkalulla. Tässä tapauksessa käytetään kuitenkin MagiCADin kaapelointityökalua, koska MagiCADin työkalu on monipuolisempi verrattuna Revitin. Kaapelointityökalu näkyy kuvan 19 yläreunassa. Samassa kuvassa näkyvät valaisimet on kaapeloitu käyttäen automaattista kaapelointitoimintoa, joka toimii siten, että se kaapeloi kaikki samaan ryhmään valitut laitteet keskenään yhdellä painalluksella. Kyseinen toiminto soveltuu enimmäkseen kuitenkin yksinkertaisiin tapauksiin.

Kuten kuvasta 19 voidaan huomata, automaattisella kaapelointityökalulla tehty kaapelointi kääntää vaakaosuuksilla kaapelimerkinnyt ylösalaisin. Tämä tapahtuu myös manuaalisella kaapeloinnilla, jos kaapeloi oikealta vasemmalle. Ennen

kaapelointia määrätään ryhmämerkintäsymboli (End Tag) siten, että valitaan sen suunta oikealta vasemmalle tai päinvastoin. Esimerkiksi jos ryhmämerkintä halutaan osoittavan alaspäin, täytyy valita ryhmämerkintäsymboli, joka osoittaa oikealta vasemmalle eikä päinvastoin, koska silloin merkintä saadaan näyttämään ainoastaan ylöspäin. Toisin sanoen yhtä ryhmämerkintäsymbolia voidaan kääntää vain 90° astetta. Ryhmämerkintöjä ei myöskään ole järkevää siirtää, sillä kaapelointi irtoaa ryhmämerkinnästä eikä seuraa merkintää.



Kuva 19. Kaapeloitu valaisinryhmä.

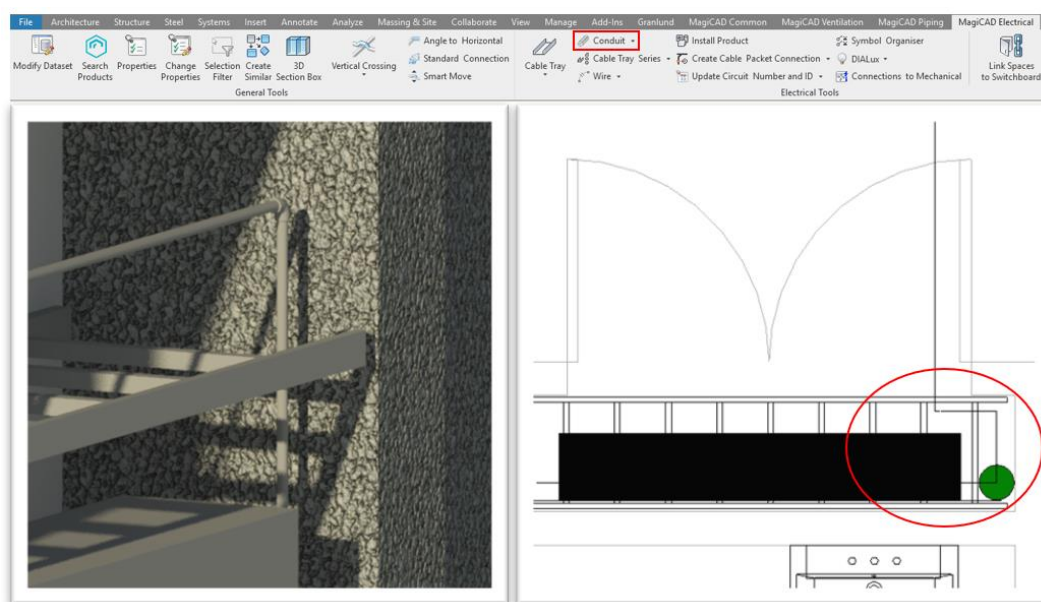
Revitissä kaapeloinnin piirto on muokattavissa, kuten muissakin ohjelmistoissa. Kaapelointia voidaan muokata ottamalla kiinni tartuntapisteistä, mutta muokkaaminen on kuitenkin huomattavan työlästä. Esimerkiksi tilanteessa, jossa kaarevaa uppokaapelointia halutaan muokata ja se halutaan pitää ”kaarevana”, joudutaan siihen useassa tilanteessa lisäämään tartuntapisteitä erikseen. Näitä tartuntapisteitä Revitissä kutsutaan nimellä Vertex.

5.4 Johtotiet

Revitissä johtoteiden piirtotoiminnoissa on 2D- ja 3D piirrolle oma työkalu. Toiminnoilla ei ole sinänsä muuta eroa kuin, että 3D-piirrolla voidaan suunnitella

suoraan kolmiulotteiseen näkymään. Kummatkin toiminnoista kuitenkin generoivat 2D- ja 3D-symbolia, joten piirron voi tehdä kummalla tahansa.

Jos kaapelireitti halutaan mallintaa, käytetään tällöin kuvan 20 yläreunassa näkyvää MagiCADin Conduit-toimintoa. Kuvassa 20 nähdään kaapelipakettireitti, joka näkyy mallissa putkimaisena elementtinä. Jos luotu ryhmä liitetään kaapelipakettiin, mahdollistaa se lisäksi tarkemman ryhmäjohtoon pituuden laskemisen sitä syöttävältä keskukselta. Conduit-toiminnolla voidaan mallintaa myös putkituksia, kuten muovisia ja alumiinisia suojaputkia.

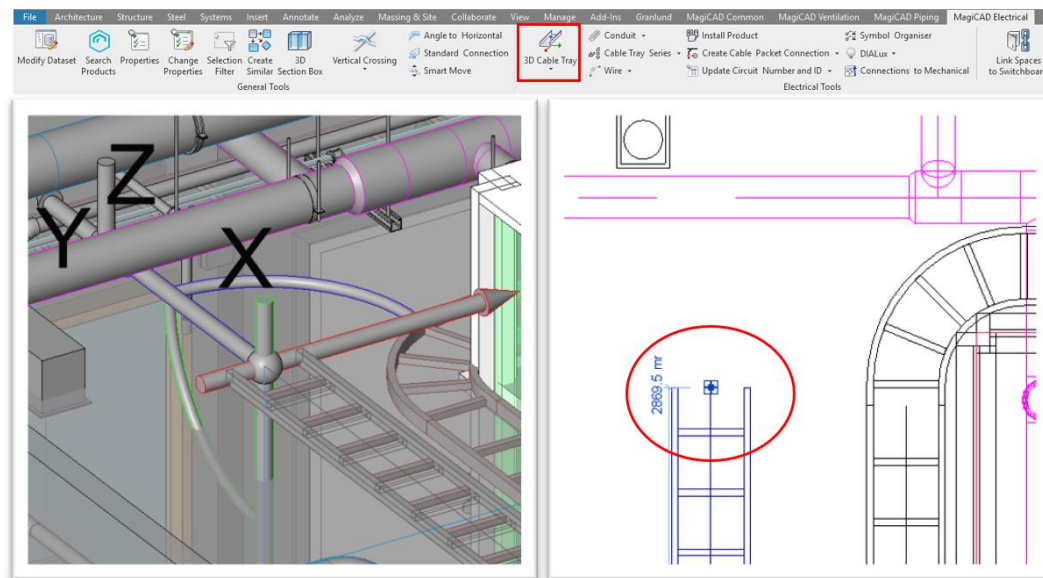


Kuva 20. Kaapelipaketti mallissa.

Kaapelihyllyn piirto on suotavaa tehdä Revitissä MagiCADin Cable Tray-toiminnolla, koska Revitin oma työkalu ei ole yhtä monipuolinen. MagiCADin kaapelipiirtotoiminto sisältää niin kutsutut Fittingsit eli soviteosat, joita johtoteitten asennuksen tarvitaan esimerkiksi mutkat ja nivellykset. Tämän takia toiminto ei anna piirtää sellaisia mutka-, nousu-, lasku-, tai käänntökohtia, joihin ei ole soveltuvia soviteosia. Ominaisuus mahdollisesti vähentää sellaisia tapauksia, joita ei välttämättä voisi käytännössä toteuttaa.

Kuvassa 21 vasemmalla puolella nähdään 3D-kaapelihyllyn piirto toiminto, josta nähdään X-, Y-, Z-suuntaisen koordinaatiston mukaiset apunuolet, jolla voidaan

valita haluttu suunta. Kaapelihyllyn piirto toiminto 2D-näkymässä ei eroa merkittävästi vertailun ohjelmistoihin verrattuna.



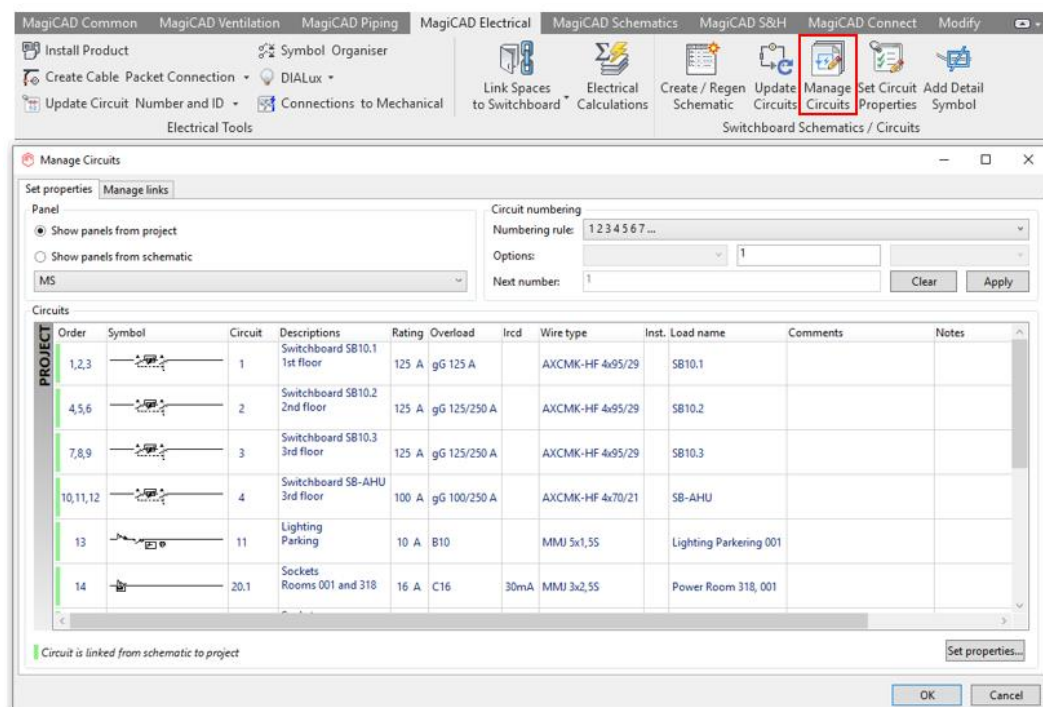
Kuva 21. Tikashyllyn piirto 3D-toiminnolla.

5.5 Keskuksien pääkaavioiden luonti

Pääkaavio on tällä hetkellä ainoa kaaviotyyppi sähkösuunnittelun osa-alueelta, jota voi harkita tehtäväksi Revitillä. MagiCADin Manage Circuits-toimintoa käyttämällä voidaan avustaa kaavion luontia. Keskuksen pääkaavio on mahdollista luoda automaattisesti. Pääkaavion automaattinen luonti edellyttää huolellista ryhmien määrittelyä, kuten vertailussa mukana olevissa ohjelmistoissakin.

Kuvassa 22 nähdään MagiCADin Manage Circuits-ikkuna, josta nähdään ne ryhmät, jotka on määritetty valitulle keskukselle. Ikkunasta voidaan hallinnoida ryhmien tietoja, kuten ruotunumeroinnin logiikka ja järjestys, ryhmää kuvaava 2D-symboli, kuvaus, suojaus ja kaapelointi kaksisuuntaisesti, poikkeuksena ryhmänumerot, joilla ei ole yhteyttä tasokuvan ja kaavion välillä. Huomioitavaa on kuitenkin, ettei ilman kaapelipakettien käyttöä ole yhteyttä tasokuvan piirustus elementteihin kuten ryhmämerkinnässä näkyvään kaapelityyppiin tai kaapeloinnin

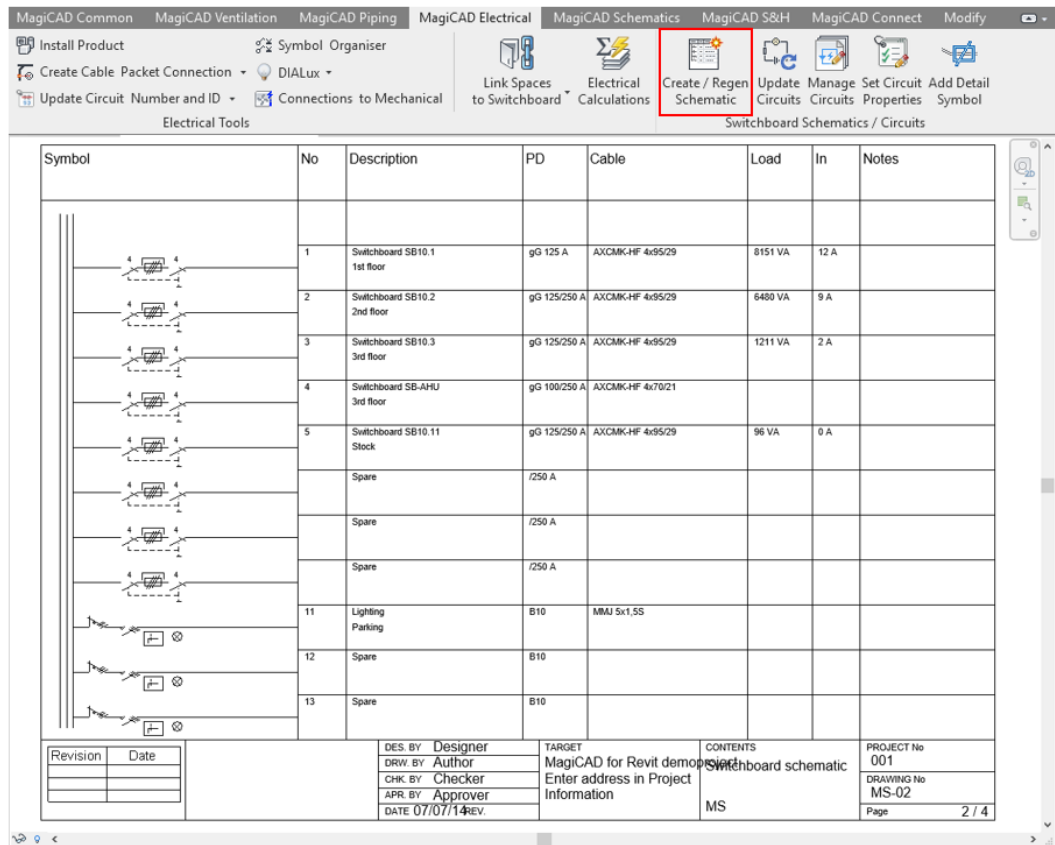
johdin merkintään. Esimerkiksi luovutuspiirrustusten tekemisen yhteydessä etenkin ryhmänumeroiden kaksisuuntaisuus helpottaa työskentelyä.



Kuva 22. Pääkaavion hallintaikkuna.

Keskuksien automaattinen pääkaavion luonti tapahtuu kuvassa 23 näkyvästä Create/Regen Schematic toiminnosta. Toiminto edellyttää kuitenkin sheetin tai sheettien eli tulostusnäkymän- tai näkymien luomista ja sivumäärien määrittelyä kyseistä kaaviota varten ennen automaattista luontia.

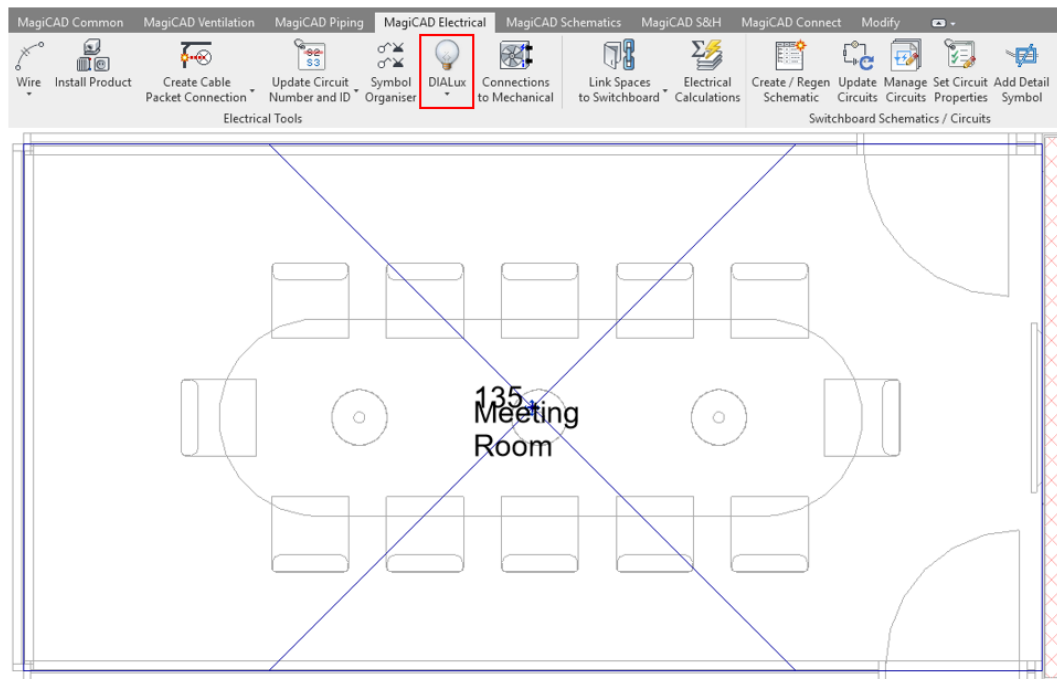
Sivumäärät täytyykin käytännössä arvata, kun luo sheettejä. Jos tasokuvasta määritettyjä ryhmiä olisi 6 sivun edestä ja luotuja sheettejä olisi vain 2 sivua, ilmoittaa ohjelma tällöin virheilmoitusta, joka ei viittaa syyksi, että luotuja sivuja on liian vähän. Esimerkiksi CADMATICin ja AutoCAD for MagiCADin keskuskaaviosovellus luo automaattisesti tarvittavan määrän sivuja kaavioon, sillä erolla, että CADMATIC luo sivut eri lehdille, kun taas AutoCAD for MagiCAD allekkain yhdeksi pitkäksi ruoduksi.



Kuva 23. Revitillä luotu keskuskaavio.

5.6 Dialux-yhteydet

MagiCAD Electricalin DIALux-toiminnolla voidaan viedä tiloja DIALuxiin ja tuoda siellä suunnitellut tilat takaisin Revittiin stf-tiedostoformaattissa. Tilojen vieni DIALuxiin stf-muodossa on helpompaa kuin vertailun ohjelmistoilla, koska Revitissä tilojen määrittelyn voi tehdä käytännössä yhden napin painalluksella, olettaen, että arkkitehtimallin asetelut ovat oikein. Kuvassa 24 nähdään DIALux-työkalu valintanauhalla sekä kokoushuone, jonka seinämiä ympäröi sininen reuna sekä keskellä ruksi. Nämä indikoivat, että tila on valittu aktiiviseksi. Tilojen tuonti tapahtuu samasta DIALux toiminnosta ja kuten tiloja viettäessä niin myös tuotaessa avautuu ikkuna, josta valitaan halutut tilat.



Kuva 24. DIALux-toiminto.

6 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä Granlund konsernille ohjeistus Revit-ohjelmiston käytöstä sähkösuunnittelussa käytettävien ominaisuuksien osalta. Työssä tehdyssä vertailututkimuksessa saatiin selvitettyä Revitin kriittisimmät eroavaisuudet perinteisiin CAD-ohjelmistoihin verrattuna. Tällä tavoin saatiin myös selvitettyä Revitin käytön motivaatiota ominaisuuksien suhteen projekteissa, jossa hyödynnetään tietomallia. Koska Revit on tietomallinnukseen kehitelty ohjelmisto, oli työssä myös syytä perehtyä hieman tietomallintamisen maailmaan, joka yleistyy rakennushankkeissa kovaa tahtia. Tietomallin hyödyntäminen rakennushankkeiden uudis- ja saneeraussuunnittelussa sekä tulevaisuudessa paremmin myös ylläpidon apuna pakottavat suunnitteluohjelmistojen kehitystä kovaa vauhtia eteenpäin. Vertailuosion perusteella Revitin tietomallinnusympäristön 3D-ominaisuuksille ei ole tällä hetkellä vertaista.

Suunnitteluohjelmistot ovat laajoja kokonaisuuksia koostuen suuresta määrästä erilaisia toimintoja sekä ominaisuuksia. Ohjelmistojen täydellinen hallitseminen on kuitenkin käytännössä mahdotonta ainakin ns. perussuunnittelijalle, jolla ei ole välttämättä aikaa seurata jatkuvasti ohjelmistojen päivitysten mukana tulleista uusista muutoksista. Tarpeen mukaisesti päivitettyjen ohjeiden avulla voidaan kuitenkin säästää suunnittelijoiden aikaa sekä mahdolliselta vaivalta koskien tiedon etsintää.

Työssä tehdyn vertailututkimuksen perusteella voidaan huomata, että Revit on niin ominaisuuksiltaan kuin käyttöympäristöltään hyvin erilainen ohjelmisto verrattuna perinteisiin CAD-ohjelmistoihin. Tämän perusteella ns. perinteisestä CAD-maailmasta siirtyminen Revit-ympäristöön vaatiikin tavallista enemmän opettelua ja säätämistä.

Tämän työn vertailututkimus perustui pääosin siihen, mitä ominaisuuksia sekä toimintoja suunnitteluohjelmistoista löytyi ja mitä ei. Tutkimuksessa ei otettu kantaa toimintojen käytettävyyden suhteen, jos toiminnot havaittiin pääpiirteittäin samankaltaisiksi. Esimerkiksi jos kahden ohjelmiston kannalta toiminnot olivat samankaltaisia, annettiin siinä tapauksessa pisteet. Tällä metodilla saatiin mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva ohjelmistoista, jottei tutkimus olisi mennyt liian

laajaksi työhön käytettävän ajan suhteen. Vertailun ohjelmistoista eniten kokemusta allekirjoittaneella ennen työtä oli CADMATIC Electricalista ja toiseksi MagiCAD for Revitistä. MagiCAD for AutoCADistä ei ollut juurikaan kokemusta muuta kuin ammattikorkeakoulun tunneilta AutoCAD Mechanical-versiosta. Tämän vuoksi ei olisi ollut jääviä sisällyttää vertailuun pisteytystä, joka perustuisi kokemukseen tietyistä toiminnoista. Kattavampi suunnitteluohjelmistojen vertailu vaatisi laajempaa tutkimusta, joka sisällyttäisi esimerkiksi kyselytutkimukset useista suunnittelualakohtaisista toiminnoista, työskentelyprosessien ajan mittauksia, useamman testaushenkilön ja ottaa huomioon muiden suunnittelualojen näkemyksiä ohjelmistoista. On tärkeää huomioida, jos samassa suunnittelutoimistossa työskentelevien eri alojen suunnittelijoiden työtä helpottaa, samojen ohjelmistovalmistajien tuotteiden käyttö keskenään.

Revitin käyttöohjeistus helpottaa konsernin uusien ja vanhojen työntekijöiden siirtymistä kyseiseen ohjelmistoympäristöön. Ohjeistus auttaa ymmärtämään ohjelmiston toimintoja sekä niiden periaatteita ja sitä kautta sisäistämään sen käyttöä. Työtä aloittaessa allekirjoittaneella kokemusta Revit-ohjelmistosta oli n. 2 kk. Aikaisemman kokemuksen ollessa ohjelmistosta vähäistä saattoi tämä olla myös hyödyksi ohjeen teossa. Uutena ohjelmiston käyttäjänä on mahdollisesti harvemmin perusolettamuksia ohjelmiston käytöstä ja näin ollen ohjeesta ei pitäisi jäädä pois sellaisia askeleita, joita uusi ohjelmistoa opetteleva voisi tarvita.

Työssä tehtyä käyttöohjeistusta ei tehty itsessään yhdeksi dokumentiksi, vaan ohjeistus koostuu eri osista ja sen laadinta sekä päivittäminen tulee jatkumaan myös tämän työn jälkeen. Ohjeistukset sijaitsevat Granlund konsernin Wikimedia-pohjaisella sivulla nimeltään Jupipedia. Käyttöohjeistus, joka on kategorioitu ja pilkottu sopiviin osiin, helpottaa lukijaa niin tiedonhakemisessa kuin ohjeiden lukemisessa. Käyttöohjeistus yhtenä pitkänä dokumenttina saattaisi jäädä monelta katsomatta, sillä jo mahdollisesti massiivinen sivumäärä voi todennäköisesti pelästyttää ohjeistusta tarvitsevan.

Palautteenantomahdollisuus Jupipediaan voisi tuoda mahdollisuuksia sivuston sisällön kehittämisen. Palautteen saaminen esimerkiksi palautekyselynä laadituista

ohjeistuksista voisi olla hyödyllistä tietoa jatkokehityksen kannalta. Palaute voisi toimia esimerkiksi ”thumbs up/down” tyyppisesti. Thumbs down palautteen antaja voisi laittaa kommentin ohjeistuksen laatijalle mitä ohjeistuksessa on vialla tai mitä lisäystä vaatisi. Myös sanallisten ja kuvien avulla esitettävien ohjeiden lisäksi ohjeistusvideoiden tai GIF-tiedostojen teko voisi olla toimiva ratkaisu minkä tahansa ohjelmistosovelluksen käytössä. Ohjeistusvideoiden tekeminen olisi mahdollisesti nopeampaa kuin sanallisten ohjeiden teko. Sanalliset käsitteet toimintoa koskien olisi kuitenkin tarpeellista esittää videon lisäksi. Edelliset kehitysaiheet vaativat kuitenkin resursseja eivätkä niiden hyötyvaikutukset ole suoraan mitattavissa.

Tällä hetkellä ei ole vielä selvää tai pidemmälle vietyä yhtenäistä toimintamallia siitä, kuinka muita käytössä olevia CAD-ohjelmistoja voisi käyttää tukena Revit-ympäristössä. Jatkokehityksen kannalta voisi olla myös tarpeellista selvittää, miten muita ohjelmistoja voitaisiin hyödyntää paremmin suunnittelussa Revitin tukena. Tällä voitaisiin mahdollisesti nopeuttaa suunnittelua tiettyjen osa-alueiden suhteen kuten työn vertailututkimuksen perusteella huomattiin kaaviosuunnittelun alueella Revittiä ei voida hyödyntää vielä tehokkaasti.

LÄHTEET

- /1/ Granlund Oy. Vuosikertomus 2019. Viitattu 26.4.2020.
https://issuu.com/granlundoy/docs/granlund_vuosikertomus_a4_20s_2019_web_sivuittain
- /2/ Granlund Oy. Yritysesittely. Viitattu 8.2.2020.
<https://www.granlund.fi/granlund/meista/>
- /3/ Pajuniemi P. Toimitusjohtaja. Granlund Pohjanmaa Oy. Haastattelu 27.4.2020.
- /4/ Granlund Pohjanmaa Oy. Yhteys/Vaasa. Viitattu 8.2.2020.
<https://www.granlund.fi/yhteys/vaasa/>
- /5/ Granlund Oy. Organisaatio. Granlundin sisäinen nettisivusto Sympa. Viitattu 8.2.2020.
- /6/ CADS. Ohjelmistot. Viitattu 1.3.2020.
<http://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-electrical/markkinoiden-laajin-suunnittelujarjestelma>
- /7/ CADS. Ohjelmistot. Viitattu 1.3.2020.
<https://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-electrical/teollisuuden-sahko-ja-automatiosuunnittelu/tiedonhallinta>
- /8/ CADS. Ohjelmistot. Viitattu 1.3.2020.
<https://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-electrical/talotekninen-sahkosuunnittelu/bim-ja-3d>
- /9/ Autodesk blogs. AutoCAD release history. Viitattu 1.3.2020.
https://autodesk.blogs.com/between_the_lines/autocad-release-history.html
- /10/ MagiCAD blog. Globally IFC. Viitattu 2.3.2020.
https://www.magicad.com/en/blog/2016/05/magicad-among-first-five-vendors-globally-ifc-2x3-cv2-0-export-certification-mep-disciplines/#pll_switcher
- /11/ Knowledge Autodesk. About Revit and IFC. Viitattu 8.2.2020.
<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-6708CFD6-0AD7-461F-ADE8-6527423EC895-htm.html>
- /12/ Web archive. A Brief History of BIM. Viitattu 8.2.2020.
<https://web.archive.org/web/20140302064642/http://www.styleofdesign.com/architecture/a-brief-history-of-bim-michael-s-bergin/>

- /13/ CADS. Sähkösuunnittelu tasopiirustuksissa. Viitattu 2.3.2020.
<https://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-electrical/talotekninen-sahkosuunnittelu/sahkosuunnittelu-tasopiirustuksissa/>
- /14/ MagiCAD. Blogi. Viitattu 2.3.2020.
<https://www.magicad.com/fi/blog/2014/12/tiesitko-etta-magicad-mahdollistaa-kattavan-2d-ja-3d-sahkosuunnittelun-autocadilla/>
- /15/MagiCAD. Ominaisuudet. Viitattu 3.3.2020.
https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-electrical/#ominaisuudet-autocadille
- /16/ Autodesk. About Worksharing. Viitattu 8.2.2020.
<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-0FC44807-DF06-4516-905A-4100281AC486-htm.html>
- /17/ Tekla. Tietoa meistä. Viitattu 25.2.2020
<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>
- /18/ RIL. Tietomallinnus. Viitattu 22.2.2020
<http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>
- /19/ Buildingsmart. YTV2012 osa 1. Viitattu 17.2.2020
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf
- /20/ Buildingsmart. Yleiset tietomallivaatimukset. Viitattu 17.2.2020
<https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- /21/ Autodesk. Products. Viitattu 13.2.2020
<https://www.autodesk.fi/products/dwg>
- /22/ CADS. Ohjelmistot. Viitattu 23.2.2020
<http://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-drawing-viewer>
- /23/ Fileinfo. DXF. Viitattu 22.2.2020
<https://fileinfo.com/extension/dxf>

- /24/ Lifewire. RVT-File. Viitattu 23.2.2020
<https://www.lifewire.com/rvt-file-4175424>
- /25 Buildingsmart. Standardit. Viitattu 23.2.2020
<https://buildingsmart.fi/standardit/>
- /26/ Bimconnect. What is IFC. Viitattu 23.2.2020
<https://bimconnect.org/en/software/what-is-ifc/>
- /27/ Magicad. Ominaisuudet Revitille. Viitattu 4.3.2020
https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-electrical/#ominaisuudet-revitille
- /28/ Magicad. Blogi Viitattu 6.3.2020
<https://www.magicad.com/fi/blog/2016/01/euroopan-laajin-talotekniikka-ala-online-tuotekirjasto-julkaistu/>
- /29/ Magicad. Blogi. Viitattu 12.3.2020
<https://www.magicad.com/fi/blog/2014/04/01042014-progman-yhdistaa-voimat-glodonin-kanssa-ja-vahvistaa-asemaansa-pohjoismaissa/>
- /30/ Autodesk. Products. Viitattu 13.3.2020
<https://www.autodesk.fi/products/bim-360-design/overview>
- /31/ Scan2CAD. AutoCAD brief history. Viitattu 14.3.2020
<https://www.scan2cad.com/tips/autocad-brief-history/>
- /32/ Buildingsmart. YTV2012 osa 4. Viitattu 15.3.2020
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf
- /33/ TNS 2016. Suunnitteluohjelmistotutkimus 2016. Viitattu 19.3.2020
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf
- /34/ Senaatti. Tietomallit ylläpidossa. Viitattu 23.3.2020
https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf
- /35/ Leijonasecurity. Pilvien tietoturva. Viitattu 29.3.2020
<https://www.leijonasecurity.fi/index.php/2019/09/18/pilven-tietoturva-hyodyt-ja-haitat/>
- /36/ MagiCAD. *Fin koulutus Revit setup use features 2020 MR.*

/37/ Autodesk knowledge. Revit products. Viitattu 1.4.2020

<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Customize/files/GUID-F45641B0-830B-4FF8-A75C-693846E3513B-htm.html>

/38/ Archsmarter. What is Dynamo. Viitattu 1.4.2020

<https://archsmarter.com/what-is-dynamo-revit/>

/39/ Tampere. Tietomalliohje suunnittelijoille. Viitattu 8.4.2020

http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/BUBIXKnNP/TRE_TIKE_-_tietomalliohje_suunnittelijoille.pdf

/40/ CADs. Tiedonhallinta. Viitattu 10.4.2020

<https://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-electrical/teollisuuden-sahko-ja-automatiosuunnittelu/tiedonhallinta>

/41/ BIMcollab. Products. Viitattu 18.4.2020

<https://www.bimcollab.com/en/Products/BCF-Manager>

/42/ MagiCAD. Dataset. Viitattu 18.4.2020

https://help.magicad.com/mcrev/2020/EN/1_2_dataset.html