



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joni Viljander

Tietomallintamisen tehokkaampi hyödyntäminen sähkösuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

19.5.2020

Tekijä Otsikko	Joni Viljander Tietomallintamisen tehokkaampi hyödyntäminen sähkösuunnittelussa
Sivumäärä Aika	32 sivua 19.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Vesa Sippola insinööri Arto Heikkilä insinööri Teemu Lähde
<p>Tietomallimaisen suunnittelun nopea kehitys, suosion kasvaminen ja mallinnusohjeistusten suuri määrä on luonut yrityksille tarpeen selkeille ja tiivistetyille mallinnusohjeille, jotka vastaavat paremmin yrityksen tarpeisiin ja ovat enemmän käytännönläheisiä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli koota ja tiivistää käytettävissä olevaa aineistoa sekä asiantuntemusta tietomallimaisesta suunnittelusta ja tietomallimaisen sähkösuunnitteluprosessin tehostamisesta Suomen Talokeskus Oy:n tarpeiden mukaisesti. Työssä pyrittiin nostamaan esiin huomioitavia asioita työn laadun, sujuvuuden ja tehokkuuden parantamiseksi. Tavoitteena oli lisäksi kehittää sekä omaa että yrityksen osaamista sähköjärjestelmien tietomallintamisesta.</p> <p>Työssä käytiin läpi yleisellä tasolla mallintaminen, erilaiset tietomallit ja suunnitteluvaiheet sekä taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo, hanketietokortti, käytettäviä ohjelmistoja ja erilaisia urakkamuotoja. Lisäksi työssä syvennyttiin sähkösuunnittelun näkökulmasta tietomallintamiseen suunnitteluvaiheittain sekä käytiin läpi joitakin tietomallin hyödyntämistapoja, joita ovat havainnollistaminen, törmäystarkastelu ja määrälaskenta. Työn aikana havaittiin yleisiin mallinnusohjeisiin ja hankkeen lähtötietoihin tutustumisen tärkeys, jotta voidaan tehokkaasti suorittaa mallinnustyötä ja vähentää turhan työn tekemistä. Mallinnusohjeet ja tehtäväluettelot ohjaavat ja aikatauluttavat työn etenemistä niin, että myöhemmin korjattavia ristiriitoja syntyy vähemmän suunnittelutyön aikana.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi tiivistetty tietopaketti ja ohjeistus, jossa esitellään tietomallinnusta sekä yleisellä tasolla että Talokeskuksen näkökulmasta sähkösuunnitteluun keskittyvänä ohjeistuksena, joka on tarkoitettu uusille mallinnustyötä aloittavilla sähkösuunnittelijoille ja aiheesta kiinnostuneille.</p>	
Avainsanat	tietomallintaminen, MagiCAD, sähkösuunnittelu

Author Title	Joni Viljander Efficient Utilization of Data Modeling in Electrical Design
Number of Pages Date	32 pages 19 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Vesa Sippola, Senior Lecturer Arto Heikkilä, Bachelor of Engineering Teemu Lähde, Bachelor of Engineering
<p>Rapid development along with growing popularity of data modeling and a large amount of tutorials has generated a demand for practical modeling instructions, which correspond with the needs of the engineering companies.</p> <p>The aim of the thesis work was to gather and to summarize existing materials and expertise in data modeling as well as to intensify the electrical design process based on the request of Suomen Talokeskus Oy. The thesis considered aspects for improving quality, workflow and efficiency of engineering work. Moreover, the target was to develop both the author's and the engineering company's expertise in the field of data modeling in electrical design.</p> <p>In the thesis work, data modeling in general, various data models along with their stages, building service engineering task list, project information card, existing software and contract forms were examined. In addition, phases of the data modeling process were studied from the electrical design point of view; some examples of data modeling utilization, such as visualization, detection of collisions, quantity take-off, were explored. During the research work, it was noticed that in order to improve the efficiency of the electrical designer work and to reduce the amount of unnecessary work, it is relevant to get acquainted with the data modeling instructions and initial data of the project in advance. Utilization of data modeling instructions as well as engineering task lists guide and schedule the process of electrical design in a way that prevents conflicts, which otherwise would have to be revised later during the project.</p> <p>The thesis work resulted in a brief list of instructions, which include both general manual and a list of steps for electrical designer from the engineering company's point of view, and which would serve the beginner and anyone else interested in data modeling.</p>	
Keywords	Data modeling, MagiCAD, Electrical design

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomallinnus	2
2.1	Rakennusten tietomallintaminen	2
2.2	Yleiset mallitekniset vaatimukset	3
2.2.1	Vaatimusmalli	4
2.2.2	Tilavarausmalli	4
2.2.3	Järjestelmämalli	4
2.2.4	Toteumamalli	5
2.2.5	Mallien yhdistäminen	6
2.3	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18	8
2.4	Hanketietokortti HT18	9
2.5	Suunnittelutyö ja urakkamuodot	9
2.6	Ohjelmistot	11
2.6.1	MagiCAD Electrical for AutoCAD	12
2.6.2	Solibri	13
2.6.3	Trimble Connect	14
2.7	Tietomallin hyödyntäminen	15
3	Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien mallintaminen	16
3.1	Tietomallintamisen aloitus	16
3.2	Hankesuunnittelu	17
3.3	Ehdotussuunnittelu	18
3.4	Yleissuunnittelu	18
3.5	Toteutussuunnittelu	19
3.6	Elementtipiirustukset	19
4	Havainnollistaminen	20
5	Törmäysten ja virheiden tarkastelu	21
5.1	Laadunvarmistus mallintamisessa	21

5.2	MagiCAD	21
5.3	Trimble Connect	23
5.4	Solibri	26
6	Määrälaskenta	27
6.1	Määrälaskennan huomiointi mallintamisessa	27
6.2	Määrälaskennan suorittaminen	28
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet

2D	Kaksiulotteinen.
3D	Kolmiulotteinen.
BIM	<i>Building information modeling</i> . Rakennuksen tietomalli.
CAD	<i>Computer-aided design</i> . Tietokoneavusteinen suunnittelu.
DWG	AutoCAD-ohjelmiston tiedostomuoto.
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> . Rakennusalan kansainvälinen tietosisällön määrittelystandardi ja tiedostomuoto
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen.
LVI	Lämpö, vesi ja ilmanvaihto.
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.
TATE	Talotekniikka, jonka aloja ovat LVI, sähkö ja automaatio.

1 Johdanto

Tietomallimainen suunnittelu on kehittynyt viime vuosien aikana nopeaa tahtia ja kasvatanut suosiotaan todella nopeasti. Tämän vuoksi suunnittelun on oltava johdonmukaista ja tehokasta, sillä tietomallimainen suunnittelu asettaa erilaisia vaatimuksia ja mallintaminen on perinteistä piirtämistä työläämpää, mutta kustannukset eivät saisi siitä huolimatta nousta merkittävästi.

Insinööri työ tehdään Suomen Talokeskus Oy:lle, ja sen on tarkoitus toimia sähkösuunnittelijoiden apuvälineenä sekä koulutusmateriaalina uusille mallinnustyötä tekeville sähkösuunnittelijoille. Suomen Talokeskus on suomalainen suunnittelua, rakennuttamista, valvontaa ja kunnossapidon palveluita tarjoava yritys.

Insinööri työnsä tavoitteena on kerätä kasaan ja tiivistää käytettävissä olevaa aineistoa sekä asiantuntemusta tietomallimaisesta suunnittelusta ja tietomallimaisen sähkösuunnitteluprosessin tehostamisesta Suomen Talokeskus Oy:n tarpeiden mukaisesti.

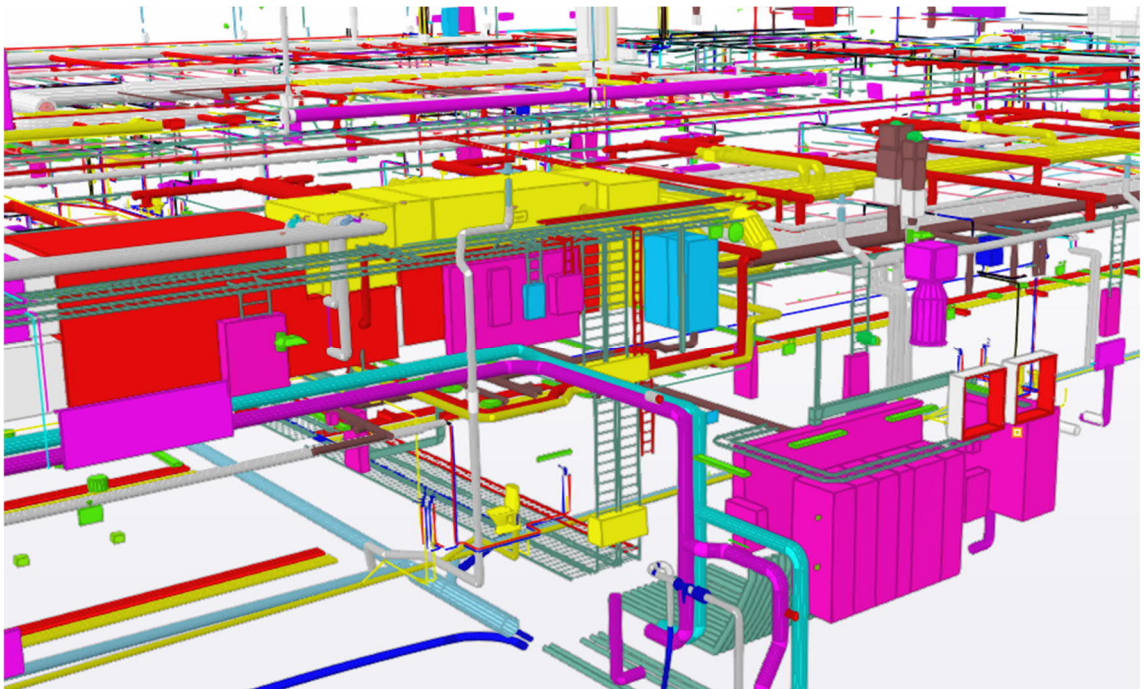
Insinööri työnsä käsitellään tietomallimaista suunnittelua laajasti myös yleisellä tasolla perustuen yleisiin mallinnusohjeistuksiin, mutta pääosin keskitytään Suomen talokeskuk- sen sähkösuunnittelussa käyttämiin toimintatapoihin ja ohjelmistoihin. Työn tavoitteena on löytää huomioitavia ja tehokkuutta parantavia asioita, sekä korostaa ohjeistuksiin ja lähtötietoihin tutustumisen tärkeyttä mallinnustöiden sujuvan ja tehokkaan etenemisen varmistamiseksi.

Työn osaksi laaditaan myös yksinkertaisia ohjeistuksia törmäystarkastelujen suorittamiseksi. Ohjeiden tavoitteena on auttaa uusia suunnittelijoita pääsemään paremmin alkuun ja löytämään tarvittavia ominaisuuksia ohjelmistoista. Ohjelmistoissa on myös tapahtunut viimeisten vuosien aikana merkittäviä muutoksia, jotka huomioidaan tässä työssä.

2 Tietomallinnus

2.1 Rakennusten tietomallintaminen

Rakennuksen tietomalli (BIM) on digitaalisessa muodossa oleva kokonaisuus rakennuksen tiedoista koko elinkaaren ajalta. Tietomalli sisältää kolmiulotteisen tiedon rakennuksen muodosta ja lisäksi lisätietoja eri osien ominaisuuksista. Kuvassa 1 on esimerkki rakennuksen taloteknisten järjestelmien kolmiulotteisesta mallista. [1.]



Kuva 1. Taloteknisten järjestelmien tarkastelua tietomallista Trimble Connect -ohjelmistolla.

Päätavoitteina rakennuksen tietomallinnuksella on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari prosessin tukeminen. Tietomallit tukevat investointipäätöksiä mahdollistamalla ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannusten perinteistä suunnittelua tarkemman vertailun. Tietomallien avulla voidaan tehdä energia-, ympäristö ja elinkaarianalyseja ja vertailla niillä eri ratkaisuja. [2, s. 5.]

Mallinnuksen tavoitteina yleisesti ovat esimerkiksi hankkeen päätöksentekoprosessien tukeminen, osapuolten sitouttaminen tavoitteisiin, suunnitteluratkaisujen

havainnollistaminen, suunnitelmien yhteensovituksen helpottaminen, laadun parantaminen, rakentamisen tehostaminen, turvallisuuden parantaminen, hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysien tukeminen ja hankkeen käytönaikaiseen tiedonhallintaan liittyvät mahdollisuudet. [2, s. 5.]

2.2 Yleiset mallitekniset vaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) on julkaisusarja, joka on COBIM-kehittämishankkeen tulos. Kehittämishanke toteutettiin vastaamaan rakennusalalla kasvaneeseen tarpeeseen selkeille tietomallivaatimuksille. Lähtökohtana kehittämishankkeelle olivat tilaajaorganisaatioiden aiemmat ohjeet ja kokemus tietomallipohjaisesta toiminnasta. [2, s. 2.]

Tietomallimaaisessa hankkeessa tietomallikoordinaattorilla on tärkeä rooli, joten jokaiseen tietomallihankkeeseen tulee nimetä tietomallikoordinaattori. Tietomallikoordinaattorina voi toimia myös pääsuunnittelija. Tietomallikoordinaattorin vastuulla on yhdistelmämallien kasaaminen ja virheiden raportointi suunnittelijoille. Pääsuunnittelija puolestaan vastaa eri suunnittelualojen mallien päivittämisestä, suunnitelmien yhteensovittamisesta ja muutosten valvonnasta. [2, s. 10.]

Mallinnusohjelmien on oltava vähintään IFC 2x3 -sertifioituja julkisissa hankkiessa ja hankekohtaisesti voidaan asettaa erityisvaatimuksia IFC version tai erityisominaisuuksien suhteen. Tarjouksissaan suunnittelijoiden on esitettävä käyttämänsä mallinnusohjelma sekä ohjelman versio ja ohjelman tukema IFC-versio. [2, s. 6.]

Mallien työnaikainen jakelutapa sovitaan projektikohtaisesti. Mallinnustyön aikana kaikki mallit jaetaan tarvittavassa laajuudessa sekä IFC-muodossa, että natiivimallina, joka tarkoittaa ohjelmiston omaa tiedostomuotoa. Projektin päättyessä tilaajalle luovutetaan kaikki sähköiset asiakirjat ja mallit, joita tilaajalla on oikeus käyttää samoin ehdoin kuin perinteisiä dokumentteja. [2, s. 6.]

Käyttötarkoituksen ja sisällön mukaan tietomalli jaetaan erilaisiin malleihin, joita ovat esimerkiksi vaatimusmalli, tilavarausmalli, järjestelmämalli ja toteumamalli.

2.2.1 Vaatimusmalli

Hankkeen tavoitearvot dokumentoidaan vaatimusmalliin ja tavoitteiden täytyminen tarkistetaan suunnitteluvaiheen lopuksi vertaamalla vaatimuksia lopputulokseen. Tyypillisesti sähkötekniisiä vaatimuksia on asetettu valaistustasolle, valaistuksen ohjaukselle, varustelutasolle, suojausluokalle ja varmennustasolle. [3.]

TATE-vaatimusmallista on kaksi erilaista tasoa, joista ensimmäinen taso dokumenttipohjainen TATE-vaatimusmalli on vaatimusmallin vähimmäisvaatimuksen mukaisesti yksinkertaisimmillaan taulukkomuodossa oleva asiakirja, johon on kirjattu tilatyypit ja vaatimukset eri tilatyypeille. Toinen taso on tietomallipohjainen TATE-vaatimusmalli, jossa tilakohtaiset vaatimukset liitetään IFC-tilaobjektiin ja vaatimusmalli julkaistaan erillisenä IFC-mallina, joka sisältää tilaobjektit sekä niihin liittyvät palvelualueet. [3.]

2.2.2 Tilavarausmalli

Sähkön tilavaraustarpeesta sovitaan ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa arvioidaan ja varataan riittävät tilat sekä sopivat sijoitusalueet sähkökeskuksille ja tietoteknisten järjestelmien laitteille. Tekniset tilat mallinnetaan tilanvarausmalliin tilaobjekteina arkkitehdin toimesta. [3.]

Sähkösuunnittelija mallintaa yleissuunnitteluvaiheessa vaakasuuntaiset tilatarpeet sähkön pääjakelureiteille. Mallinnus esittää vain reitit ja tilavarauksen, eikä tietosisällölle aseteta vaatimuksia. [3.]

2.2.3 Järjestelmämalli

Järjestelmämallit mallinnetaan toteutussuunnitteluvaiheessa. Yleisissä tietomallivaatimuksissa vaaditaan tilaa vievien osien 3D-geometrian mallintaminen. Mallinnuksessa käytetään laitteistovalmistajien toimittamia 3D-objekteja mahdollisuuksien mukaan. Mikäli laitteista ei ole saatavilla valmiita 3D-objekteja, voidaan ne vaatimusten mukaan korvata laitteiden oikeita mittoja vastaavilla yksinkertaisilla 3D-objekteilla. [3.]

Sähköjärjestelmämalliin mallinnetaan sähkönjakelu sisältäen muuntajat, kytkinlaitokset, pääkeskukset, virtakiskot ja muut vastaavat laitteet. Näiden lisäksi mallinnetaan muut

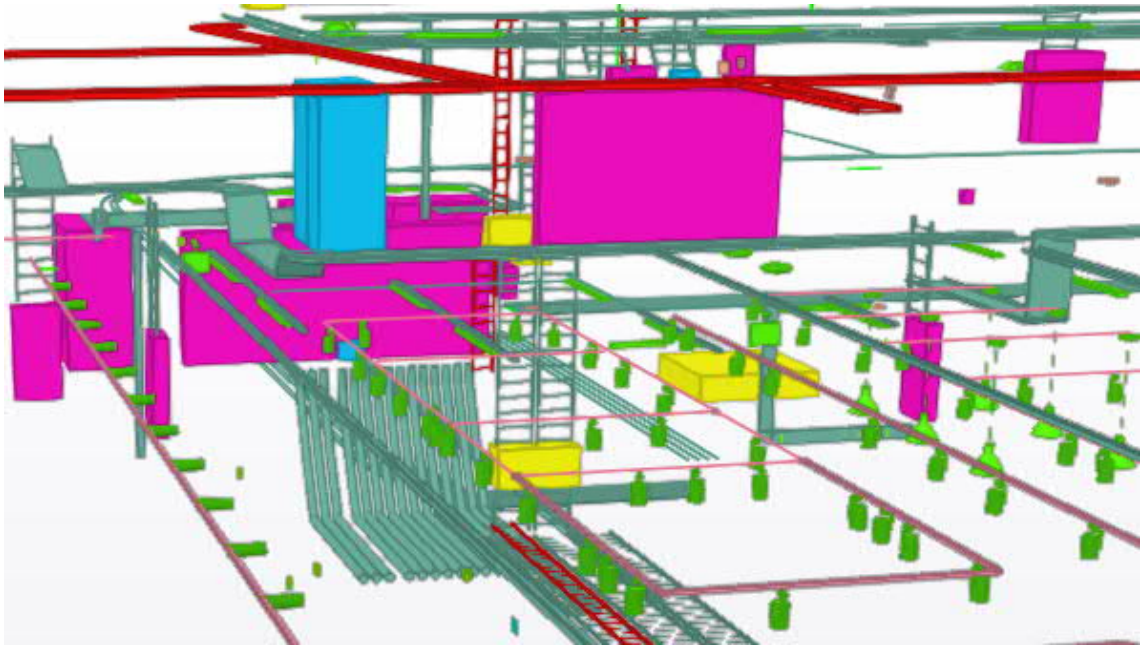
keskukset, ristikytkentäkaapit, johtotiet ja valaisimet. Sähköjärjestelmämalliin voidaan mallintaa myös automaatiojärjestelmän oleellisia komponentteja, jollaisia ovat esimerkiksi valvomoalakeskukset. [3.]

Asennuskalusteiden ja muiden vähän tilaa vievien komponenttien mallintamista ei vaadita muutoin kuin erikseen sovituissa mallihuoneissa. Asennuskaapelointien ja -putkitusten 3D-mallintamista ei vaadita. Törmäystarkasteluissa ei huomioida asennuskalusteita. Mikäli asennuskalusteiden tai putkitusten ja kaapelointien mallinnus koko rakennuksen alueella on tarpeen esimerkiksi elementtipiirustuksia varten, tästä on erikseen sovittava projektikohtaisesti. [3.]

Turva- ja valvontajärjestelmät mallinnetaan omaan malliinsa ja pidetään erillisinä IFC-tiedostoina, mikäli ne on päätetty mallintaa. Tilaaja päättää näitä järjestelmiä koskevien tietojen suojaamisesta ja julkaisemisesta. Hankekohtaisessa turvallisuusliitteessä selvennetään turvallisuusluokiteltujen tietomallien käsittelyä. [3.]

2.2.4 Toteumamalli

Toteumamalli päivitetään järjestelmämallista todellista rakennettua mallia vastaavaksi. Tietosisältövaatimukset toteumamallille ovat järjestelmämallia vastaavat. Toteumamallin tekeminen on kirjattava erikseen tarjouspyyntöön. Tuotetiedot päivitetään tähän malliin niiden komponenttien osalta, joihin tuotetiedot ovat saatavilla. Kuvassa 2 on havainnollistettu esimerkki sähköjärjestelmien toteumamallista käyttöönotetussa rakennuksessa. [3.]



Kuva 2. Kuva sähköjärjestelmien toteumamallista Trimble Connectilla tarkasteltuna.

Tuotetiedot päivitetään suunnitteluohjelmiston tietokantojen mukaisesti ja jos todellista tuotetietoa ei löydy tietokannasta, käytetään sen tilalla lähintä vastaavaa tuotetta. Sähköjärjestelmissä tuotetietojen päivitys koskee pääosin valaisimia. [3.]

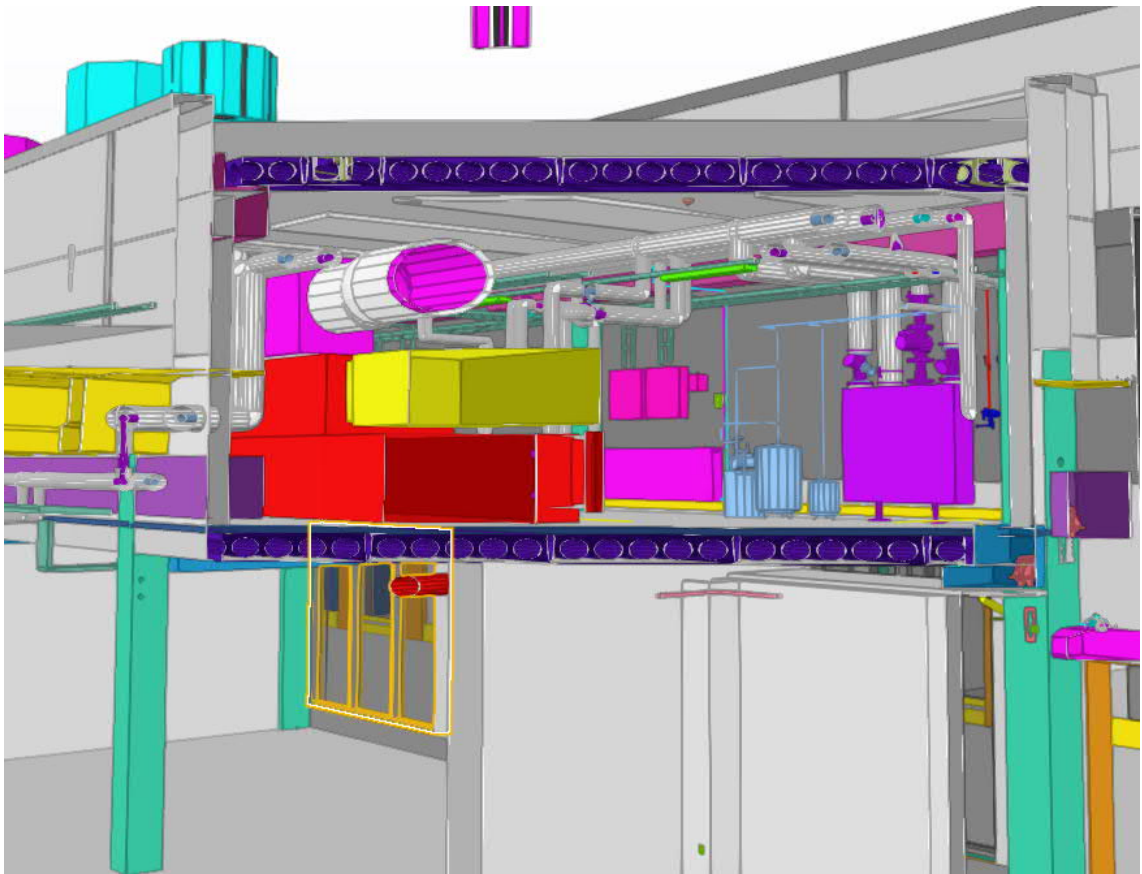
Toteumamallista voidaan tehdä tietomallivaatimuksia tarkempi mallinnus siitä erikseen sovittaessa suunnittelusopimuksissa [3].

2.2.5 Mallien yhdistäminen

Yhdistelmämalli kootaan yhteensovitusta varten arkkitehdin, rakennesuunnittelijan, sähkösuunnittelijan ja LVI-suunnittelijan tietomalleista. Jokaisen suunnittelijan vastuulla on huolehtia oman tietomallinsa tarkkuudesta ja sen tarkastuksesta. Tyypillisesti sähkösuunnittelija ja LVI-suunnittelija ristiin tarkastavat tietomallinsa ensin keskenään ja tämän jälkeen suoritetaan ristiin tarkastukset arkkitehdin sekä rakennesuunnittelijan tietomallien kanssa. [3.]

Yksittäisen suunnittelualan tietomalli ei ole yksistään kovin hyödyllinen tai havainnollistava. Eri suunnittelualojen mallien yhdistäminen yhdistelmämalliksi tarjoaa

mahdollisuuden monipuoliseen tietomallien hyödyntämiseen. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki yhdistelmämallista.



Kuva 3. Yhdistelmämallin tarkastelua Trimble Connectilla. Yhdistelmämallissa on yhdistettynä arkkitehdin sekä rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelijan tietomallit.

Yhdistelmämalli voidaan luoda yhdistämällä eri suunnittelijoiden tietomallit esimerkiksi Trimble Connect -ohjelmistolla. Yhdistelmämallin luominen ja törmäystarkastuksen tulosten raportointi on tietomallihankkeissa yleensä tietomallikoordinaattorin vastuulla. Työnjaosta ja toimintatavoista sovitaan yhteisesti hankkeen alussa.

Tietomallihankkeessa noudatetaan YTV2012 osan 4 mukaista ohjeistusta geometrian tarkkuustasoon, jos ei ole erikseen muuta sovittu. Tarkkuustason on oltava sellainen, että asennukset ovat toteutettavissa suunnitelman mukaisesti. Yhdistelmämallissa sallitaan objektien pieniä viistämisiä, vaikka tavoitteena on malli, jossa ei olisi lainkaan törmäyksiä. Jokaista talotekniikan hipaisua ei ole tarkoituksenmukaista korjata, kunhan

asennukset ovat todellisuudessa asennettavissa ongelmitta. YTV2012 osan 4 liitteessä 1 on esitetty geometrian tarkkuustavoitteet komponenttikohtaisesti. [3.]

Suunnitelmien tarkastusten helpottamiseksi yhdistelmämallista voidaan sammuttaa muiden suunnittelijoiden tietomalleja, joka on tarpeen esimerkiksi törmäystarkastelua tehtäessä. Lävistystarpeita selvitettyä on helpointa tarkastella sähkötietomallia rakennesuunnittelijan tietomallin kanssa muut tietomallit sammutettuna.

2.3 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18

Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon tarkoitus on määrittellä taloteknisten suunnittelutehtävien sisältö ja laajuus. Luettelo on apuväline suunnittelutehtävien suorittajien valintaan hankekohtaisesti hyvin monenlaisissa hankkeissa kaikkien hankintamuotojen ja palkkiomuotojen kanssa. Suunnittelusopimukseen liitettävää tehtäväluetteloa käytetään suunnittelukokonaisuuden hallinnassa, suunnittelijan tehtävälaajuuden määrittelyssä ja laadunvarmistuksen apuna. [4.]

Suunnittelutehtävät on erikseen määritelty rakennushankkeen eri vaiheissa. Näitä rakennushankkeen vaiheita ovat:

- tarveselvitys
- hankesuunnittelu
- suunnittelun valmistelu
- ehdotussuunnittelu
- yleissuunnittelu
- rakennuslupatehtävät
- toteutussuunnittelu
- rakentamisen valmistelu
- rakentaminen
- käyttöönotto
- takuu aika.

Tehtäväluettelossa määritellään talotekniikan suunnittelun eli sähkö-, LVI- ja automaatio-suunnittelutehtävien sisältö. Luettelossa on lueteltuna talotekniikan suunnittelutehtävät ja vaadittavat tulokset sekä lisäksi erikseen tilattavat tehtävät, joita voidaan valita

raksimalla tarvittavat tehtävät. Suunnittelusopimuksessa viitataan talotekniseen tehtäväluetteloon TATE18 ja sopimuksessa voidaan rajata luettelon kohdat, joita ei haluta sisällyttää toimeksiantoon. [4.]

2.4 Hanketietokortti HT18

Hanketietokortissa on helppo määritellä hankkeen lähtötiedot ja edellytettävä laatutaso valitsemalla sopivat vaihtoehdot laittamalla rasti ruutuun. Hanketietokortissa määritellään tavoitteet koskien mm.:

- laajuutta
- laatua
- kustannuksia
- käyttöikää
- muunneltavuutta ja laajennettavuutta
- arkkitehtuuria
- energiankulutusta ja ympäristövaikutuksia
- turvallisuutta
- ylläpitoa.

Hanketietokortti helpotta työmäärän arvioimista laadittaessa tarjouta suunnittelusta ja antaa yhtäläiset lähtötiedot kaikille suunnittelua tarjoaville osapuolille. Tämä osaltaan varmistaa sitä, että suunnittelutarjoukset olisivat keskenään vertailukelpoiset.

Julkisissa hankkeissa on tärkeää, että tarjouspyyntö asettaa kaikki tarjouksen tekijät tasapuoliseen asemaan hankintalain mukaisesti. Hanketietokortti auttaa suunnittelun tarjouspyynnön tekemisessä vaatimusten mukaisesti. [5.]

2.5 Suunnittelutyö ja urakkamuodot

Tehokkaan suunnittelutyön lähtökohtana on, että suunnittelija tuntee käyttämänsä ohjelmistot, yleiset käytössä olevat tietomallivaatimukset, projektikohtaisesti sovitut vaatimukset ja projektin tavoitteet. Merkittävimpiä asioita tehokkaassa tietomallintamisessa on

suunnitteluohjelmiston käyttötaito. Päivitysten mukana tulevat uudet ominaisuudet voivat parantaa suunnittelun tehokkuutta, joten myös uudet ominaisuudet on syytä opetella.

Teknisen osaamisen lisäksi tulisi tuntea hyvin rakentamishankkeen prosessi, jotta työt etenevät oikeassa järjestyksessä ja oikeaan aikaan. On myös hyvä tuntea urakointipuolen toimintatapoja, jotta osaa ajatella millaiset asiat tietomallissa on urakoitsijalle hyödyllisiä ja millainen tarkkuustaso on tarpeen, jotta tietomalli olisi tarkoituksenmukainen apuväline rakentamiselle.

Suunnittelijan on tarpeen tuntea YTV2012-ohjeistus riittävän perusteellisesti, jotta osaa keskittyä oikeisiin asioihin tietomallia tehdessään. Ohjeessa esitetään muun muassa vaadittava tietosisältö ja geometrinen tarkkuustaso. YTV2012-ohjeistuksen neljäs osa käsittelee tietomallivaatimuksia talotekniikan osalta ja se on erityisen tärkeä sähkösuunnittelijan tuntea.

Riittävän yksityiskohtainen suunnittelu-aikataulu auttaa hallitsemaan ajankäyttöä ja auttaa tekemään oikeat suunnittelutehtävät oikeaan aikaan. Suunnitteluvaiheita ja tietomallia koskevat aikataulumääräykset tulee sisällyttää hankekohtaiseen suunnittelu-aikatauluun. Suunnittelualojen porrastaminen auttaa ennaltaehkäisemään törmäysten syntymistä tietomallissa. Tietomallimaista suunnittelua tehdään tiiviisti yhteistyössä useamman osapuolen kesken, joten aikataulussa pysyminen on tärkeää kaikille hankkeen osapuolille. Jos yhdenkin osapuolen suunnittelu viivästyy, aiheuttaa se todennäköisesti viivästyksiä seuraaviin työvaiheisiin ja mahdollisesti koko hankkeelle. Aikataulusuunnittelussa on syytä huomioida myös muut samanaikaisesti työnalla olevat suunnitteluprojektit ja lomat, jotta voidaan varmistaa resurssien riittävyys.

Urakkamuoto päätetään hankesuunnitteluvaiheessa hankkeen alussa. Yleinen perinteinen urakkamuoto on kokonaisurakka, jossa kohde suunnitellaan ensin lähes valmiiksi ja sen jälkeen kilpailutetaan sekä valitaan urakoitsija, joka toteuttaa hankkeen suunnitelman mukaan ja tietomalliin täydennetään rakentamisen aikana tehdyt muutokset.

Muita yleisiä urakkamuotoja ovat KVR-urakka, projektinjohtourakka, allianssi ja elinkaarihanke.

KVR-lyhenteellä tarkoitetaan kokonaisvastuurakentamista. KVR-urakassa rakennusliike sekä kohteen suunnittelusta että toteutuksesta. Tässä urakkamuodossa rakennusliike valitaan heti hankkeen alkuvaiheessa ja valittu KVR-urakoitsija johtaa suunnittelua hankkeen alusta alkaen.

Projektinjohtourakassa suunnittelu ja toteutus etenevät samanaikaisesti. Urakoitsijan tehtävänä on hoitaa sekä rakennuttajan että pääurakoitsijan tehtäviä.

Allianssihankeessa tilaaja valitsee heti hankkeen alkuvaiheessa suunnittelijan ja urakoitsijan, jotka hoitavat hankkeen suunnittelun ja toteutuksen yhteistyössä.

Elinkaarihankeessa tilaaja valitsee urakoitsijan, jonka vastuulle kuuluvat suunnittelu, toteutus sekä rakennuskohteen ylläpito-, kunnossapito- ja käyttötehtävät. Lisäksi urakoitsijan vastuulle voi kuulua myös omistus- ja rahoitusjärjestelyt.

Urakkamuoto vaikuttaa merkittävästi suunnitteluprosessin ja tietomallintamisen kulkuun. Työvaiheiden laajuus ja ajoitus määräytyvät urakkamuodon mukaisesti. Tässä työssä keskitytään pääosin käsittelemään tietomallintamista kokonaisurakan näkökulmasta.

Suunnittelutyön alkaessa on tärkeää, että hankkeen osapuolet tekevät tiiviisti yhteistyötä, jotta projektissa vältetään ristiriitoja ja törmäyksiä alusta alkaen. Erityisesti moneen kertaan toistuvien tilojen osalta on syytä sopia pääperiaatteet asennusjärjestyksen ja -sijoituksen osalta. Tämä toteutetaan käytännössä niin, että talotekniset suunnittelijat arvioivat tarvittavat tilavaraukset ja sopivat yhdessä arkkitehdin kanssa tilavarausten järjestelyistä. Talotekniset suunnittelijat sopivat muun muassa kummalla puolella koteloa tai käytävää kulkevat putket ja kaapelit sekä väistämisyjärjestyksen risteyksissä ja ahtaissa kohdissa. Mahdollisten ongelmakohtien löytämiseksi ja ratkaisemiseksi aktiivinen tiedonvaihto suunnittelijoiden kesken on tärkeää. Tiiviillä yhteistyöllä ja tiedonvaihdolla voidaan välttää huomattavasti törmäyksistä ja muutoksista aiheutuvaa turhaa työtä.

2.6 Ohjelmistot

Käytettäville tietomallinnusohjelmistoille on asetettu vaatimuksia yleisissä tietomallivaatimuksissa YTV2012. Vähimmäisvaatimuksena on, että ohjelmisto on IFC 2x3 -sertifioitu.

Erityisvaatimuksia ohjelmistoille voidaan määritellä hankekohtaisesti. Näitä erityisvaatimuksia voi olla esimerkiksi käytettävä IFC-versio. Projektin alussa sovitaan osapuolien kesken projektissa käytettävät ohjelmistot ja niiden versiot. [2.]



Kuva 4. Kohdeorganisaatiossa pääsääntöisesti mallintamiseen ja tietomallin tarkasteluun käytettävien ohjelmistojen kuvakkeet.

Tässä työssä keskitytään käsittelemään kohdeorganisaation sähkösuunnittelussa pääsääntöisesti käytettäviä ohjelmistoja, joita ovat MagiCAD Electrical for AutoCAD, Solibri ja Trimble Connect. Kuvassa 4 on esitetty näiden ohjelmistojen kuvakkeet.

MagiCAD Electrical for AutoCAD

MagiCAD Electrical for AutoCAD on sähkö-, tele- ja datajärjestelmien suunnitteluun, piirtoon ja laskentaan tarkoitettu ohjelmisto, joka toimii suomalaisten sähköalan standardien ja suositusten mukaisesti. Ohjelmistossa on sisäänrakennetut toiminnot sähkölaskentojen suorittamiseen ja piirustusten tarkastamiseen sekä mallin, tasokuvien ja kaavioiden väliseen synkronointiin. MagiCAD Electrical for AutoCAD tarjoaa sähkösuunnittelijan käyttöön laajan BIM-objektitietokannan, joka sisältää yli miljoona LVIS-tuotetta laitevalmistajien tarkastamana. [6.]

Sähkösuunnitelmat toteutetaan 2D-muotoisesti käyttäen 3D-objekteja ja muunnetaan IFC-tiedostomuotoiseksi tietomalliksi. Tällaisessa suunnittelussa on jatkuvasti huomioitava sekä 2D-symbolien että 3D-objektien oikeat sijainnit, jotka saattavat poiketa toisistaan.

Solibri

Solibrin tuoteperhe tarjoaa työkaluja tietomallin katseluun, laadunvarmistukseen, vaatimustenmukaisuuden tarkistamiseen, suunnitteluprosessin koordinointiin ja suunnittelun analysointiin. Solibrin tuotteen valintaikkuna on esitetty kuvassa 5. [7.]



Kuva 5. Kohdeorganisaatiossa käytössä olevat Solibri-tuoteperheen ohjelmistot.

Solibri Anywhere on ilmainen ohjelma ja suunnattu rakennusprojekteissa pääosin rakentajien käyttöön. Ohjelma mahdollistaa tietojen tarkistamisen tietomallista sisältäen ominaisuudet mallien katseluun, useamman IFC-tiedoston yhdistämiseen, mittaamiseen ja merkintöjen käyttöön sekä raporttien luontiin, kommentointiin ja jakamiseen. [7.]

Solibri Site on työnjohtajille ja työmaan vastuuhenkilöille suunnattu maksullinen ohjelma sisältäen Solibri Anywheren ominaisuuksien lisäksi ominaisuudet luokittelujen luomiseksi ja määrälaskentaan. [7.]

Solibri Office on suunnittelijoille ja tietomallikoordinaattoreille suunnattu maksullinen ohjelma sisältäen Solibri Siten ominaisuuksien lisäksi ominaisuudet mallien tarkastukseen ja tarkastussääntöjen muokkaamiseen. [7.]

Trimble Connect

Trimble Connect on pilvipohjainen rakennushankkeille suunnattu yhteistyöalusta tietomallien tarkasteluun ja tiedonjakamiseen. Ohjelmisto toimii useilla eri laitealustoilla eli siitä on saataville tietokonesovellus-, mobiili-, selain- ja mixed reality-versiot, jotka kaikki ovat käytettävissä samoilla tunnuksilla. Ohjelma on saatavana 17 kielellä sisältäen suomen ja ruotsin kielen. Ilmaisversiossa ominaisuuksia on rajoitettu esimerkiksi jaettavan pilvipalvelun datan määrän ja projektiin kutsuttavien käyttäjien lukumäärän osalta. [8.]

Trimble Connectin edeltäjä on Tekla BIMsight, joka on ollut rakennusalalla hyvin suosittu. Tekla BIMsightin kehitys on lopetettu ja pääpaino siirretty Trimble Connectin kehittämiseen. [9.]

Trimble Connectin projektiympäristö on pääsääntöisesti pilvipohjainen, mutta projektia luotaessa voidaan valita, julkaistaanko sitä pilveen. Pilvipalveluita käytettäessä esiin nousee myös tietoturvaan liittyvät kysymykset. [9.]

Trimble Connect -ohjelman käyttö edellyttää ohjelman verkkosivuilla luotuja käyttäjätunnuksia, joille voidaan myös osoittaa tarpeen mukaiset lisenssit ohjelmaan. Ohjelmassa projektiin osallistuvat henkilöt kutsutaan sähköpostikutsulla ja liittymisen jälkeen henkilöt voidaan ryhmitellä omiin käyttäjäryhmiinsä. Hankkeelle voidaan luoda tiedon jakamiseen tarpeenmukainen kansiorakenne. Kansioden näkyvyyttä ja käyttöoikeuksia voidaan rajata tarpeen mukaisesti, jotta voidaan varmistua oikean tiedon päätymisestä oikealle henkilölle. Projektissa jaettavat tiedostot voidaan tarvittaessa osoittaa vain tietyille henkilölle tai henkilöryhmälle. [9.]

Trimble Connect toimii käytännössä samaan tapaan kuin rakennushankkeissa käytettävät projektipankit sisältäen tietomallien tarkastelunominaisuudet ja viestintätyökalut. Ohjelmaan saatavilla liitännäisillä voidaan esimerkiksi ajastaa automaattinen synkronointi, että paikalliset käyttäjän laitteella olevat tiedostot pysyvät ajan tasalla. Liitännäisillä voi myös värittää tietomallin osia esimerkiksi asennusjärjestyksen mukaisesti. [9.]

Ohjelman projektiin voidaan viedä jaettavaksi monenlaisia tiedostomuotoja riippumatta siitä, voiko Trimble Connectilla tarkastella niitä. 3D-katseluohjelma tulee kattavasti eri tiedostomuotoja. IFC-tiedostojen lisäksi ohjelmalla voidaan tarkastella esimerkiksi Revit-

ja SketchUp -mallinnusohjelmien alkuperäistiedostoja sekä DWG-tiedostoja ja pistepilviä. [9.]

Kohdeorganisaatiossa Trimble Connectia käytetään pääosin vain tietomallien silmämääräiseen tarkasteluun, jolloin pilvipalvelulle ei ole tarvetta.

2.7 Tietomallin hyödyntäminen

Tietomalleja hyödynnetään suunnittelusta alkaen koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tietomallista saatavia hyötyjä ovat esimerkiksi yleisissä tietomallivaatimuksissa YTV 2012 esitetyt tavoitteet. Näitä tavoitteita ovat mm. päätöksenteon prosessien tukeminen, osapuolten sitouttaminen hankkeen tavoitteisiin mallin avulla, havainnollistaminen, suunnitteluratkaisujen yhteensovittamisessa auttaminen, laadun varmistus ja laadun nostaminen sekä lopputuotteen että rakennusprosessin osalta, turvallisuuden parantaminen, kustannus- ja elinkaarianalyysien tukeminen ja käytönaikaisen tiedonhallinnan tietojen siirron helpottaminen. [2, s. 5.]

Tietomallin hyödynnettävyyteen vaikuttaa merkittävästi tietomallin laajuus ja laatu. Laaja ja laadukas malli mahdollistaa yleisissä tietomallivaatimuksissa YTV 2012 esitettyjen tavoitteiden täyttymisen, kun puolestaan suppea malli ei välttämättä tarjoa perinteisiä 2D-piirustuksia enempää hyödynnettävää tietoa.

Tietomallien merkittävin hyödyntämistapa monissa eri käyttötilanteissa on havainnollistaminen, joka voidaan jakaa valokuvamaiseen visuaaliseen ja tekniseen havainnollistamiseen. [10.]

Esittävä valokuvamainen visualisointi kuvaa suunnittelijan näkemystä hankkeesta ja sen suunnitteluratkaisuista. Usein tällaiset kuvat näyttävät lähes valokuvilta ja ovat hyvin korkealaatuisia. Tällaisia kuvia käytetään lähinnä vain markkinointiin. [10.]

Tekninen havainnollistaminen tietomallista otetuista kuvista on tehokas tapa tuoda esille suunnitteluratkaisut tai ongelmat, ja havainnollistavista kuvista saa helposti selkeän käsityksen asiasta.

Tietomallista tehtävä määrälaskenta nopeuttaa merkittävästi laskentaa ja vähentää turhaa työtä. Määrälaskenta voi antaa myös tarkemman laskentatuloksen. Edellytyksenä on riittävän virheetön ja tarkka tietomalli, jotta tietomallia kannattaa ylipäättään hyödyntää laskennassa. Tietomallista laskeminen edellyttää kuitenkin perinteistä tapaa enemmän ammattitaitoa ja perehtymistä tietomalliin. [11.]

Määrälaskennan lisäksi tietomallista saadaan tarjouslaskentaan myös muuta hyödyllistä tietoa. Tarjouslaskennan avuksi tietomallista saadaan hyödyllisiä tietoja, joita ovat mm. kohteen muodon näkeminen, ulkomuodon erityispiirteiden havaitseminen, rakenneratkaisujen selviäminen, mahdollinen riskien havaitseminen rakennuksen muodossa ja sijainnissa tai muissa ratkaisuihin sekä kaikki tieto nähtävissä yhdessä kuvassa ja helppompi arvioida muiden suunnittelualojen vaikutusta toteutukseen.

3 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien mallintaminen

3.1 Tietomallintamisen aloitus

Yleisten tietomallivaatimusten YTV2012 täydentävässä liitteessä on julkaistu ohje suunnitteluhankkeen eri osapuolille helpottamaan keskenään yhteensopivien mallien tuottamista. [12.]

Täydentävässä liitteessä on yhteiset ohjeet origon asettamiselle ja esitetty rakennemallin valmiusasteen vaatimus ennen talotekniikan mallinnuksen aloitusta. Ohjeen noudattamisella varmistetaan suunnitelmien yhteensopivuus rakennushakkeen alusta alkaen ja vältetään yhteensovitusongelmien aiheuttamaa turhaa työtä. [12.]

Suunnittelun alussa varmistetaan, että kaikki suunnittelijat työskentelevät samassa cad-avaruudessa. Arkkitehti vastaa siitä, että rakennus on oikeassa kulmassa ja WCS-origo sijoitettuna sovittuun paikkaan.

Yleensä tietomallintaminen aloitetaan tietomallin aloituskokouksella. Kaikki hankkeeseen kuuluvat osapuolet osallistuvat kokoukseen. Näitä osapuolia ovat mm. tilaaja,

tietomallikoordinaattori, rakennuttaja, arkkitehti, rakennesuunnittelija, LVI-suunnittelija, automaatio-suunnittelija ja sähkösuunnittelija. Aloituspalaverissa sovitaan YTV2012-ohjeiden mukaisesti käytettävästä koordinaatistosta, korkomaailmasta, käytettävistä ohjelmista sekä tietomallin päivittämisestä, tietomallin jakeluperiaatteista ja tietomallin yhteensovituksesta.

Suunnittelun aikana tietomalli päivitetään ja jaetaan eri osapuolten kesken alussa sovitulla jakeluperiaatteella. Jokainen suunnitteluosapuoli toimittaa vähintään IFC-mallin ja samassa yhteydessä toimittaa myös tietomalliselostuksen. YTV2012 sisältää esimerkin tietomalliselostuksen sisältövaatimuksista.

Ennen varsinaisen mallintamisen aloitusta pääperiaatteet sovitaan 2D-pohjakuvien ja -leikkausten avulla. Sähköreittien suunnittelu aloitetaan sovitun asennusjärjestyksen mukaisesti. Suunnitteluratkaisujen periaatteellinen toiminta ja yhteensopivuus on syytä varmistaa jo ennen mallintamisen aloitusta, jolloin luodaan hyvät edellytykset tehokkaalle mallintamiselle, jolloin voidaan säästää resursseja, kun vältetään muutoksia mallintamisen aikana.

3.2 Hankesuunnittelu

Rakennushankkeelle asetetaan tavoitteet hankesuunnittelussa. Nämä tavoitteet koskevat mm. hankkeen laajuutta, kustannuksia, laatua, toimivuutta, aikataulua ja ylläpitoa. Keskeinen osa hankesuunnittelua on erilaisten hanketta koskevien selvitysten tekeminen ja alustava toteutusmuodon määrittely. Tilaajan ja käyttäjän tavoitteet ovat lähtötietoina hankesuunnittelulle. [4.]

Sähkösuunnittelun tietomallia ei yleensä aloiteta vielä hankesuunnitteluvaiheessa, tai jos aloitetaan, se on erittäin suppea tässä vaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa voidaan tehdä tietomalli esimerkiksi mallihuoneesta tai jonkin tietyn asennustavan toimivuuden varmistamiseksi. Jos hankesuunnitteluvaiheessa aloitetaan tietomallin tekeminen, on se tyypillisesti kuitenkin niin suppea, että siitä on hankala arvioida kohteen kustannuksia tai laajuutta.

3.3 Ehdotussuunnittelu

Vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja selvitetään ehdotussuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa on tarkoitus etsiä useita vaihtoehtoisia toteutustapoja ja vertailla niitä. [4.]

Ehdotussuunnitteluvaiheessa mallintamisessa keskitytään lähinnä teknisten tilojen tilavarausten ja alustavien mallitilojen mallintamiseen. Toistuvien tilaratkaisujen osalta voidaan tehdä useita erilaisia mallinnuksia ratkaisuvaihtoehdoista, jotta niitä olisi helpompi vertailla. [4.]

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tietomallintamista suuremmassa roolissa on kuitenkin perinteiset 2D-tasopiirustukset ja -leikkaukset. Tässä vaiheessa myös tietomallia voidaan hyödyntää aiempaa enemmän. Toistuvien tilaratkaisujen osalta voidaan mallintaa useita erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja niiden vertailemiseksi.

Tiivis yhteydenpito ja yhteistyö eri suunnittelualojen välillä on tärkeää ehdotussuunnitteluvaiheessa muun muassa tilavarausten yhteensovittamiseksi. Aloituspalaverissa on usein sovittu hankkeessa käytettävät yhteydenpitotavat.

3.4 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään toteutuskelpoisia yleissuunnitelmia ehdotussuunnitelmien pohjalta. Tässä vaiheessa suoritetaan suunnitelmien yhteensovittaminen ja rishtiin tarkastus. Sähkösuunnittelija suunnittelee tasopiirustuksiin pääjohtoreitit ja keskusten tilavaraukset. Lisäksi sähkösuunnittelija suunnittelee järjestelmäkuvaukset ja alustavat järjestelmäkaaviot. [4.]

Yhteensovittamisessa hyödynnetään tietomallia ja sen avulla varmistetaan, että pääjohtoreitit sekä keskusten sijoittelu ovat toteutuskelpoiset. Mallitilojen osalta suunnittelua ja yhteensovittamista voidaan viedä paljon pidemmälle jo tässä vaiheessa. Yleissuunnittelun lopputuloksena syntyy tilaajan hyväksymät yleissuunnitelmat, jotka toimivat toteutussuunnittelun lähtökohtana. [4.]

3.5 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitellaan rakentamista ja hankintoja palvelevia suunnitelmia. Tässä vaiheessa tietomallissa käytetään tarkkoja mittoja ja esitetään tuotemäärittelyt. Toteutussuunnittelun lopputuloksena syntyy asennuskelpoiset suunnitelmat. Toteutussuunnitteluvaiheessa täydennetään myös työturvallisuusasiakirja ja urakkarajaliite. [4.]

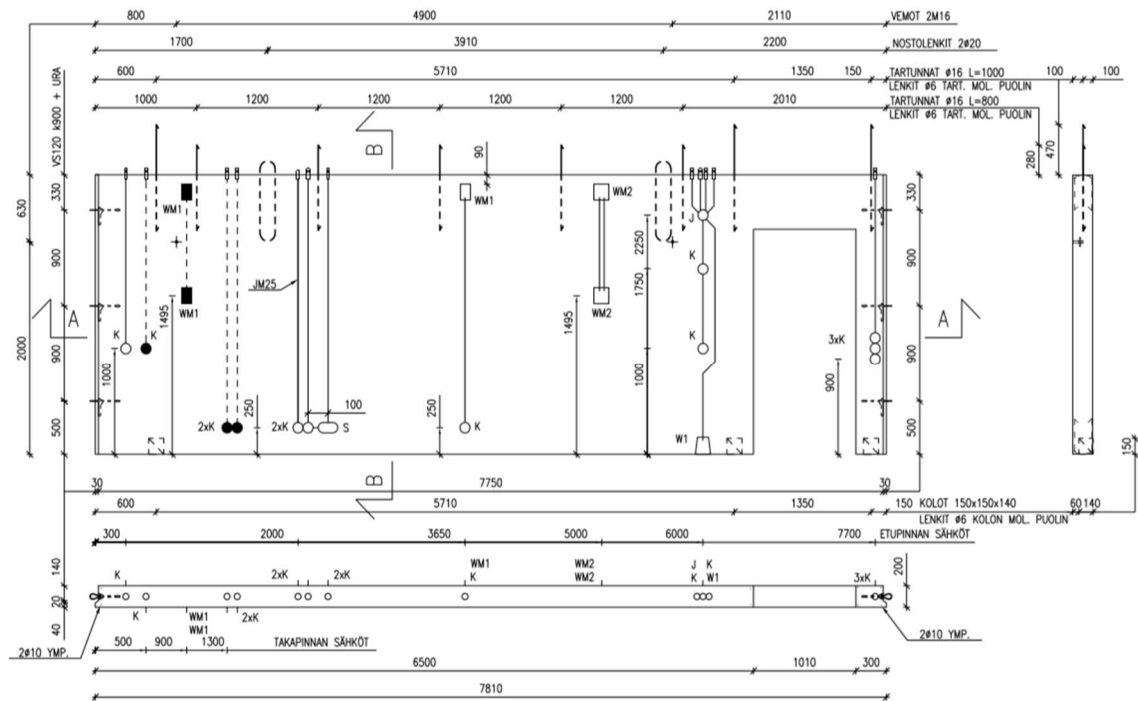
Toteutussuunnittelu aloitetaan sähkösuunnittelussa johtoreittien suunnittelulla ja johtoteiden yhteensovittamisella rakenteiden ja muun talotekniikan kanssa. Tämän jälkeen tehdään pistesijoitussuunnitelmat ja lopuksi suunnitellaan kaapelointi ja ryhmittely. Kun kaikki ryhmälähdöt ovat suunnitelmissa, voidaan niiden pohjalta luoda keskuskaaviot.

Aktiivisen tiedonvaihdon merkitys eri suunnittelualojen kesken korostuu toteutussuunnitteluvaiheessa, kun suunnitelmista on saatava toteutuskelpoiset ja muutosten tekeminen aiheuttaa entistä enemmän turhaa työtä. On tärkeää, että suunnittelijoiden välinen väistämisyjärjestys on sovittu, jotta omatoimisesti tehdyt korjaukset eivät johda siihen, että sama törmäys esiintyy korjausten jälkeen eri paikassa.

Tietomallin avulla varmistetaan, että asennukset ovat toteutettavissa ja tilavaraukset ovat riittävät. Reikävaraussuunnitelmien tekemisen ja yhteensovittamisen avulla varmistetaan, että myös kaikki merkittävät läpiviennit ovat toteutuskelpoisia, eikä aiheuta ristiriitoja suunnitelmissa. Reikävarausten suunnittelussa noudatetaan YTV2012:n täydentävässä liitteessä esitettyjä vaatimuksia ja ohjeita.

3.6 Elementtipiirustukset

Perinteisesti sähkösuunnittelija on piirtänyt elementteihin lisättävät sähköistykset 2D-piirustuksina. Tällöin sähkösuunnittelijalle toimitetaan dwg-piirustus elementistä, jonka päälle sähkösuunnittelija piirtää sähköistykset. Jos muilta osin samanlaisissa elementeissä sähköistys on erilainen, niistä on tehtävä omat elementtipiirustukset. [13.] Kuvassa 6 on esitetty perinteinen 2D-elementtipiirustus.



Kuva 6. Esimerkkikuva perinteisestä elementtipiirustuksesta. [14, s. 12]

BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen (Versio 1.09) mukaan elementtien sähkötarvikkeet voidaan lisätä suoraan tietomalliin esimerkiksi Tekla Structures -tietomallinnusohjelmassa. Tässä ohjelmistossa ei ole sähköasennuksille omia objekteja, joten sähköistyksen mallintamisessa joudutaan soveltamaan muita työkaluja, joita käytettäessä materiaaliksi valitaan "SÄHKÖ", jotta sähkötarvikkeet listautuvat tarvikeluetteloon oikein. Sähköistysten osalta ei vaadita tietomallimaista reikävaraussuunnittelua, jos varaus ei lävistä elementtiä kokonaan. Elementin kokonaan lävistävät varaukset merkitään reikävarausobjektilla. [13.]

4 Havainnollistaminen

Havainnollistaminen voidaan jakaa kahteen päämuotoon, jotka ovat tekninen ja visuaalinen havainnollistaminen. Visuaalinen havainnollistaminen on usein valokuvamainen esitys suunnittelijan näkemyksestä, millainen lopputulos voisi olla. Tällaiset kuvat tehdään tyypillisesti hyvin korkeiden laatuvaatimusten mukaisesti ja laadukkaan havainnekuvan erottaminen valokuvasta on vaikeaa. [10.]

Tekninen havainnemateriaali toimii kommunikaatiovälineenä tilaajalle, hankkeen johdolle, suunnitteluryhmälle ja työmaalle. Teknisessä havainnollistamisessa usein korostetaan eri järjestelmiä tai osia selkeästi erottuvilla väreillä, jolloin havainnekuvan värit eivät vastaa toteutuksessa käytettäviä värejä. [10.]

Tekninen havainnemateriaali tuotetaan yleensä erilaisilla katselu- tai laadunvarmistusohjelmilla, joilla mallissa voi lähes poikkeuksetta liikkua vapaasti. Havainnekuva voi olla myös liikkuvaa, tai mallissa vapaasti liikkumista voidaan myös käyttää havainnekuvana.

5 Törmäysten ja virheiden tarkastelu

5.1 Laadunvarmistus mallintamisessa

Jokainen suunnittelija on vastuussa oman tietomallinsa laadusta, että se on tehty sopimuksen mukaisella tarkkuudella ja suunnittelija vastaa mallistansa löytyvien virheiden korjaamisesta. [15.]

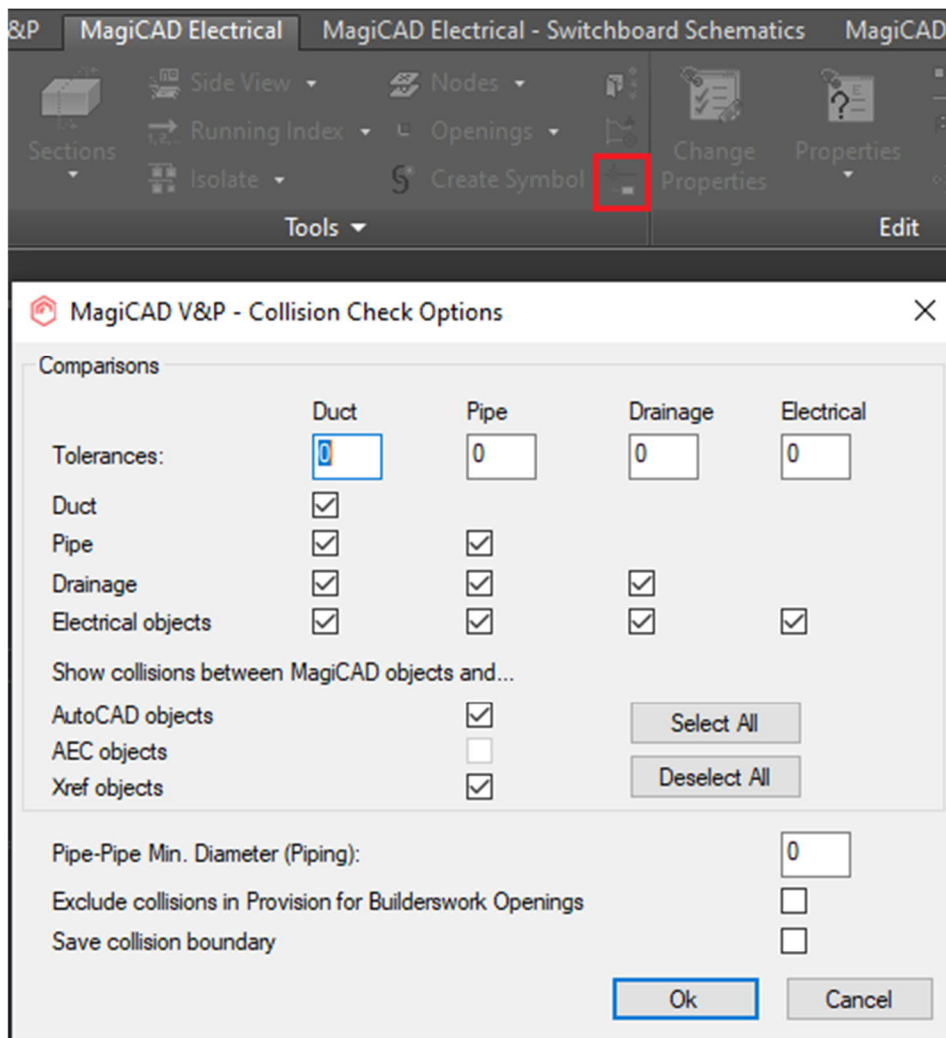
Törmäystarkastelu on merkittävä osa laadunvarmistusta. Törmäystarkastelua kannattaa tehdä jatkuvasti työn aikana, jotta vältetään myöhemmässä vaiheessa suurilta muutoksilta, joihin tuhlaantuisi turhaan aikaa.

5.2 MagiCAD

Sähköjärjestelmän sisäisiä ja talotekniikan väliset törmäykset ovat helposti tarkasteltavissa MagiCAD-ohjelmistossa. Tällöin ei tarvitse tehdä IFC-muotoisia tietomalleja törmäystarkastelua varten. Sähköjärjestelmän sisäisissä törmäyksissä asennuskorkeus tai sijoituspaikka on yleensä väärä. Tällaiset virheet ovat helposti havaittavissa ja korjattavissa jo aikaisessa vaiheessa suunnitteluohjelmistolla tehtävissä törmäystarkasteluissa.

Tässä osassa MagiCADilla tehtävää törmäystarkastelua käsitellään lyhyesti ohjelmassa muodossa. Törmäyksiä voi tarkastella myös silmämääräisesti 3D-näkymässä ilman törmäystarkastelutoimintaa.

Törmäystarkastelu aloitetaan Collision Control -komennolla ja tämän jälkeen asetetaan tarkastelua varten sallitut toleranssit, jotka on yleensä päätetty hankkeen alussa. Samassa yhteydessä valitaan järjestelmät, joiden välisiä törmäyksiä tarkastellaan. Törmäystarkastelun asetusten ikkuna on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Törmäystarkastelun alussa Collision Control -komennolla avautuva ikkuna.

Kun törmäystarkastelun asetukset on hyväksytty, valitaan tarkasteltava alue. Jos törmäyksiä löytyy, avautuu uusi kuvan 8 mukainen ikkuna, jossa törmäykset ovat lueteltuna.

MagiCAD V&P - Show Messages (5 visible / 5 total)

System	Storey	Part type	Message	Pos (Floor)
S241 ...		Sockets/E	Electrical object-Electrical object collision	(664300.0, 107949.9, 242.5)
S120 ...		Cable trays	Electrical object-Electrical object collision	(664347.0, 109000.0, 950.0)
		Pipe/circ water	Pipe-drainage collision	(667464.1, 108055.5, -253.1)
		Pipe/circ water	Pipe-drainage collision	(667470.0, 107991.4, 2507...
		Pipe/circ water	Pipe-drainage collision	(667464.1, 108045.6, 2555...

System: All systems
 Storey: All storeys
 Part type: All parts
 Message type: All messages
 Keep calculated data despite errors
 Floor Coordinates
 UCS Coordinates
 Copy to clipboard
 Mark Selected and Zoom
 Mark All

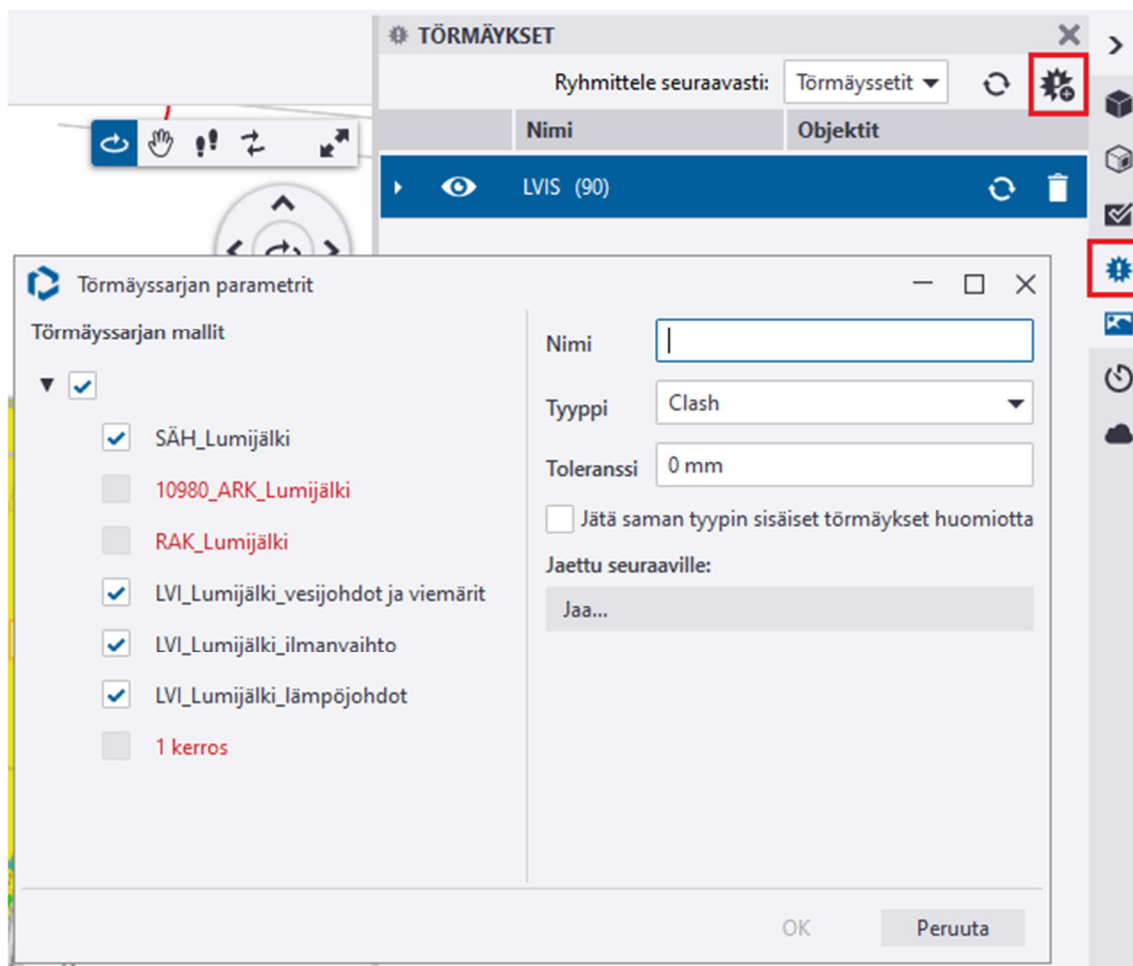
Kuva 8. Törmäystarkastelussa löytyneet törmäykset.

Törmäyksien sijainnit saa helposti näkyviin valitsemalla törmäykset, jotka halutaan paikallistaa ja painetaan "Mark Selected and Zoom" -painiketta.

5.3 Trimble Connect

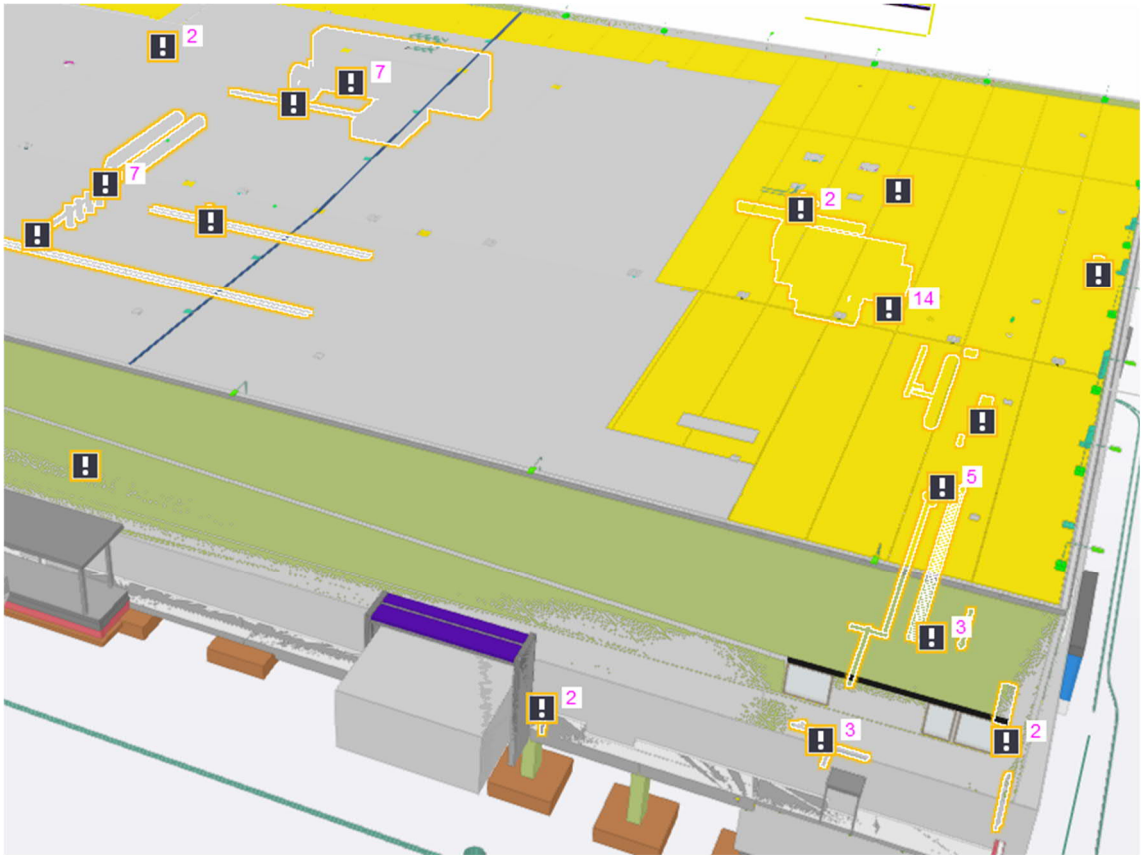
Trimble Connect on ilmainen ohjelmisto, jossa voidaan tarkastella törmäyksiä. Törmäystarkastelu edellyttää, että tarkasteltavat tiedostot ovat ladattu pilvipalvelimelle. Ilmaisversiossa käytettävissä oleva tallennustila pilvipalvelussa on kuitenkin rajallinen. Laajemmassa käytössä rajallinen pilvitallennustila edellyttää vanhojen ja turhien tiedostojen poistamista tai maksullisten ominaisuuksien käyttöönottoa.

Tässä osassa Trimble Connectilla tehtävää törmäystarkastelua käsitellään lyhyesti ohjelmallisessa muodossa.



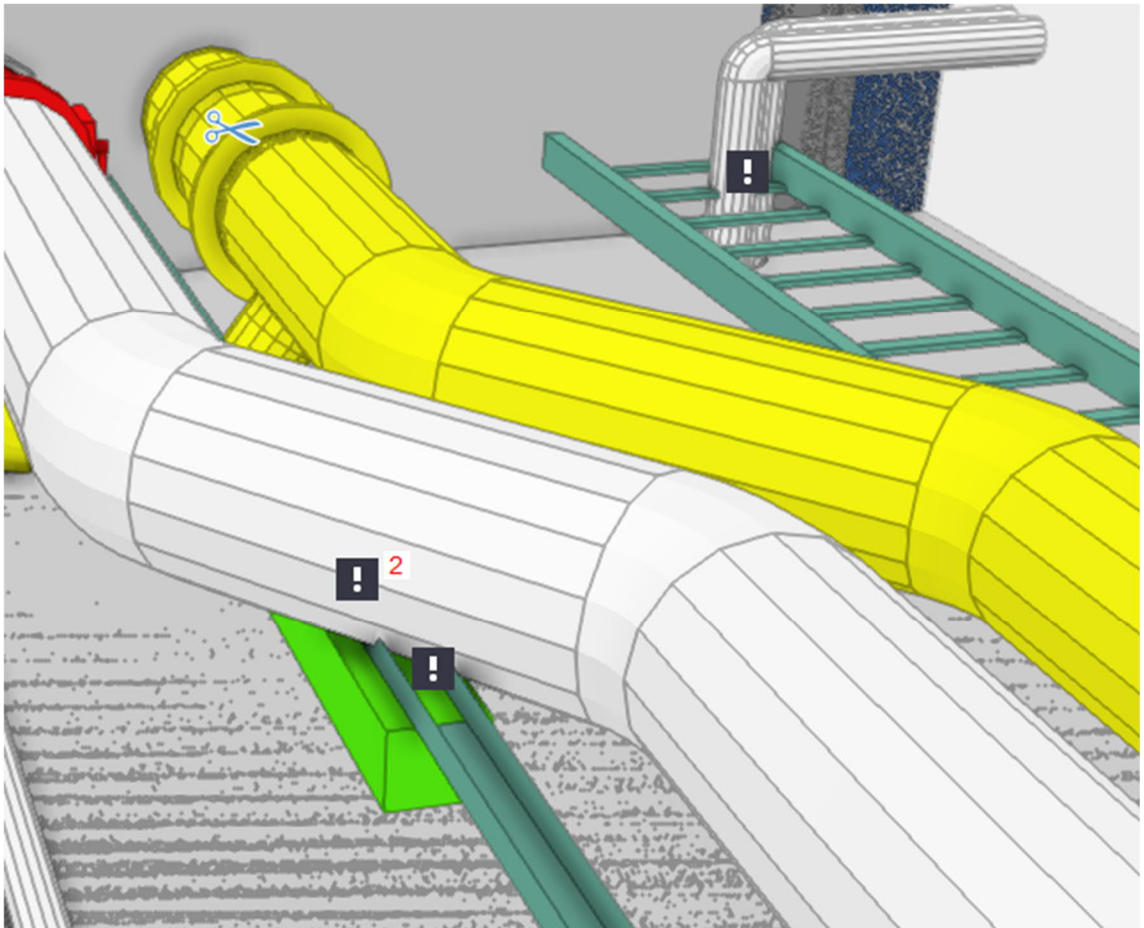
Kuva 9. Trimble Connect -ohjelmistossa törmäystarkastelun aloitus ja törmäyssarjan parametrien asettaminen.

Törmäystarkastelu aloitetaan kuvan 9 mukaisella tilanteella, jossa ensin valitaan vasemman reunan palkista ”törmäykset” ja ensimmäisellä tarkastelukerralla on luotava uusi törmäyssarja. Törmäykset ikkunan yläreunassa on painike uuden törmäyssarjan luomiseksi ja siitä avautuu törmäyssarjan parametrit -ikkuna. Törmäystarkasteluun voidaan valita vain ne tietomallit, jotka on ladattu pilvipalveluun. Laitteen paikallisessa muistissa olevat mallit, joita ei ole ladattu pilvipalveluun, näkyvät listassa, mutta niitä ei voi valita törmäystarkasteluun. Kuvassa 9 näkyy myös aiemmin suoritettu törmäystarkastelu ”LVIS”, jossa löytyi 90 törmäystä.



Kuva 10. Trimble Connect ohjelmiston törmäystarkastelussa löydämät törmäykset.

Törmäyssarjan luonnin jälkeen törmäystarkastus käynnistyy automaattisesti ja hetken kuluttua törmäyssarjan nimen jälkeen sulkeissa näkyy löytyneiden törmäysten määrä. Valitsemalla listasta törmäyssarjan saa näkyville kuvan 10 mukaisesti törmäysten sijainnit.

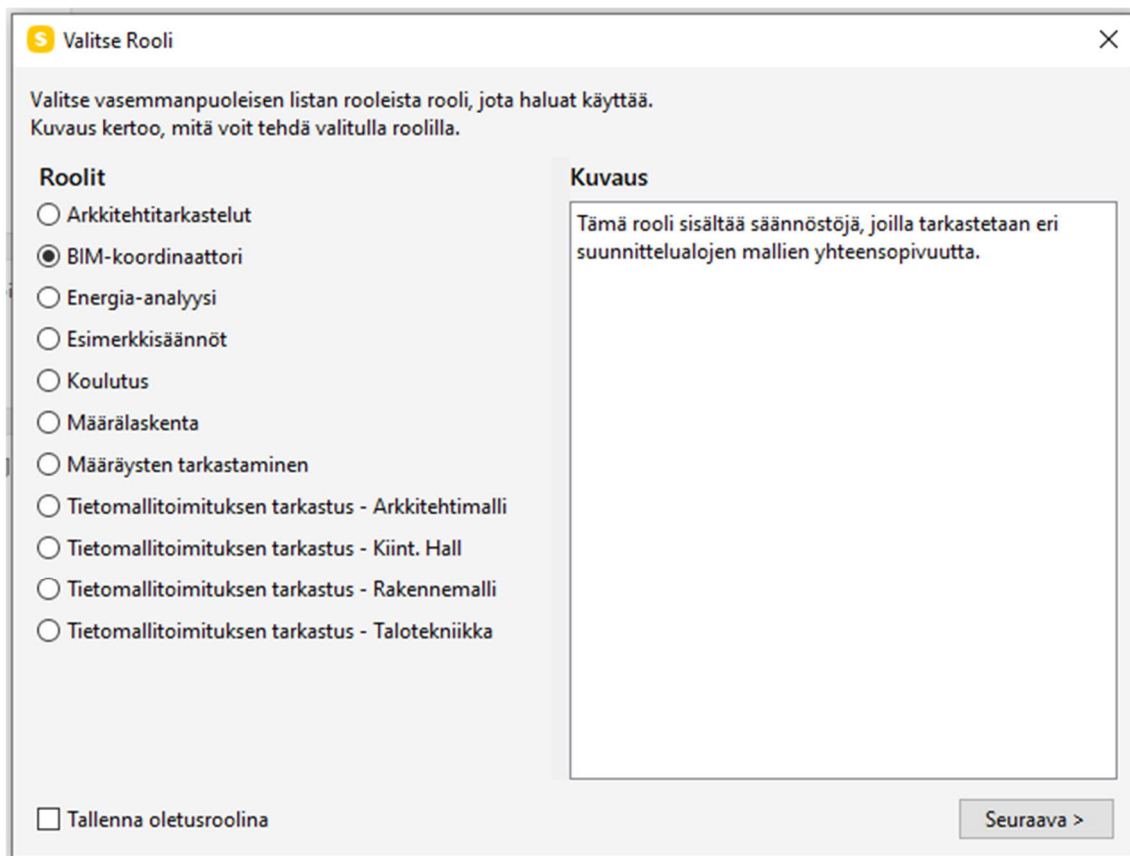


Kuva 11. Lähempää törmäystarkastelua Trimble Connectilla.

Törmäysten näkeminen tarkemmin edellyttää liikkumista 3D-mallissa ja rakenteiden auki leikkaamista. Kuvassa 11 on nähtävissä sähköjärjestelmien törmäyksiä putkien kanssa. Löydettyjä törmäyksiä ei voida korjata tässä ohjelmistossa, vaan korjaukset on tehtävä alkuperäisellä suunnitteluohjelmistolla.

5.4 Solibri

Solibri Office on suosittu maksullinen ohjelma törmäysten tarkastelussa, jossa on monipuoliset roolit tietomallien tarkastamiseen. BIM-koordinaattorin roolissa voidaan suorittaa törmäystarkasteluja. Kuvassa 12 on esitetty roolien valintaikkuna ja käytettävissä olevat roolit.



Kuva 12. Solibri Office ohjelmistossa tarkastukseen valittavia rooleja.

Törmäystarkastelua suorittaessa BIM-koordinaattorin roolin valitsemisen jälkeen valitaan suunnittelualat, joiden mallien välisiä törmäyksiä tarkastellaan.

Tässä opinnäytetyössä ei syvennytä Solibri Officen käyttöön törmäystarkastelussa. Ohjelmiston maksullisia lisenssejä on rajallinen määrä, joten tätä ohjelmistoa ei käytetä ensisijaisesti suunnittelun aikaiseen tietomallin tarkasteluun.

6 Määrälaskenta

6.1 Määrälaskennan huomiointi mallintamisessa

Rakennuksen tietomallit antavat mahdollisuuden tehostaa määrälaskentaa ja määrätietojen hyödyntämistä erilaisissa päätöksentekotilanteissa. Manuaalinen määrälaskenta piirustuksista mittaamalla korvataan määrien mittaamisella tietokoneavusteisesti

mallista. Hankkeen eri osapuolet voivat hyödyntää määrälaskentaa aivan uudella tavalla ja uusista näkökulmista. [11.]

Tietomallien hyödyntäminen muuttaa merkittävästi määrälaskijan työtä. Tietomallista laskeminen vähentää rutiinistyötä ja samalla ammattitaitoa vaaditaan enemmän, jolloin määrälaskijan työnkuva muuttuu enemmän määräasiantuntijaksi. Tietomallista ei voida suoraan laskea kaikkia hankkeen aikana tarvittavia määrätietoja, jolloin tarvitaan ammattitaitoa laskennan lähtötietojen ja lähtömateriaalin arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentämisessä. [11.]

Määrälaskenta asettaa joitakin vaatimuksia tietomallille, joita ovat esimerkiksi mallintamisen johdonmukaisuus, mallin tarkkuustaso ja oikeiden mallinnustyökalujen käyttö. Projektikohtaisesti sovitaan käytettävästä nimikkeistöstä, joka on yleensä sähkösuunnittelussa S2010. Tekniikkaosatyypit täsmennetään nimikkeistöä käytettäessä tyyppitunnuksella, joka voi olla julkinen, hankekohtainen tai yritysکوhtainen. [11.]

Suunnittelija voi suorittaa määrälaskentoja missä suunnitteluvaiheessa tahansa, jolloin on helposti nähtävissä antaako määrälaskenta tarkoituksenmukaisen tuloksen. Määrälaskennan huomiointi ja tarkastelu suunnittelun aikana auttaa löytämään puutteita jo aikaisessa vaiheessa ja parantamaan mallinnuksen laatua. Puutteelliset tiedot on hyvä korjata tietomalliin aikaisessa vaiheessa, jotta virheet ei kopioitu työn edetessä ja aiheuta lisää korjattavaa työtä.

6.2 Määrälaskennan suorittaminen

Ennen määrälaskennan suorittamista on tutustuttava kohteeseen ja koottava laskennan lähdeaineisto sekä varmistettava, että käytössä on lähdeaineiston oikea versio. [11.]

Monia mahdollisia ongelmia ja turhaa työtä voidaan välttää, mikäli suunnittelija suorittaa määrälaskennan. Tällöin ei tule ohjelmistojen välisiä ristiriitoja, ja suunnittelija tuntee mallinnettavan kohteen sekä tietomallin jo ennestään. Tästä huolimatta tyyppillisesti määrälaskennan suorittajat eivät ole hankkeen suunnittelijoita.

Yleisten tietomallivaatimusten YTV2012 osan 4 täydentävä liite määrälaskennan prosessiohje on tarkoitettu tilaajalle tietomallipohjaisen talotekniikkasuunnittelun hankinnan avuksi. Tilaaja saa ohjeen avulla hankkeen eri osapuolien käyttöön vertailukelpoiset ja yhdenmukaiset talotekniikan materiaali- ja määrätiedot. Ohjeessa esitetään suunnittelijan toimittamaan urakkalaskenta-aineistoon kuuluvat suunnitteluasiakirjat ja näissä asiakirjoissa esitettävät tiedot. Suunnittelijan on laadittava mallinnusaineistosta myös lyhyt kuvaus, jossa mainitaan esimerkiksi mallin tarkkuus, poikkeukset tarkkuudessa ja käytetyt suunnitteluohjelmistot. Täydentävässä liitteessä on word-tiedostomuodossa oleva mallipohja mallin laskenta-aineiston kuvauksesta. [16.]

Tavoitteena mallinnusohjeella on tuottaa TATE-suunnittelijan toteutusvaiheen suunnittelusta materiaali- ja määrätiedot urakkalaskentaan. Tarkoituksena on, että tilaaja saa materiaaleiltaan sekä työmäärältään vertailukelpoisia tarjouksia ja urakoitsija voi keskittyä hinnoitteluun eikä tuhlaa aikaa määrälaskentaan. Tämän ansiosta urakkalaskentakustannukset ja ajankäyttö vähenee. Ennen urakkalaskentamateriaalin toimitusta projekti-pankkiin tai muuhun suojattuun pilvipalveluun suunnittelija ja tilaaja käyvät läpi luetteloiden tarkkuustason, jotta urakkalaskentaa voidaan ohjeistaa oikeaan suuntaan. [16.]

7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli käydä läpi ja tiivistää tietomallimaiseen sähkösuunnitteluun liittyvät keskeiset ohjeistukset, työvaiheet ja kiinnittää huomioita asioihin, joissa tietomallimaista sähkösuunnittelua voidaan tehostaa tai välttää turhan työn tekemistä. Tavoitteena oli myös tutustua mallintamisessa käytettäviin ohjelmistoihin ja laatia yksinkertainen ohjeistus törmäystarkastelun aloittamiseen.

Insinööriyön aikana käytiin läpi suuri määrä aiheeseen liittyvää lähdemateriaalia, joista keskeisimpänä yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Lisäksi tutustuttiin kohdeorganisaatiossa käytettäviin ohjelmistoihin ja niiden toimintoihin. Ohjelmistojen nimissä ja toiminnossa oli myös tapahtunut muutoksia, jotka aiheuttivat vaikeuksia lähdemateriaalin löytämiseen. Solibri oli uudistanut ohjelmistonsa tuoteperheen ja aiemmin käytetty Tekla BIMsight oli kehitetty edelleen Trimble Connect -ohjelmistoksi.

Tehokkaan tietomallimaisen sähkösuunnittelun lähtökohtana on riittävä ammattitaito, käytettävien suunnitteluohjelmistojen tunteminen, yleisten tietomallivaatimusten- ja ohjeistusten tunteminen sekä suunniteltavan kohteen lähtötietoihin perehtyminen ja päätettyjen tietomallintamiskäytäntöjen noudattaminen. Mallintamisen tehokkuus on myös merkittävästi riippuvainen koko suunnittelutiimin tehokkuudesta, jossa jokaisen osapuolen tulisi pysyä aikataulussa ja vaatimusten mukaisessa työn laadussa.

Insinööriyön tekemisen aikana mallintamiseen liittyvät ohjeistukset ja ohjelmistot tulivat tutuiksi ja mallintamiseen liittyvä osaaminen kehittyi paljon. Työn lopputuloksena syntyi yleisistä tietomallivaatimuksista ja muusta lähdemateriaalista tiivistetty tietopaketti, jossa on myös mukana yksinkertaisia ohjeistuksia törmäystarkastelun aloittamiseen.

Lähteet

- 1 Rakennuksen tietomalli. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen_tietomalli>. Luettu 7.5.2019.
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 1 Yleinen osuus. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf>. Luettu 7.5.2019.
- 3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 4 Yleinen osuus. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf>. Luettu 7.5.2019.
- 4 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017. ST-kortti 41.10. Severi Sähköinfo.
- 5 Hanketietokortti HT18. 2017. ST-kortti 41.01. Severi Sähköinfo.
- 6 MagiCAD Electrical. 2019. Verkkoaineisto. MagiCAD Group. <https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-electrical/#ominaisuudet-autocadille>. Luettu 16.10.2019.
- 7 Solibri. 2020. Verkkoaineisto. Solibri Oy. <<https://mad.fi/tuotteet/muut/solibri>>. Luettu 20.2.2020.
- 8 Trimble Connect. 2020. Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>>. Luettu 19.2.2020.
- 9 Lehtoviita, Timo & Rautiainen, Jarno, 2019, Tietomallit rakennusten turvallisuuden varmistamisessa – Tietomallien tarkasteluohjelmien vertailu. Saimaan ammattikorkeakoulu.
- 10 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 8 Havainnollistaminen. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_8_havainnollistaminen.pdf>. Luettu 7.5.2019.
- 11 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 7 Määrälaskenta. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf>. Luettu 7.5.2019.
- 12 YTV2012 täydentävä liite Talotekniikan mallinnusvaatimuksia. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_SKOL_TATE_mallinnusvaatimuksia.pdf>. Luettu 7.5.2019.

- 13 BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje (Versio 1.09). 2016. Verkkoaineisto. Betoniteollisuus ry. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23982/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje_v109.pdf>. Luettu 10.2.2020.
- 14 Betonielementtien sähköasennukset. 2011. Betoniteollisuus ry.
- 15 YTV2012 täydentävä liite Talotekniikan määrälaskentaohje. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_TATE_Prosessiohje.pdf>. Luettu 7.5.2019.
- 16 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 6 Laadunvarmistus. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf>. Luettu 7.5.2019.