

Minna Pänkäläinen

Tietomalliprosessin tehostaminen sähkösuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Opinnäytetyö

08.11.2018

Tekijä(t) Otsikko	Minna Pänkäläinen Tietomalliprosessin tehostaminen sähkösuunnittelussa
Sivumäärä Aika	48 sivua + 2 liitettä 08.11.2018
Tutkinto	Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Koulutusohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Suunnittelupäällikkö, Mika Lamminen, Rejlers Finland Oy TkL Jarno Varteva, yliopettaja, Metropolia Sampsa Kupari, lehtori, Metropolia
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty Rejlers Finland Oy:lle. Rejlers on pohjoismaiden insinööri- ja konsultointipalveluja tarjoava yritys.</p> <p>Tietomallin käyttäminen sähkösuunnittelun työkaluna on muuttunut osaksi suunnittelijan jokapäiväistä työtä. Vaikka suunnitteluprojekti ei olisi puhtaasti tietomallihanke, tietomallia käytetään hyvin usein yhteensovituksen työkaluna, tai tilojen visualisoimisen apuvälineenä. Tietomallipohjaista suunnittelua ohjaavat alalla yleisesti käytössä olevat tietomalliohjeet, sekä projektikohtaiset sopimukset.</p> <p>Tietomallihankkeissa suunnitteluvaiheessa pidetään useita tietomallipalavereita, laaditaan tietomalliselostus sekä tietomallin vaiheilmoituksia, ja päivitetään tietomallia säännöllisesti. Tietomallintaminen lisää sähkösuunnittelijan työmäärää hankkeen suunnitteluvaiheessa, kuitenkin aika- ja talousresursseihin tietomallintamisella ei saa olla merkittävää vaikutusta, siksi työssä etsitään keinoja suunnitteluprosessin tehostamiseen tietomallihankkeissa.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia tietomalliprosessin yleisiä toimintaperiaatteita nyt ja tulevaisuudessa kohdeorganisaatiossa, ja tutkia keinoja joilla tietomalliprosessia saadaan tehostettua. Opinnäytetyössä käydään sähkösuunnittelun tietomalliprosessi läpi vaiheelta hankkeen alusta loppuun saakka.</p>	
Avainsanat	sähkösuunnittelu, tietomalli

Author(s) Title	Minna Pänkäläinen Enhancing the BIM process in electrical design
Number of Pages Date	48 pages + 2 appendices 8th November 2018
Degree	Master of Engineering
Degree Program	Electrical and automation engineering
Specialisation option	Electrical engineering
Instructor(s)	Mika Lamminen, Design Manager, Rejlers Finland Oy Jarno Varteva, Lic.Sc. (Tech.), Principal Lecturer, Metropolia Sampsa Kupari, Senior Lecturer, Metropolia
<p>This master's thesis is written in commission for Rejlers Finland Oy, which is an international company offering engineering and consultancy services in the Nordic countries.</p> <p>Using building information modeling as a tool for electrical design has become an essential component of the electrical designer's daily work. Even in cases when the design project is not genuinely a BIM project, the building information model is often used as a tool for co-ordination with other project designers, or as a tool for visualization of spaces. BIM based design processes are guided by information templates commonly used in the industry, as well as project-specific agreements.</p> <p>In a BIM based design project, a number of meetings are held during the design phase and reports and building information models are updated regularly. Working on building information modeling projects increases the workload of the electrical designer during the design phase of the project, but at the same time should not have a significant effect on time or economical resources. A primary goal of this study is to improve the electrical design process in BIM projects to fulfill these goals.</p> <p>The purpose of this master's thesis was to examine the general principles guiding the building information modeling process in electrical design now and in the near future, and to identify ways to make the design process more efficient. In this master's thesis, the entire design process was examined phase by phase, from the beginning to the end of the design process.</p>	
Keywords	Electrical design, building information modeling

Sisällys

Johdanto	3
1 Tutkimusmenetelmät	4
1.1 Tutkimuksen taustaa	4
1.2 Tutkimuksen kohdeorganisaatio	5
2 Tutkimuksen lähtökohdat	6
2.1 Tutkimuksen rajaus	6
2.2 Tutkimuksen tavoitteet	6
2.2.1 Tutkimustulosten mittarit	6
2.3 Tutkimuskysymykset ja esioletukset	7
2.3.1 Suunnittelijan tietotaito ja ohjelmistot	7
2.3.2 Urakkamuodot, sopimukset ja ohjeet	7
2.3.3 Suunnittelualojen välinen yhteistyö	7
3 Teoreettinen viitekehys	8
3.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012	8
3.2 Tietomallin vaiheet	8
3.2.1 Vaatimusmalli	8
3.2.2 Tilavarausmalli	9
3.2.3 Järjestelmämalli	10
3.2.4 Toteumamalli	10
3.3 Mallien yhdistämisen geometrian tarkkuustaso	11
3.4 Yhdistelmämalli	12
3.5 Projektikohtaiset tietomallisopimukset	13
3.5.1 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18	13
3.5.2 Hanketietokortti HT12	14
3.5.3 Tietomallikoordinointi	15
3.6 Henkilötekijät	15
3.6.1 Tekniset taidot	15
3.6.2 Rakentamisen prosessin tunteminen	15
3.6.3 Ohjelmistot	16
3.6.4 Ohjeiden tuntemus	16
3.6.5 Ajankäytön suunnittelu	17
3.7 Eri urakkamuotojen vaikutus tietomalliprosessin kulkuun	17
3.7.1 Työmääräarvio eri urakkamuodoissa	18
3.8 Suunnittelualojen välisen yhteistyön merkitys tietomalliprojektissa	20

3.9	Tietomallintaminen eri suunnitteluvaiheissa	20
3.9.1	Hankesuunnittelu	21
3.9.2	Ehdotussuunnittelu	22
3.9.3	Yleissuunnittelu	23
3.9.4	Toteutussuunnittelu	24
3.9.5	Rakentamisen aikainen tietomallintaminen	26
3.9.6	Lisä- ja muutossuunnittelu	27
3.9.7	Tietomallin ylläpito	28
3.9.8	Tietomallin hyödyntäminen rakentamisen jälkeen	29
4	Tietomallintamisen toimintatavat	30
4.1	Suunnittelijan taidon ja ohjelmisto-ominaisuuksien vaikutus tehokkuuteen	30
4.1.1	Suunnittelijan perehdyttäminen	31
4.1.2	Tietomallintamisen aloitus	32
4.1.3	Sähkösuunnittelun projektipäällikön rooli tietomallihankkeessa	33
4.1.4	Ohjelmistot	33
4.2	Yhteistyö	34
4.2.1	Projektin suunnittelijoiden välinen yhteistyö	34
4.2.2	Urakoitsijayhteistyö	34
4.3	Tehokkuuden parantamisen yhteenveto	35
4.3.1	Johtoreittien mallintaminen yleissuunnitteluvaiheessa	35
4.3.2	Muutosten tekeminen	36
4.3.3	Yhteensovituksen tarkkuustaso, aikataulutusta ja työjärjestys	36
4.3.4	Yhteistyöllä tehokkuuteen	36
5	Tulevaisuuden näkymät	37
5.1	Tietomallintaminen lähitulevaisuudessa	37
5.2	Ylläpitomallin mahdollisuuksia	38
5.3	Tietomallipohjainen määrälaskenta ja määräluettelot	39
5.4	Tietomalli talotekniikan analyyseissä	41
5.5	Tietomalliopinnot Venäjällä	41
5.5.1	Autodesk Revit MEP ja AutoCAD-ohjelmistot sähkösuunnittelussa	43
6	Johtopäätökset ja tutkimustulokset	45
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Mallien sisältö YTV2012 Osa 1 yleinen osuus	
	Liite 2. Tietomalliselostuksen esimerkki YTV2012 osa 4 liite 3	

Lyhenteet ja käsitteet

BIM	Building Information Model, yleisesti rakennuksen tietomalli
IFC	Industry Foundation Model kansainvälinen tietosisällön määrittelystandardi rakennusalalla
.ifc	Tietomallin tiedostomuoto
3D-malli	3-ulotteinen geometriamalli
IFC-malli	3-ulotteinen yhteisesti sovitun geometrian ja tietosisällön sisältävä malli
Tietomalli	Tässä työssä tuotetietoja sisältävä tiedonjakamisen mahdollistava digitaalinen 3D-malli
Yhdistelmämalli	Eri suunnittelualojen tietomalleista yhdistetty tietomalli
Projektipankki	Tiedonhallintajärjestelmä digitaaliselle aineistolle
Tilaaaja	Hankkeen tilaaja
Käyttäjä	Rakennuksen käyttäjä ja ylläpidosta vastaava osapuoli
Projektipankki	Tiedonhallintajärjestelmä digitaaliselle aineistolle
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012

TATE18	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo 2018
HT12	Hanketietokortti 2012
DWG	Tekninen ympäristö sisällön tuottamiseen
.dwg	AutoCAD –ohjelman tiedostomuoto
MEP	lyhenne sanoista Mechanical, Electrical, Plumbing

Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Rejlers Finland Oy:n rakentamisen toimialan käyttöön.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan erilaisia keinoja sähkösuunnittelun tietomalliprosessin tehostamiseen erilaisissa hankkeissa. Tutkimustyössä pyritään löytämään keinoja, joilla tietomallintamisen hukkatyön vähentämisestä säästyneet resurssit saadaan optimoitua muihin suunnittelutyöhön sisältyviin tehtäviin.

Opinnäytetyössä esitellään tietomallintamiseen vaikuttavia tekijöitä aina suunnittelusopimuksen syntymisestä luovutusvaiheen suunnitteluun, sekä tietomallin käyttämiseen rakentamisen jälkeisellä ajanjaksolla. Opinnäytetyössä selvitetään tietomallintamisen työvaiheita ja tarvetta eri suunnitteluvaiheissa, sekä pohditaan miten alalla yleisesti käytössä olevat ohjeet ja tehtäväluettelot tukevat tehokasta suunnitteluprosessia. Opinnäytetyössä tutkitaan miten yleisiä ohjeita ja toimintatapoja tulisi kehittää, jotta tietomalliprosessista saadaan tehokkaampi.

Tämä opinnäytetyö keskittyy sähkösuunnittelun tietomalliprosessiin, mutta opinnäytetyössä selvitetään, miten eri suunnittelualojen välisen yhteistyön ja toimintatapojen kehittäminen parantaa sähkösuunnittelun tietomallintamisen tehokkuutta.

Tämä kvalitatiivinen tutkimus toteutetaan toimintatutkimuksena, perehtymällä nykyisiin ja menneisiin tietomalliprojekteihin, tutkimalla projektien tietomallintamiseen kulutettua työaikaa ja tietomallintamisen lopputulosta. Tutkimuksen teossa käytetään lähteinä alan julkaisuja, kirjallisuuslähteitä ja aiempiin projekteihin pohjautuvia käytännön kokemuksia.

Tutkimuksessa selvitetään myös, miten kohdeorganisaatiossa voidaan ennakoida tulevaisuuden tarpeita tietomallinnukseen liittyen rakentamisen toimialalla.

Opinnäytetyössä esitellään Venäjällä kesällä 2018 suorittamani kesäyliopiston tietomallikurssin sisältöä, ja sen antamia ideoita tietomallityöskentelyyn kohdeorganisaatiossa.

Työn lopputuloksena syntyy tutkimus siitä, miten hukkatyötä saadaan vähennettyä tehostamalla tietomalliprosessia sähkösuunnittelussa. Tutkimuksen lopputuloksena selviää, kuinka tietomalliprosessia tehostamalla saadaan aikaan kustannussäästöjä, kun tietomallintamisen hukkatyöstä säästyneet resurssit voidaan ohjata muihin suunnittelu-tehtäviin.

1 Tutkimusmenetelmät

1.1 Tutkimuksen taustaa

Tutkimustyön tekeminen pohjautuu kohdeorganisaation tarpeeseen löytää keinoja tietomallintamisen prosessin tehostamiseen, vähentää hukkatyötä ja kohdistaa tekeminen ja ajankäyttö muihin tärkeisiin ja hyödyllisiin tehtäviin. Prosesseja tehostamalla saadaan projektien käytettävissä olevat resurssit optimoitua ja ohjattua säästyneitä resursseja muuhun tuottavaan työhön.

Tietomallintaminen on nykyään osa rakentamisen sähkösuunnittelijan jokapäiväisiä työtehtäviä. Koska tietomalli on suunnittelun ja rakentamisen apuväline, on tärkeää luoda prosessi ja toimintaperiaate niin, että tietomalli todella palvelee suunnittelua ja rakentamista.

Kohdeorganisaatiossa pääsääntöisesti käytettävät suunnitteluohjelmistot ovat MagiCAD perussuunnitteluun, sekä Tekla BIMsight ja Solibri tietomallitarkasteluun. Suunnitteluohjelmistoja on lukuisia, mutta tässä opinnäytetyössä perehdytään tietomallintamiseen kohdeorganisaation käyttämällä ohjelmistoilla.

Sähkösuunnittelun tietomallintamiseen ei voi tehdä yksiselitteistä ja suoraviivaista ohjetta, sillä suunnitteluvaihe, urakkamuoto, sekä projektikohtaiset tietomallivaatimukset, ja –sopimukset vaikuttavat olennaisesti tietomallin sisältöön, tarkkuustasoon ja laajuuteen.

Tietomallintamisen tehtäviä ja laajuutta varten on kuitenkin tehty yleisesti käytössä oleva ohje YTV 2012 – yleiset tietomallivaatimukset 2012, joka asettaa vaatimuksia tietomallin tekniselle laadulle ja tietosisällölle. Toinen sähkösuunnittelun tietomalliprosessia hankkeessa ohjaava ohjeistus on taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18, joka taas rajaa hankkeessa eri suunnitteluvaiheisiin sisältyvät tehtävät ja laajuudet, sekä erikseen tilattavat tehtävät.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan toimintatutkimusmenetelmillä parhaita toimintatapoja tietomalliprosessin sujuvoittamiseksi kohdeorganisaatiossa.

1.2 Tutkimuksen kohdeorganisaatio

Rejlers on yksi pohjoismaiden suurimpia ja nopeimmin kasvavia teknisen alan asiantuntijaorganisaatioita. Rejlersillä työskentelee yli 2100 asiantuntijaa yli 80 toimistossa. Rejlers on perheyhtiö, jonka on perustanut Gunnar Rejler Ruotsissa vuonna 1942. Tällä hetkellä Rejlers AB:n toimitusjohtaja on Viktor Svensson.

Rejlers tarjoaa monipuolisesti insinööripalveluja teollisuus-, energia-, rakentamisen ja infra-alojen asiakkaille. Rejlers yhdistää myös ICT:n insinööriosamiseen, ja tarjoaa asiakkailleen digitaalisia palveluratkaisuja. Rejlersin osaamiseen ja palvelutarjontaan kuuluvat konsulttipalvelut, palvelutuotteet ja projektiratkaisut.

Rejlers Finland Oy on osa pohjoismaista Rejlers AB –yhtiötä. Suomessa työntekijöitä on 500 ja toimistoja 18 eri paikkakunnalla. Yrityksen toiminta Suomessa alkoi vuonna 1980 Mikkelissä. Rejlers-konsernin Suomen yhtiöiden liikevaihto vuonna 2017 oli noin 48,6 miljoonaa euroa. Yhtiön osake on listattu NASDAQ OMX Tukholman pohjoismaisella listalla.

Rejlers Finland Oy:n rakentamisen toimiala käsittää sähkö-, tele-, turva-, ja AV-suunnittelun lisäksi LVIA-suunnittelun ja arkkitehtisuunnittelun palvelut. Rakentamisen toimialan sähkösuunnittelu on erikoistunut vaativien projektien sähköistyksen suunnitteluun. Rakentamisen toimiala tarjoaa myös tietomallikoordinointi- ja virtuaalitodellisuuspalveluita.

[1.]

Tutkimustyö toteutetaan kohdeorganisaation Vantaan toimistolla, jossa työskentelee noin 60 henkilöä taloteknisen sähkösuunnittelun eri tehtävissä. Toimisto on keskittynyt vaativien projektien sähkö-, tele-, turva-, ja AV-suunnitteluun. Lisäksi palvelutarjontaan kuuluu budjetoitilaskentaa, valvonta- ja käyttöönotto tehtävät sekä järjestelmien kuntoselvityksiä. Toimiston referenssilistalta löytyy lukuisia merkittäviä kohteita:

- julkiset rakennukset (sairaalat, teatterit, oppilaitokset, kirjastot, oikeus- ja poliisitaloja)
- liikerakennuksia ja kauppakeskuksia
- vapaa-ajan keskuksia (kylpylät, hotellit, elokuvateatterit)
- pysäköintilaitoksia.

2 Tutkimuksen lähtökohdat

2.1 Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksessa käsitellään tietomallintamista sähkösuunnittelun näkökulmasta. Tutkimuksessa ei oteta kantaa muiden suunnittelualojen tietomallintamisen toimintatapoihin, niiltä osin, kun ne eivät suoranaisesti liity sähkösuunnittelun tietomallintamistehtäviin tai yhteistyön onnistumiseen. Tutkimuksessa selvitetään, miten sähkösuunnittelun toimintatapoja tehostamalla voidaan sujuvoittaa tietomallintamista suunnitteluprosessin eri vaiheissa.

Tutkimuksessa pohditaan tietomallintamiseen käytettävien ohjelmistojen ominaisuuksien vaikutusta sähkösuunnittelun tietomalliprosessin sujuvuuteen, mutta tutkimuksessa ei perehdytä yksityiskohtaisesti ohjelmistojen teknisiin toteutusratkaisuihin.

Tutkimus on suunnattu sähkösuunnittelijoille, jotka tuntevat sähkösuunnitteluhankkeen periaatteet ja keskeiset asiat sähkösuunnittelun tietomalliprosessista.

2.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää sähkösuunnittelun tietomallintamisen prosessia tehokkaammaksi kohdeorganisaatiossa ja selvittää organisaatiossa sisäisesti, millä konkreettisilla keinoilla tutkimuksessa esiin nousseita parannusehdotuksia jalkautetaan työyhteisöön, osaksi normaalia suunnittelu- ja tietomalliprosessia. Tavoitteena on säästää yrityksen suunnitteluresursseja luomalla tehokkaampia toimintatapoja tietomalliprosessiin eri suunnitteluvaiheissa, ja selvittää tietomallintamisen tulevaisuuden näkymiä toimialalla.

2.2.1 Tutkimustulosten mittarit

Tutkimustuloksen mittarina on, löydetäänkö toimintatapoja, joilla saadaan optimoitua tietomallintamiseen resursoitua työmäärää projekteissa ja kuinka saadaan vähennettyä tietomalliprosessista aiheutuvaa hukkatyötä.

2.3 Tutkimuskysymykset ja esioletukset

2.3.1 Suunnittelijan tietotaito ja ohjelmistot

Miten suunnittelijan oma osaaminen ja suunnitteluohjelmistojen ominaisuudet vaikuttavat tietomalliprosessin tehokkuuteen?

Esioletus: suunnitteluohjelmistojen hallitseminen, suunnitteluohjeiden ja yleisten tietomallivaatimusten tunteminen mahdollistavat suunnittelijan tehokkaamman työskentelyn, kun keskitytään oikeisiin asioihin oikea-aikaisesti. Suunnitteluohjelmistojen kehittäminen paremmin tietomallityöskentelyyn soveltuvaksi tehostaa sähkösuunnittelun tietomalliprosessia, kun muutoksia voidaan tehdä entistä yksinkertaisemmin.

2.3.2 Urakkamuodot, sopimukset ja ohjeet

Millä tavoin eri urakkamuodot ja sopimusmallit vaikuttavat työmäärään ja aikatauluihin tietomalliprosessissa?

Esioletus: urakkamuoto vaikuttaa olennaisesti hankkeen suunnitteluajankäyttöön ja -vaiheisiin, joka vaikuttaa tietomalliprosessin kulkuun. Tietomalliohjeet ja hankekohtaiset sopimukset ohjaavat tietomalliprosessin toimintatapoja ja laatu-, sekä sisältövaatimuksia.

2.3.3 Suunnittelualojen välinen yhteistyö

Miten suunnittelijoiden välistä yhteistyötä parantamalla voidaan tehostaa tietomalliprosessia sähkösuunnittelussa?

Esioletus: suunnittelijoiden välinen tiivis yhteistyö, ja mutkaton yhteydenpito ja tietojen vaihto tehostavat tietomalliprosessia sähkösuunnittelussa, kun yhteiset toimintaperiaatteet ja tehtävien toimenpiteiden vaiheistus on sovittu heti projektin alusta alkaen. Kun tiedonvaihto sujuu helposti ilman viiveitä, mahdolliset ongelmakohdat ja törmäilykohdat saadaan ratkaistua aikaisessa vaiheessa, jolloin ongelmakohdat eivät pääse kertaantumaan suunnittelun edistyessä.

3 Teoreettinen viitekehys

3.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012

Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) on julkaisusarja, joka kehitettiin Senaattikiinteistöjen 2007 julkaistujen tietomallivaatimusten pohjalta. YTV2012 päivitys toteutettiin vuosien 2011-2012 aikana COBIM –hankkeen muodossa. Hanke rahoitettiin Senaattikiinteistöjen lisäksi muiden kiinteistön omistajien, rakennuttajien, rakennusliikkeiden ja ohjelmistotalojen sekä BuildingSMART Finlandin toimesta. Kehittämishanke toteutettiin rakennushankkeen osapuolien tarpeesta määritellä entistä täsmällisemmin tietomallin sisältöä ja toteutustapaa.

YTV2012 mukaan tietomallinnuksen päätavoitteita on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen prosessin tukeminen. [2. s. 1]

3.2 Tietomallin vaiheet

Tässä kappaleessa listataan terminologian selvyuden vuoksi sähkösuunnitteluhankkeessa eri suunnitteluvaiheissa esiintyvät tietomallikäsitteet. YTV2012 mukainen mallien yleinen sisältö ja käyttötarkoitus on esitetty liitteessä 1.

3.2.1 Vaatimusmalli

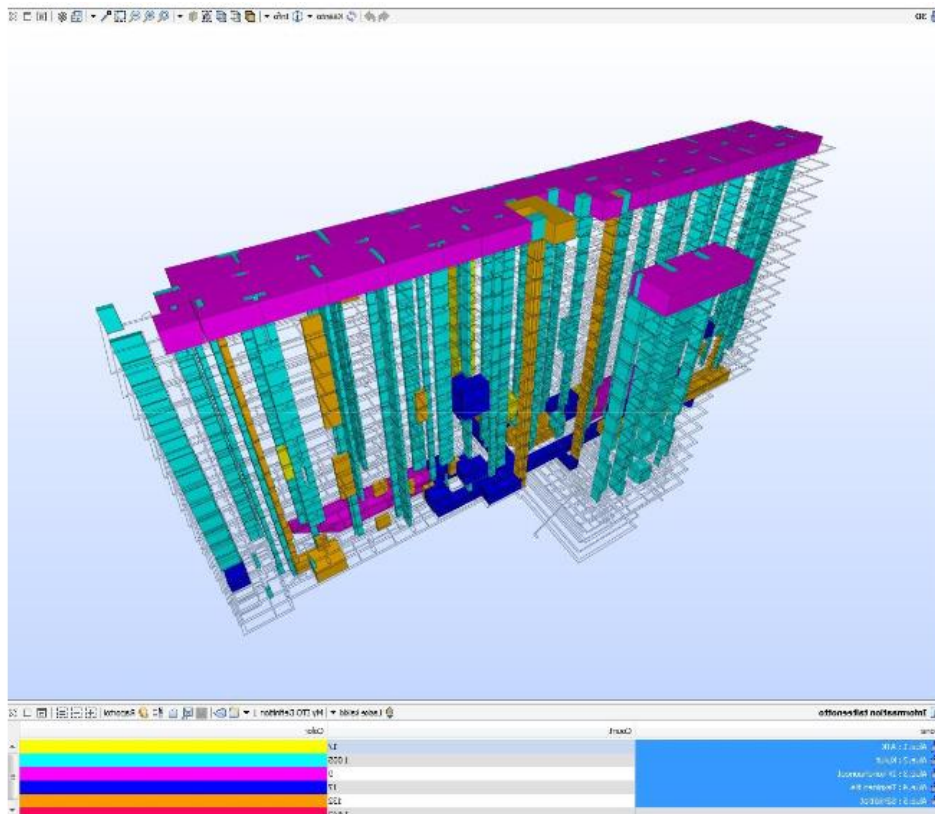
Vaatimusmalliin dokumentoidaan hankkeen tavoitearvot. Suunnitteluvaiheen lopuksi tarkistetaan vaatimusmallista, onko tiloille asetut tavoitearvot täytetty. Tavallisimmat sähkötekniset vaatimukset käsittävät tavoitearvot valaistustasolle, sekä vaatimuksia valaistuksen ohjaukselle, sähkötekniselle suojausluokalle, varustelutasolle sekä varmennustasolle.

Vaatimusmallille on asetettu minimivaatimukseksi taulukkomuodossa oleva tilaohjelma. Vaatimusmallia ylläpidetään koko suunnitteluprosessin läpi. TATE-vaatimusmallille on asetettu kaksi eri tasoa. Taso 1 on dokumenttipohjainen TATE-vaatimusmalli ja taso 2 on tietomallipohjainen TATE-vaatimusmalli.

Dokumenttipohjainen TATE-vaatimusmalli on yksinkertaisimmillaan taulukkolaskentaohjelmalla laadittu dokumentti, johon on kirjattu ylös tilatyyppit ja eri tilatyypeille kohdistetut vaatimukset. Tietomallipohjaisessa TATE-vaatimusmallissa talotekniset tavoitearvot liitetään IFC-tilaobjektiin IFCPropertySets -tietoina. Tietomallipohjaisesta TATE-vaatimusmallista ajetaan erillinen malli, joka sisältää tilaobjektit palvelualueineen. [3. s. 12 - 14]

3.2.2 Tilavarausmalli

Ehdotussuunnittelu- ja yleissuunnittelu vaiheessa sovitaan arkkitehdin kanssa sähkön tilavaraustarpeista. Tavanomaisesti ehdotussuunnitteluvaiheessa sovitaan sähkökeskustilojen sijoitukset ja tilojen arvioidut kokovaatimukset. Arkkitehti mallintaa tekniset tilat omaan tilavarausmalliinsa tilaobjekteina. Tilavaraus malli esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1 Arkkitehdin tilavarausmalli. (YTV2012 osa 4 s. 15)

Yleissuunnitteluvaiheessa selvitetään tarkemmin tarvittavat tilavaraukset sähkön pääjakaureiteille. Sähkösuunnittelija mallintaa kaikki vaakasuuntaiset tilatarpeet kerroksissa. Tarkoituksena on tuottaa geometrinen esitys tilantarpeesta, eikä tietosisällölle aseteta vaatimuksia tilavarausmallissa. [3. s. 15 - 16]

3.2.3 Järjestelmämalli

Järjestelmämalli tehdään toteutussuunnitteluvaiheessa. YTV2012 asettaa vaatimuksia järjestelmämallin tietosisällölle. Pääsääntöisesti järjestelmämalliin mallinnetaan tilaa vievien osien 3D-geometria. Järjestelmämallissa pyritään käyttämään laitteistovalmistajan toimittamia tuotteen 3D-objekteja.

Esimerkiksi valaisimista on olemassa kattavat objektikirjastot. Mikäli mallinnettavalle valaisimelle ei ole olemassa omaa 3D-objektia, käytetään mitoilta vastaavaa muuta valaisintyyppiä tai 3D-objektia. Sähkönjakelulaitteet, kuten muuntajat, kytkinlaitokset, pääkeskukset ja ryhmäkeskukset mallinnetaan laitteistojen todellisia mittoja vastaavilla yksinkertaisilla 3D-objekteilla. Johtotiet mallinnetaan niiden todellisia mittoja vastaavilla 3D-objekteilla. Asennuskalusteet mallinnetaan ainoastaan mallihuoneissa, ellei mallintamisesta tehdä erillistä hankekohtaista toimeksiantoa. Asennuskaapeleita ja putkituksia ei vaadita mallinnettavaksi.

Sähköurakkaan kuulumattomat rakennusurakan laitteistohankinnat mallinnetaan yksinkertaisina arvioitujen mittojen mukaisina 3D-objekteina. [3. s. 28 - 30]

3.2.4 Toteumamalli

Toteumamalli on rakennettua tilaa vastaavaksi päivitetty järjestelmämalli. Toteumamallin tietosisältövaatimukset ovat samat, kuin järjestelmämallin tietosisältövaatimukset. Toteumamallin tekeminen on kirjattava erikseen sähkösuunnittelun tarjouspyyntöön.

Toteumamalliin päivitetään hankintoja vastaavat tuotetiedot niiden komponenttien osalta, jotka on varustettu tuotetiedoin. Tuotetietopäivitykset tehdään suunnitteluohjelmiston tarjoaman tuotetietokannan sisällön rajoissa, mikäli todellista tuotetietoa ei ole saatavilla, käytetään lähintä vastaavaa tyyppiä. Sähkön järjestelmämallissa tuotetietojen päivitys koskee siis lähinnä valaisinobjekteja. [3. s. 40]

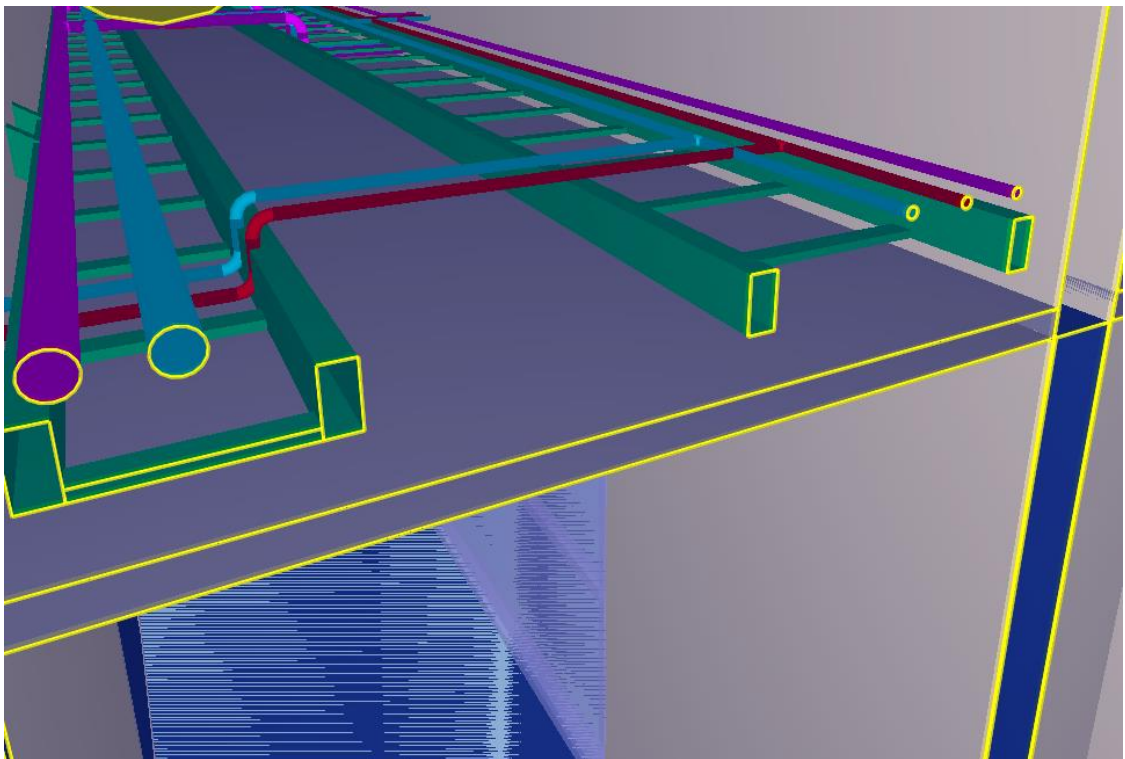
Suunnittelijan tulee tutustua YTV2012 ohjeistukseen perusteellisesti, jotta suunnittelija osaa tietomallia tehdessään keskittyä oikeisiin asioihin. YTV2012 osa 4 käsittää tietomallivaatimukset talotekniikan osalta. Ohjeistus ei ota kantaa käytettäviin työkaluihin tai tietomallintamisen toimintatapoihin, vaan ohjeistuksessa esitetään mitä mallinnetaan, ja

mikä on vaadittu tietosisältö. Ohjeessa esitellään myös tietomallin geometrian tarkkuustaso.

Mikäli tietomallista halutaan yleisiä tietomallivaatimuksia tarkempi mallinnus, siitä on aina sovittava suunnittelusopimuksissa erikseen.

3.3 Mallien yhdistämisen geometrian tarkkuustaso

Jos tietomallihankkeessa ei ole sovittu erikseen tietomallin tarkkuustasosta, tietomallinnuksessa noudatetaan YTV2012 osa 4 mukaista ohjeistusta geometrian tarkkuustasoon. Vaatimuksen perustana on sellainen tarkkuustaso, että suunnitellut asennukset ovat asennettavissa. Vaikka yhdistelmämallien tavoitteena on tietomalli, jossa törmäilyjä ei esiinny, yhdistelmämallissa tulee usein vastaan pieniä viisteitä, esimerkiksi sähköhyllyjä hipaisevia putkistoja, mutta jokaista talotekniikan hipaisua ei ole tarkoituksenmukaista lähteä korjaamaan, mikäli TATE-asennukset ovat realistisesti asennettavissa. Talotekniikan törmäys havainnollistettu kuvassa 3.2. Komponenttikohtaiset geometrian tarkkuustavoitteet on esitetty YTV2012 osa 4 liitteessä 1. [3. s. 32 - 34]

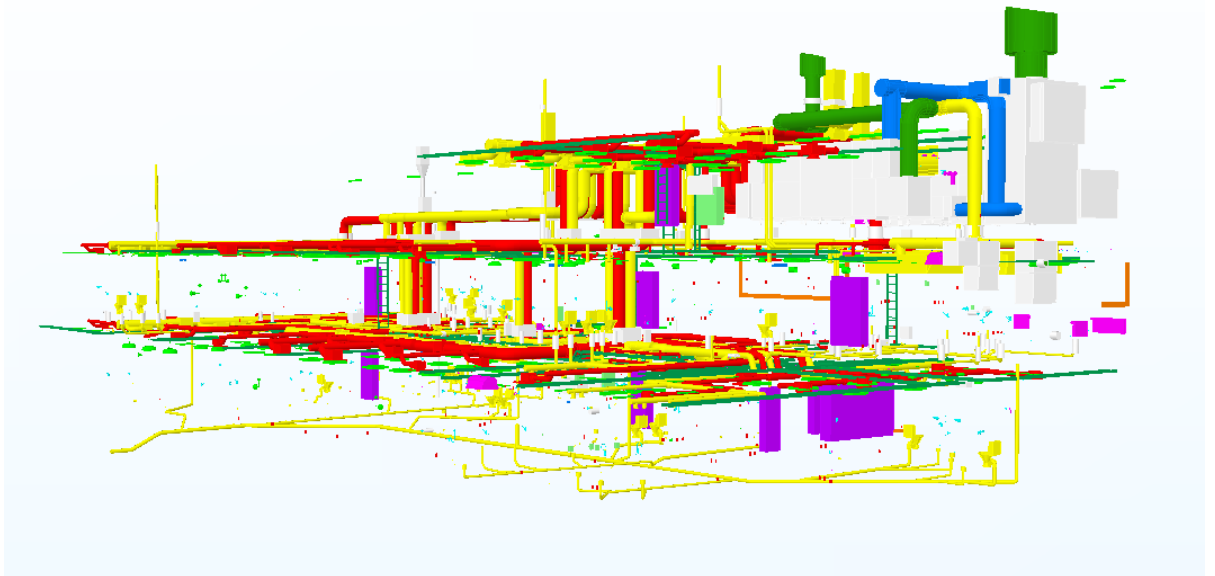


Kuva 3.2 Vesiputkistot törmäävät sähköhyllyyn, sallittu, mutta ei toivottu mallinnustapa.

3.4 Yhdistelmämalli

Arkkitehdin, rakennesuunnittelijan, LVI-suunnittelijan ja sähkösuunnittelijan tietomalleista kootaan yhdistelmämalli yhteensovitusta varten. Yleensä LVI-suunnittelija ja sähkösuunnittelija suorittavat ensin oman ristiintarkastuksen ja korjaustoimenpiteet yhdistämilleen tietomalleille, ja tämän tarkastuksen jälkeen taloteknisiä tietomalleja tarkastetaan arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan mallin kanssa. Jokainen suunnittelija on vastuussa oman tietomallinsa tarkkuudesta ja tarkastuksesta. [3. s. 36]

Yhdistelmämallista voidaan sammuttaa muiden suunnittelijoiden tietomalleja suunnitelmien tarkastustyön helpottamiseksi. Esimerkiksi talotekniikan törmäystarkastelua tehtäessä törmäilyt ovat usein helpommin löydettävissä, kun arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan malleja voi sammuttaa taustalta, ja rakenteiden lävistystarpeet löytyvät tietomallin avulla sujuvimmin, kun tarkastellaan sähkön tietomallia rakennesuunnittelijan mallia vastaan.



Kuva 3.3 Yhdistetty päiväkotihankkeen sähkö- ja LVI-tietomallit

Yhdistetty tietomalli voidaan koota itse yhdistämällä eri suunnittelualojen tietomallit esimerkiksi Tekla Bimsight –ohjelmiston avulla. Tietomallihankkeissa tietomallikoordinaattori luo yleensä yhdistelmämallin ja raportoi törmäystarkastuksen tulokset suunnittelijoille. Toimintatavasta ja työnjaosta sovitaan yhteisesti hankkeen alkaessa.

3.5 Projektikohtaiset tietomallisopimukset

Suunnittelusopimuksissa sovitaan yleisesti projektin tietomallintamisen laajuudesta ja sisällöstä. Sopimuksissa kirjataan tietomallin tietosisältö eri suunnitteluvaiheissa. Sopimuksissa viitataan yleensä YTV:n liitteisiin. Joskus hankkeen tietomallista halutaan YTV:n sisältöä laajempi tietosisältö, myös tästä sovitaan suunnittelusopimuksessa erikseen. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelossa erikseen tilattavia tietomallitehtäviä ovat esimerkiksi:

- olemassa olevan tekniikan mallinnus
- järjestelmämallin ylläpito laitehyväksyntävaiheessa
- järjestelmämallin ylläpito lopullisilla tiedoilla
- yhdistelmämallin ylläpito lopullisilla tiedoilla. [4.]

3.5.1 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18

Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18 on tarkoitettu talonrakennuksen taloteknisten suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. TATE18 käytetään sähkösuunnittelusopimuksissa suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn, sekä suunnittelukokonaisuuden hallintaan.

Tehtäväluettelossa määritellään suunnittelutehtävät kaikissa rakennushankkeen eri vaiheissa:

- tarveselvityksessä
- hankesuunnitteluvaiheessa
- suunnittelun valmistelu –vaiheessa
- ehdotussuunnittelussa
- yleissuunnittelussa
- rakennuslupa –vaiheessa
- toteutussuunnittelussa
- rakentamisen valmistelu –vaiheessa
- rakentamisvaiheessa
- käyttöönottovaiheessa ja takuuajana.

Tehtäväluettelossa määritellään LVI-, rakennusautomaatio- ja sähkösuunnittelun suunnittelutehtävien sisältö. Tehtäväluettelo sisältää taloteknisten suunnittelualojen suunnittelutehtävät ja niiden tulokset. Tehtäväluettelo soveltuu sekä uudis- että korjausrakentamisen hankkeisiin.

Suunnittelusopimuksissa viitataan TATE18 –luetteloon. Hankekohtaisesti tehtäväluettelosta rajataan kohdat jotka eivät sisälly toimeksiantoon. TATE18 –luettelossa on määriteltä perussuunnittelutehtävien lisäksi listaukset erikseen tilattavista tehtävistä. Eriksään tilattavista tehtävistä on sovittava suunnittelusopimuksissa maksimalla halutut tehtävät mukaan sopimukseen. [4. s. 1]

3.5.2 Hanketietokortti HT12

Hanketietokortissa HT12 määritellään rakennuskohteen lähtötiedot, sekä tilaajan edellyttämä laatutaso. Hankkeen tavoitteisiin tulee sisällyttää:

- laajuus- laatu- ja kustannustavoitteet hankkeessa
- hankkeen yleiset tavoitteet, kuten käyttöikä, muunneltavuus ja laajennettavuus
- arkkitehtoniset tavoitteet
- energiankulutus- ja ympäristövaikutustavoitteet
- varustelutaso (taloteknisten järjestelmien laajuus)
- olosuhdetavoitteet, kuten sisäilma- ja valaistustason tavoitteet
- turvallisuustavoitteet
- ylläpitotavoitteet.

Hanketietokorttia käytetään suunnittelun työmäärän arvioimiseen suunnittelutarjousta laadittaessa. Hanketietokortti on rakennushankkeissa tarpeen, jotta kaikilla suunnittelutarjouksen antajilla olisi yhtäläiset lähtötiedot suunnittelutarjouksen laatimiseen ja tarjoukset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Etenkin julkisissa hankkeissa hanketietokortin avulla saadaan tarjouspyyntö määriteltyä hankintalain mukaisesti niin, että kaikki suunnittelutarjouksen tekijät ovat tasapuolisessa asemassa. [5. s. 1]

3.5.3 Tietomallikoordinointi

Laajemmissa tietomalliprojekteissa hankkeeseen valitaan tietomallikoordinaattori. Tietomallikoordinaattori on usein pääsuunnittelija, tai joku muu hankkeeseen ryhtyneen valitsema ulkopuolinen taho.

Tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu huolehtia eri suunnittelualojen tietomallien päivityksistä, sekä muutostarpeiden viemistä tietomalleihin. Tietomallikoordinaattori yhdistää eri suunnittelualojen tietomallit, ja tutkii mallien teknistä yhteensopivuutta ja tietomalliprosessin edistymistä. Pääasiallinen vastuu suunnitelmien yhteensovittamisesta, ja eri suunnittelualojen suunnitelmatilanteen hallinnasta on kuitenkin pääsuunnittelijalla. Vastuu jokaisen suunnittelualan oman tietomallin laajuudesta ja oikeellisuudesta on kyseisen tietomallin suunnittelijalla. Tietomallikoordinaattori kokoaa yleensä eri suunnittelualojen tietomalleista yhdistelmämallin, sekä raportoi tietomalliohjelmiston ilmoittamat törmäilyt ja ristiriidat suunnitteluryhmälle. [2. s. 10]

3.6 Henkilötekijät

3.6.1 Tekniset taidot

Suunnitteluohjelmistojen tuntemus on merkittävä osa tietomalliprosessin sujuvaa etenemistä. Kohdeorganisaatiossa on tarjolla koulutusta ja opastusta ohjelmistojen käyttämiseen. Lisäksi aika ajoin on tarjolla ulkopuolisten tahojen järjestämää koulutusta, sekä mahdollisuus opiskella itsenäisesti mm. osallistumalla webinaareihin.

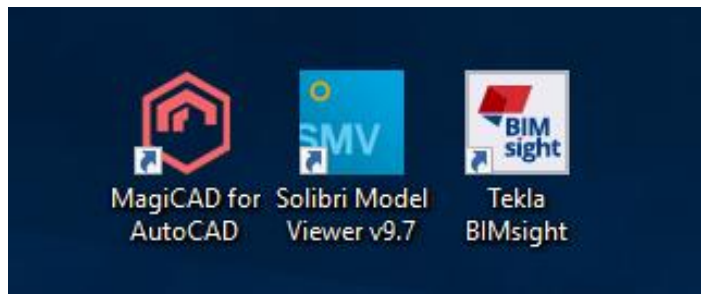
3.6.2 Rakentamisen prosessin tunteminen

Pelkkä tekninen osaaminen ei riitä onnistuneen tietomalliprojektin läpiviemiseen. Pitää tuntea rakentamishankkeen prosessi hyvin, jotta työtehtävät osataan suorittaa oikealla ajankohdalla. Urakointipuolen toimintatapojen tuntemisesta on hyötyä sähkösuunnittelijalle, koska tällöin on helpompi tunnistaa tilanteet, joissa tietomallintamisesta on hyötyä rakennushankkeessa, ja millainen tarkkuustaso tietomallilla tulee olla, jotta tietomalli täyttää edellytykset rakentamisen apuvälineenä toimimiselle.

3.6.3 Ohjelmistot

YTV2012 asettaa vaatimuksia käytettäville tietomalliohjelmistoille. Ohjelmiston on oltava vähintään IFC 2x3 sertifioitu. Hankekohtaisesti voidaan asettaa erityisvaatimuksia käytettäville ohjelmistoille, esimerkiksi ohjelmiston erityisominaisuuksien tai käytettävän IFC-version suhteen. Ohjelmistot ja käytettävät versiot sovitaan osapuolien kesken yhteisesti projektin alussa.

Kohdeorganisaatiossa pääsääntöisesti käytössä olevat tietomallintamiseen liittyvät suunnitteluohjelmistoja ovat tietomallisuunnitteluun MagiCAD for AutoCAD, sekä tietomallien tutkimiseen ja tarkistamiseen Solibri Model Viewer ja Tekla BIMsight.



Kuva 3.4 Kohdeorganisaatiossa käytettävät suunnitteluohjelmistot

Sähkösuunnitelmat toteutetaan 2D-muotoisina 3D-objekteilla. Tietomallin luomiseksi 2D-dwg:t muunnetaan IFC-muotoisiksi tiedostoiksi. 2D-suunnitelmissa 2D- ja 3D-objektit ovat erillisiä objekteja, jonka vuoksi pienetkin sähkökalusteiden horisontaaliset siirrot voivat olla työläitä, kun yhden objektin sijaan joudutaan siirtämään kahta eri objektia. Samoin johtoteiden korkoasemaa muutettaessa MagiCADilla, ohjelma muuttaa johtotien koron koko matkalta. Tämän vuoksi risteilyjä korjattaessa johtotiehen tulee tehdä erillisiä osia nousuja ja laskuja varten.

3.6.4 Ohjeiden tuntemus

Sähkösuunnittelijan tulee tutustua yleisiin käytössä oleviin tietomalliohjeisiin, hankkeen tietomallitavoitteisiin ja mahdollisiin sopimuskohtaisiin tietomallivaatimuksiin. Sähkösuunnittelijan tulee myös olla perillä suunnittelusopimuksen sisällöstä tietomallintamisen laajuutta koskien.

3.6.5 Ajankäytön suunnittelu

Hankekohtaiseen suunnitteluajatauluun tulee sisällyttää suunnitteluvaiheita ja sen myötä tietomallia koskevat aikataulumääreet. Yksityiskohtainen suunnitteluajataulu tehostaa ajankäytön hallintaa ja auttaa tekemään oikeita asioita oikeaan aikaan. Sähkösuunnittelun kannalta on olennaista, että aikatauluja porrastetaan suunnittelualojen kesken, jotta voidaan ehkäistä ennakoita törmäilykohtien syntymistä. Aikataulussa pysyminen on tärkeää jokaiselle hankkeen osapuolelle, sillä yhden osapuolen viivästyminen kumuloituu seuraaviin työvaiheisiin.

Sähkösuunnittelijalla voi monesti olla useampia suunnitteluprojekti käynnissä samanaikaisesti, joten hyvällä aikataulusuunnittelulla varmistetaan resurssien jakautuminen ja riittävyys tehokkaasti.

3.7 Eri urakkamuotojen vaikutus tietomalliprosessin kulkuun

Urakkamuoto valitaan hankkeen alussa hankesuunnitteluvaiheessa. Yleisimpiä urakkamuotoja ovat:

- kokonaisurakka
- KVR-urakka
- projektinjohtourakka (PJU)
- allianssi
- elinkaarihanke.

Urakkamuodolla on merkittävä vaikutus suunnitteluprosessin ja tietomallintamisen kulkuun, sillä työvaiheiden ajoitus ja laajuus määräytyvät urakkamuodon mukaisesti.

Kokonaisurakka on perinteinen toteutusmuoto, jossa valittu urakoitsija rakentaa valmiiksi suunnitellun kohteen. Urakoitsija saa valmiit toteutuskelpoiset suunnitelmat käyttöönsä urakan alkuvaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että tietomalli on toteutussuunnitteluvaiheessa viety jo hyvin pitkälle.

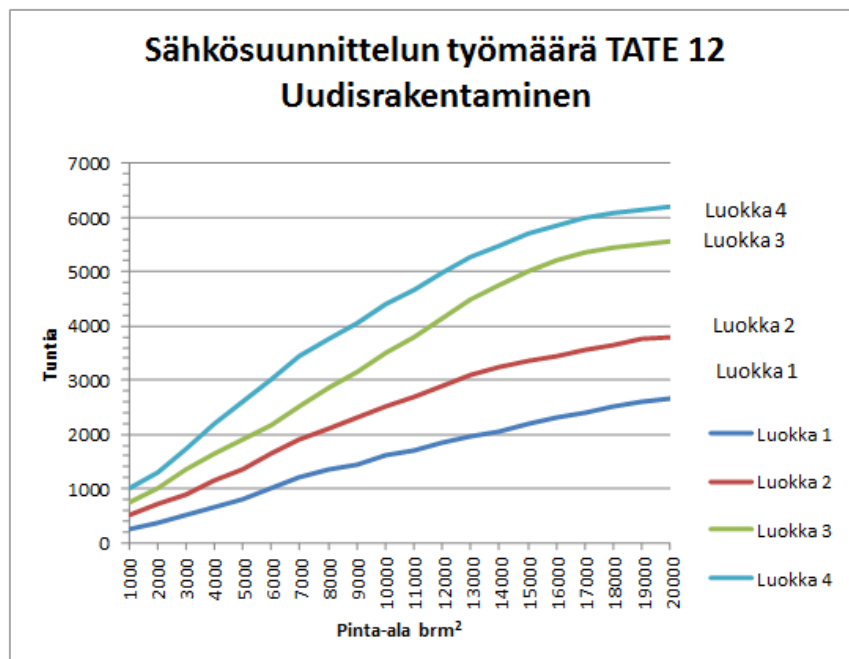
KVR-urakka on sopimusmalli, jossa rakennusliike vastaa kohteen suunnittelusta ja toteutuksesta. KVR -lyhenne tulee sanoista kokonaisvastuurakentaminen. KVR-urakamuodossa rakennuttaja valitsee rakennusliikkeen hankkeeseen heti hankkeen alkuvaiheessa ja valittu KVR-urakoitsija johtaa suunnittelua heti hankkeen alusta lähtien.

Projektinjohtourakassa urakoitsija hoitaa sekä pääurakoitsijan, että rakennuttajan tehtäviä. Projektinjohtourakassa suunnittelu etenee toteutuksen kanssa samanaikaisesti.

Allianssihanke on suhteellisen uusi urakamuoto. Allianssihakkeessa tilaaja valitsee suunnittelijan ja rakentajan heti hankkeen alkuvaiheessa, hoitamaan hankkeen toteutuksen ja suunnittelun yhteistyössä.

Elinkaarihankkeessa urakoitsijan vastuulle kuuluu suunnittelun ja toteutuksen lisäksi rakennuskohteen määräaikainen ylläpito, sekä hoito-, kunnossapito- ja käyttötehtävät ja jopa omistus- ja rahoitusjärjestelyt.

3.7.1 Työmääräarvio eri urakamuodoissa



Kuva 3.5 Taulukko sähkösuunnittelun työmäärästä TATE12 –mukaisesti (SKOL -julkaisu)

Edellisen sivun kuvassa 3.5 esitetään sähkösuunnittelun työmääräarviot vaatimustasoltaan erityyppisissä projekteissa. SKOL ry:n julkaisema työmääräarvio perustuu heidän jäsenoimistojen tekemiin laskelmiin. Työmäärää arvioidessa kuvan 3.2 taulukosta valitaan rakennuskohteen tyyppin ja koon perusteella perustyömenekki, jota muutetaan laskelmissa esitettyjen kertoimien mukaisesti.

Vaatimustasoluokat on jaettu seuraavasti:

1. *Helpot kohteet: teollisuushallit, pysäköintitalot, myymälähallit, varastot, asuinrakennukset jne.*
2. *Liikerakennukset ja helpohkot julkiset rakennukset, päiväkodit ja koulut, varusteiltaan tavanomaiset toimistot, vaativat urheiluhallit, kurssikeskukset, liikenteen rakennukset, normaalit uimahallit, palvelutalot, päiväkodit*
3. *Julkiset rakennukset ja kauppakeskukset/tavaratalot, toiminnaltaan monipuoliset oppilaitokset ja koulut, hotellit, kirjastot, kirkot, lääkäri- ja terveysasemat, monitoimihallit, isot kylpylärakennukset, konesalit, vaativat teollisuusrakennukset*
4. *Vaativat kohteet: teatterit, laboratoriot, sairaalat, museot, vaativat lento-, rautatie- ja linja-autoasemat jne.*

Työmääräarviossa on esitetty lisäksi kolme taulukkoa, joissa annetaan kertoimia työmäärän perusmenekkiin rakennuksen ominaisuuksien, tehtävän laajuuden sekä toteutusmuodon vaikutuksien perusteella.

Taulukko 3

TOTEUTUSMUODON VAIKUTUS	
Ominaisuus	Kerroin
Hankintaan vaikuttavien suunnittelupakettien määrä TATE 12 G2,5 ja G 6.2.4	
- 2-10	1,05...1,15
Sähköistyshankinnan urakkamuodon vaikutus TATE12 liitteet 2.1, 2.2 ja 2.3	
- kokonaisurakkamuoto	1,00
- projektijohtourakka	1,10...1,30
- avoin rakentaminen	1,20...1,50

Kuva 3.6 Toteutusmuodon vaikutus sähkösuunnittelun työmäärään (SKOL -julkaisu)

Edellisen sivun kuvassa 3.6 esitetään SKOL ry:n työmääräarvion taulukko 3, jossa annetaan kertoimia työmäärän arviointiin eri toteutusmuodoille. [6. s. 1 - 3]

Sähkösuunnittelun työmääräarvio on tietomallihankkeissa suoraan verrannollinen tietomallintamisen kuluvaan työmäärään, sillä tietomallia työstetään ja ylläpidetään koko suunnitteluprosessin ajan, siksi urakkamuodolla on merkitystä tietomallintamisen resursoinnissa.

3.8 Suunnittelualojen välisen yhteistyön merkitys tietomalliprojektissa

Suunnittelutyön alkaessa hankkeen eri osapuolien välinen yhteistyö on avainasemassa prosessin saattamiseksi oikeille raiteille alusta alkaen. Ennen varsinaisen tietomallin luomista on hyvä sopia toistuvien tilojen asennusjärjestyksen ja –sijoituksen pääperiaatteista esimerkiksi 2D-leikkauksen avulla.

Käytännössä talotekniset suunnittelijat sopivat yhteistyössä arkkitehdin kanssa tarvittavista talotekniikan tilavarauksista, sekä sähkösuunnittelija sopii LVI-suunnittelijan kanssa tilavarauksen järjestelyistä. Sovittavia asioita voivat olla esimerkiksi; kummalla puolella käytävää asennetaan sähköhylyt ja IV-kanavat, sekä siitä, mikä on väistämisyjärjestys ahtaissa kohdissa ja risteyksissä.

Suunnittelijoiden keskinäinen aktiivinen tiedonvaihto on tärkeää, jotta mahdolliset ongelmakohdat löydetään riittävän varhaisessa vaiheessa.

3.9 Tietomallintaminen eri suunnitteluvaiheissa

Tietomallintaminen aloitetaan yleensä tietomallin aloituskokouksella. Kokoukseen osallistuvat kaikki hankkeeseen kuuluvat osapuolet; tietomallikoordinaattori, tilaaja, rakennuttaja, sekä jokaisen suunnittelualan edustaja.

Tietomallin aloituspalaverissa sovitaan yleensä käytettävästä koordinaatistosta ja korkomaailmasta, sekä käytettävistä ohjelmista. Lisäksi aloituspalaverissa sovitaan, kuinka tiheästi tietomallia päivitetään, tietomallin jakeluperiaatteet sekä tietomallin yhteensovituksen pelisäännöt.

Ensimmäisen tietomallikokouksen jälkeen eri suunnittelualat toimittavat tietomallikoordinaattorille tietomalliselostuksen ja alustavan tietomallin, jolla varmistetaan, että kaikki suunnittelualat työskentelevät yhteisessä koordinaatistossa. YTV2012 mukaisen tietomalliselosteen esimerkki esitetty liitteessä 2.

Sähkösuunnittelun osalta alustava tietomalli sisältää yleensä kaikille yhteisen kohdistuskuution sijoittamisen nollapisteeseen, sekä erikseen sovitusti esimerkiksi muutaman kaapelihyllyn, tai keskuksen sijoittamisen tietomalliin.

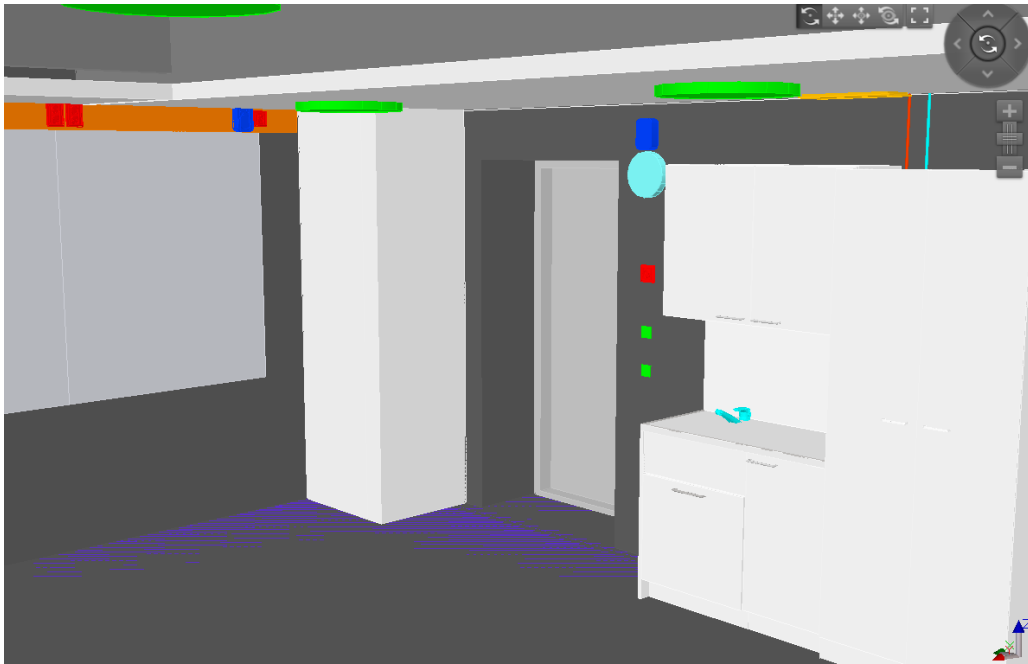
3.9.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa rakennushankkeelle asetetaan tavoitteet koskien hankkeen laajuutta, kustannuksia, toimivuutta, laatua, ajoitusta sekä ylläpitoa. Hankesuunnitteluvaiheessa tehdään erilaisia hanketta koskevia selvityksiä, sekä määritetään alustava toteutusmuoto. Hankesuunnitelman lähtötietona toimii tilaajan ja käyttäjien tavoitteet rakennushankkeelle. [4. s. 4]

Hankesuunnitteluvaiheessa sähkösuunnittelun tietomallia ei aina ole käytössä, tai jos on, niin tietomalli on tässä vaiheessa hyvin suppea. Siksi hankesuunnittelussa sähkön tietomallilla ei voida arvioida kohteen kustannuksia tai laajuutta. Sähkön tietomalli hankesuunnittelussa voi toimia esimerkiksi laatutason määrittelyssä, tai jonkin tietyn asennustavan toimivuuden tarkistuksena.

Tietomallia on harvoin hyödynnetty sähkösuunnittelun hankesuunnitteluvaiheessa, mutta viime aikoina trendi on, että tietomallintaminen voidaan aloittaa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Etenkin korjausrakentamisen hankkeissa tietomallista voi olla hyötyä jo hankesuunnittelun alkaessa, mikäli kohteessa on jo etukäteen tiedossa asennusteknisesti ahtaita, tai hankalia paikkoja.

Hankesuunnittelussa sähkön osalta tietomalliin voi sisältyä esimerkiksi mallihuoneen sähköasennusten tietomallintaminen, tai haastavan rakennusosan tilavarausten riittävyyden tarkistaminen.



Kuva 3.7 Mallihuoneen suunnittelu

3.9.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa selvitetään vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja, joilla hankesuunnittelussa asetetut tavoitteet saadaan toteutettua. Ehdotussuunnitteluvaiheessa on tarkoitus etsiä ja vertailla useampia vaihtoehtoisia toteutustapoja. [4. s. 10]

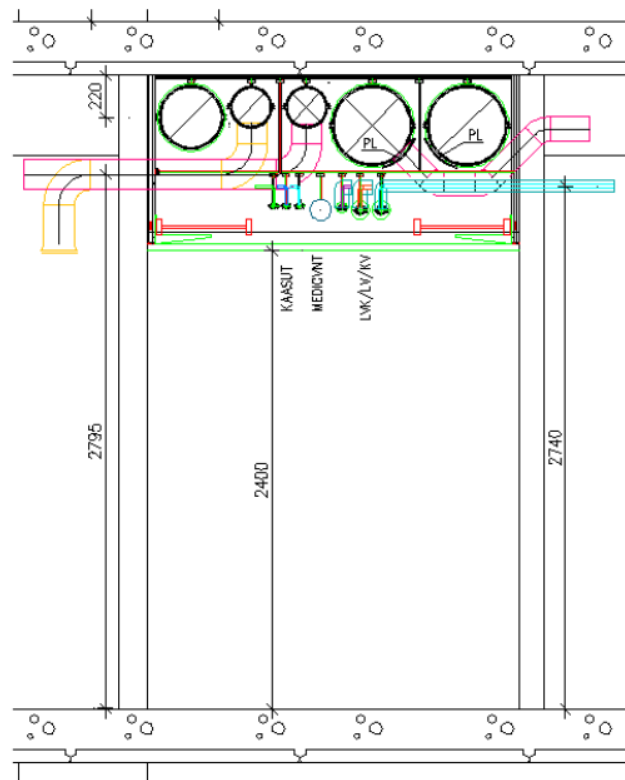
Ehdotussuunnitteluvaiheessa sähkön tietomallia voidaan hyödyntää jo hankesuunnitteluvaihetta laajemmin. Ehdotussuunnittelussa tietomallintamista voidaan käyttää teknisten tilojen tilavarausten ja alustavien mallitilojen mallintamiseen ja visualisointiin. Mikäli kohteessa on paljon toistuvia tilaratkaisuja, sähkön tietomallissa voidaan mallintaa samaan tilaan useampia erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, mm. valaistuksen ja sähkönjakelun toteutustavan suhteen, mutta tietomallia merkittävämmässä roolissa ehdotussuunnitteluvaiheessa on 2D –piirustukset ja leikkaukset.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tehdään yhteistyötä muiden suunnittelualojen kanssa, esimerkiksi tilavarausten yhteensovittamiseksi. Yhteydenpitotavat on usein sovittu tietomallin aloituspalaverissa. Joskus hankkeessa voi olla tietokantapohjaisia internetsivustoja tiedonvaihtoon, joskus suositetaan yhteydenpitoa puhelimitse, sähköpostitse tai pikaviestimin.

3.9.3 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitelmista jalostetaan toteutuskelpoisia yleissuunnitelmia. Yleissuunnitteluvaiheessa suoritetaan suunnitelmien ristiintarkastus ja yhteensovittaminen. Sähkösuunnittelun yleissuunnitelmadokumentteihin kuuluu järjestelmäkuvaukset, asemapiirustus, pääjohtoreitit ja keskusten tilavauraukset esitettynä tasopiirustuksissa sekä alustavat järjestelmäkaaviot. Yleissuunnitteluvaiheen tuloksena syntyy tilaajalla hyväksytyt yleissuunnitelmat, joiden pohjalta voidaan alkaa tehdä toteutussuunnittelua. [4. s. 14 - 15]

Vaikka tilavarausmallissa ei ole vaatimuksia tietosisällön suhteen, yleissuunnitteluvaiheessa sähkösuunnittelija vie tietomalliin pääjohtoreitit ja keskukset, koska sähkösuunnittelukäytössä olevat tietomallinnusohjelmat eivät mahdollista tilavarausobjektien käyttöä. Yleissuunnitteluvaiheessa tietomallia hyödynnetään pääjohtoreittien yhteensovittamiseen muun talotekniikan kanssa, sekä mallitilojen osalta talotekniikan asennusjärjestyksen ja -periaatteiden selvittämiseen. Yleissuunnitteluvaiheessa tietomallissa voidaan myös tarkistaa pääreittien tilavarausten sopivuus ja alakattotilan riittävyys.

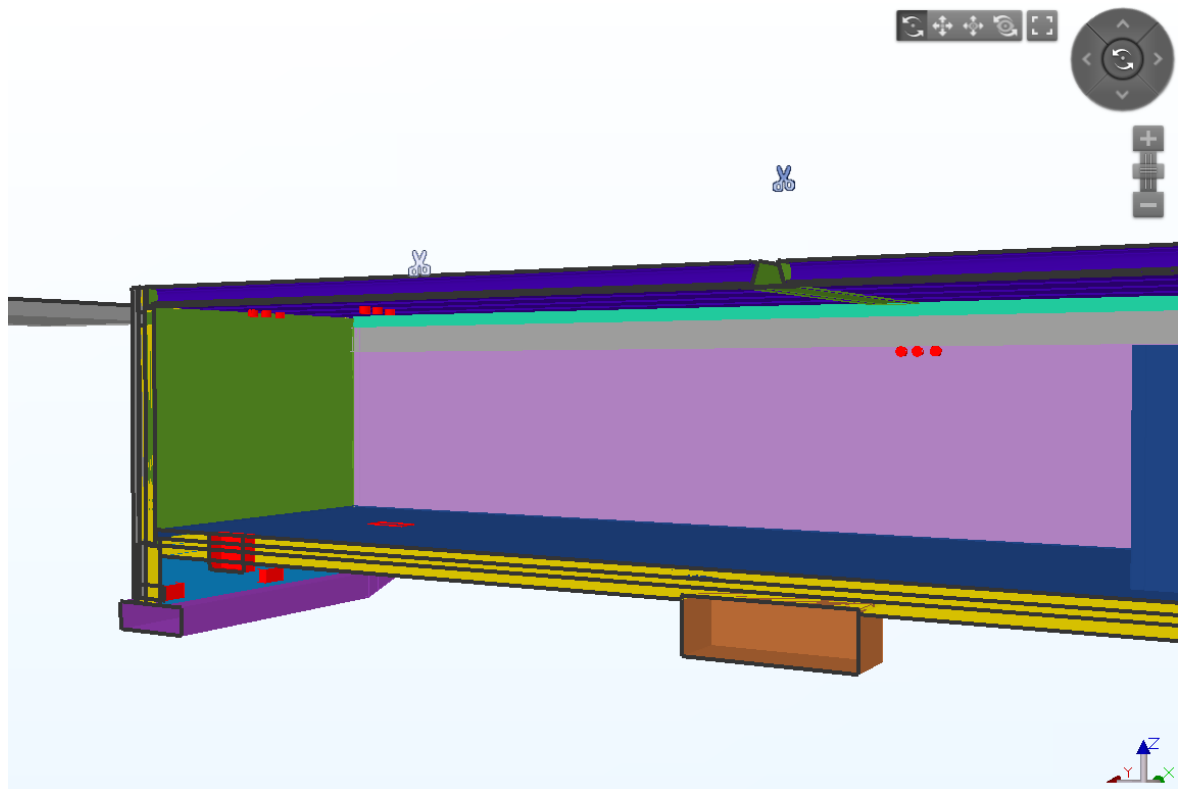


Kuva 3.8 Perinteinen 2D-leikkaus tietomallintamisen perusteeksi. (YTV2012 osa 4 s. 17)

3.9.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa yleissuunnitelmista kehitetään rakentamista ja hankintoja palvelevia suunnitelmia. Toteutussuunnitelmat ovat mitoitettuja suunnitelmia ja hankintoja varten toteutussuunnitelmissa esitetään tuotemäärittelyt. Toteutussuunnittelun käynnistyessä tarkistetaan, että yleissuunnitelmat sisältävät tarvittavat tiedot suunnittelun eteenpäin viemiseksi. Toteutussuunnitteluvaiheessa täydennetään myös rakennuttajan työturvallisuusasiakirja, sekä urakkarajaliite. Toteutusta palvelevat suunnitelmat tarkoittavat suunnitelmia jotka ovat asennuskelpoisia. [4. s. 19 - 25]

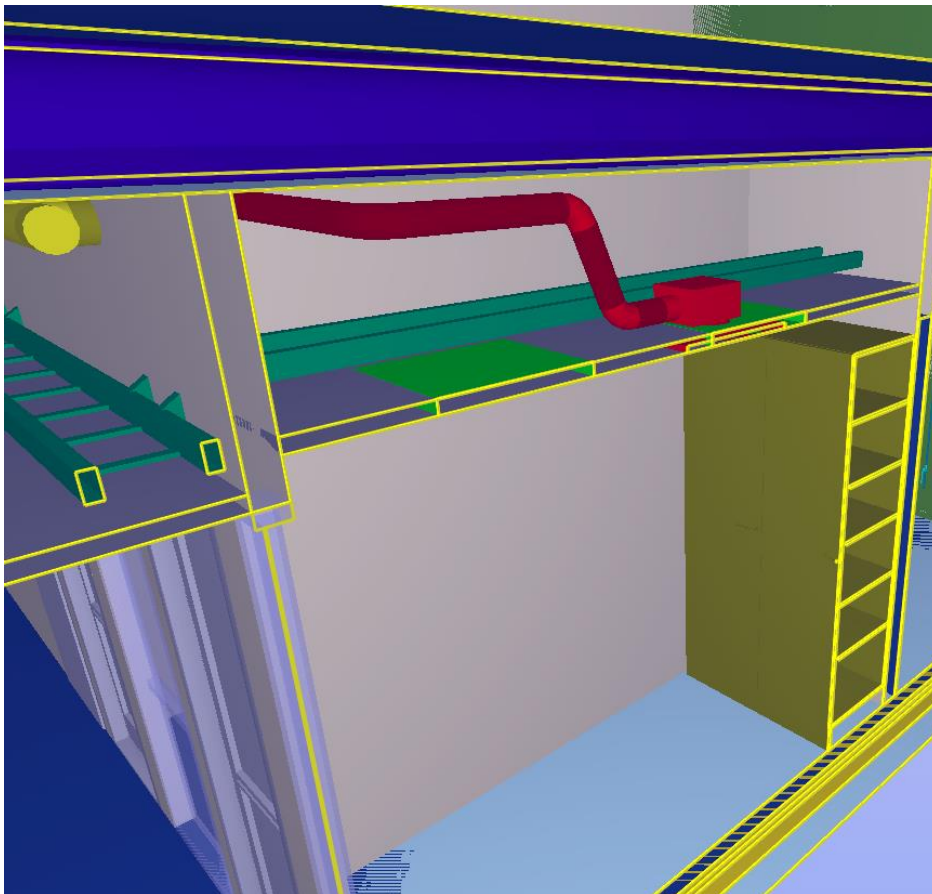
Sähkösuunnittelussa toteutussuunnittelu käynnistyy johtoreittien suunnittelulla ja johtoreittien yhteensovittamisella muun talotekniikan ja rakenteiden kanssa. Seuraavaksi tehdään pistesijoitus suunnitelmat, jotka tarkastetaan muiden suunnittelualojen ja käyttäjän kanssa. Kun pistesijoitus suunnitelmat on hyväksytetty, toimitetaan arkkitehdille tiedot alakattoon sijoitettavista sähköasennuksista, alakattopiirustusten tekoa varten. Yhteensovituksen jälkeen toimitetaan rakennesuunnittelijalle alustavat reikävarauspiirustukset.



Kuva 3.9 Sähkön reikävaraukset rakenteisiin esitetty punaisin reikävarausobjektein

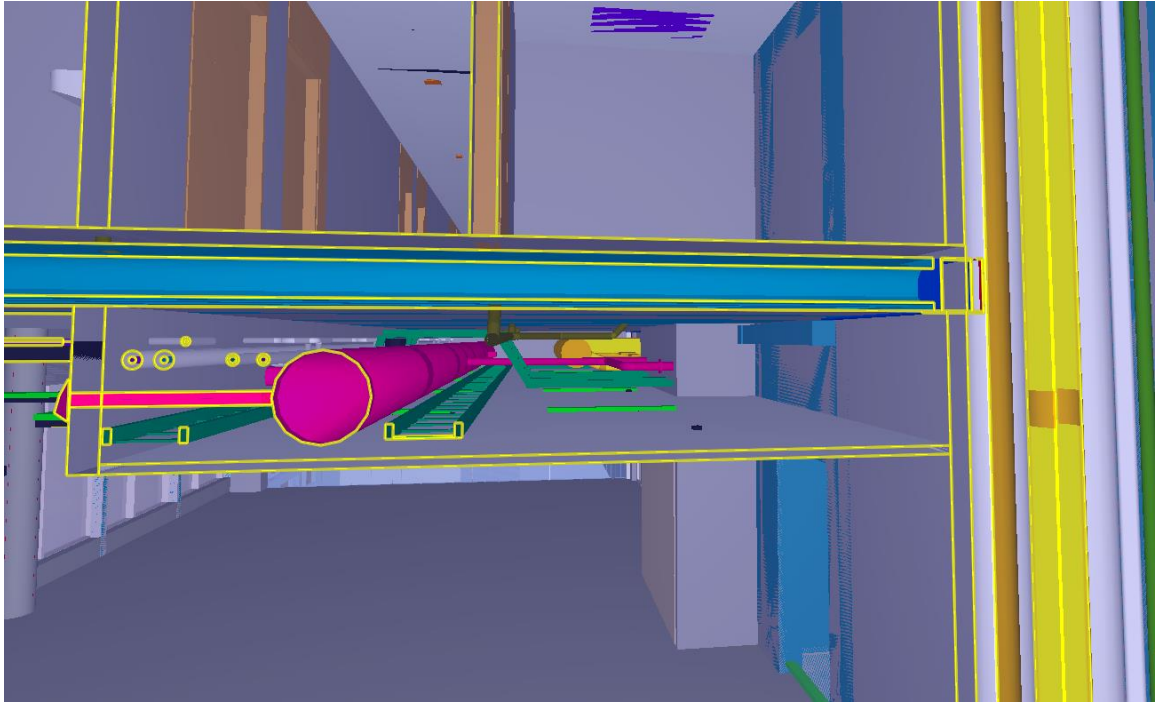
Tietomallin avulla voidaan varmistua, että tilavaraukset ovat riittäviä, ja asennukset ovat toteutettavissa suunnitelmien mukaisesti. Tietomallia hyödynnetään myös alustavien reikävarausten tekemisessä rakennesuunnittelijalle. Reikä- ja varaussuunnittelun toimintatavoista ja periaatteista sovitaan suunnittelusopimuksessa. YTV2012 täydentävässä liitteessä on esitetty vaatimukset ja ohjeet reikävarausten mallintamiselle. Toteutussuunnitteluvaiheessa etenkin sähkö- ja LVIA-suunnittelija vaihtavat aktiivisesti tietoa keskenään, kun yhdistelmämallin risteilykohdille tehdään yhteensovitus.

On tärkeää sopia suunnittelijoiden kesken väistämisjärjestyksestä. Jos eri suunnittelu-alojen suunnittelijat päättävät omatoimisesti korjata havaitsemansa törmäilyt, voi käydä niin että seuraavasta yhdistelmämallista löytyy sama törmäys eri sijainnista.



Kuva 3.10 Valaisimen ja IV-laitteen törmäyskohta alakatossa

Yksityiskohtia on helpompaa ja nopeampaa korjata suunnittelijoiden kesken esimerkiksi puhelimesta tai sähköpostilla, kuin jäädä odottamaan tietomallikoordinaattorilta päivitettyä yhdistelmämallia.



Kuva 3.11 Sähkön ja LVI-tekniikan järjestelmät alakaton yläpuolella

3.9.5 Rakentamisen aikainen tietomallintaminen

Rakentamisvaiheessa tehdään urakka- ja hankintasopimukset. Rakentamisvaiheessa varmistetaan, että toteutus on tehty sopimusten mukaisesti ja että toteutus täyttää hankkeelle asetut tavoitteet. [4. s. 15 - 28]

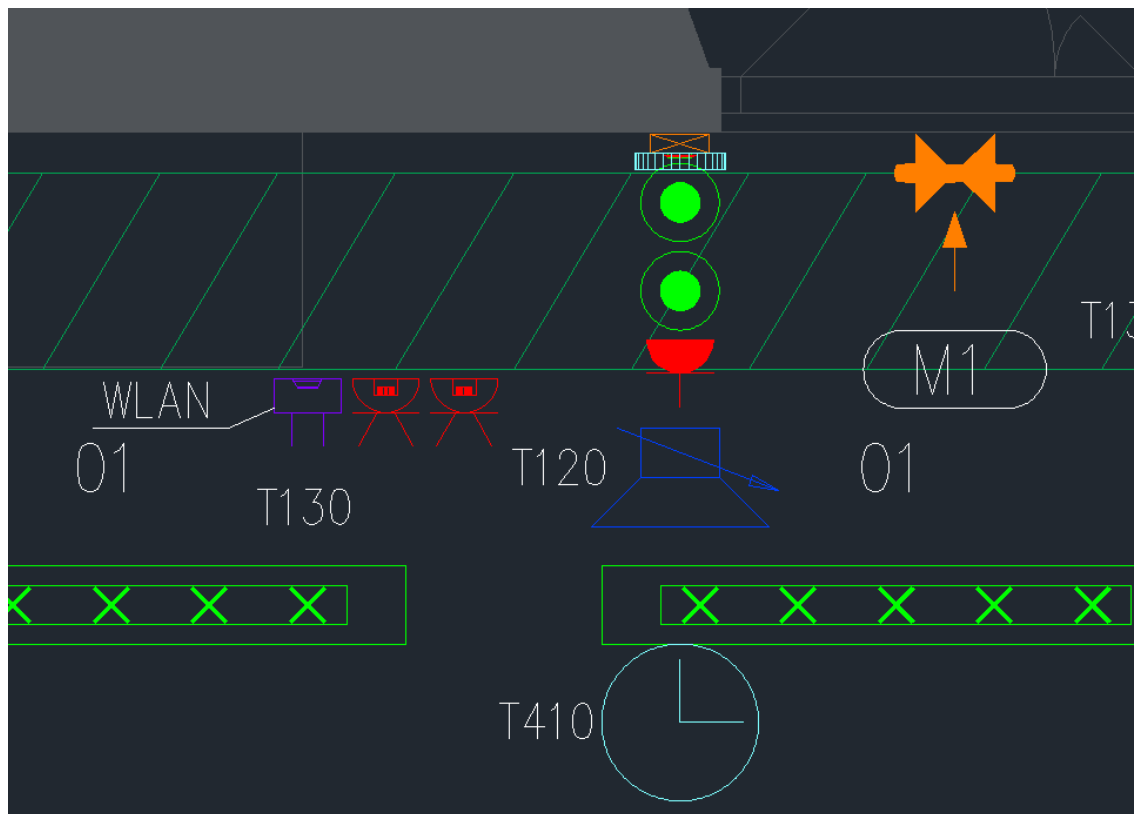
Rakentamisvaiheessa käynnistyy asennussuunnittelu. Rakentamisvaiheessa hyväksytään urakoitsijan esittämät laite- ja järjestelmävalinnat ja tiedot viedään asennussuunnitelmiin. Rakentamisvaiheessa ilmenee usein suunnitelmien muutos- ja päivitystarpeita, joista aiheutuu myös tarvetta päivittää tietomallia. Rakentamisen aikana ilmenee usein myös työmaan muutostarpeita, joita urakoitsija merkitsee punakynin tarkepiirustuksiin. Tavallinen muutos voi olla esimerkiksi kaapelihyllyn siirtäminen tai jatkaminen.

Rakennuksen käyttööntöövaiheessa tarkepiirustusten merkinnät viedään virallisiin suunnitelma-asiakirjoihin, sopimuksesta riippuen urakoitsijan tai suunnittelijan toimesta. Tietomalli voidaan päivittää toteutusta vastaavaksi, jos suunnittelusopimus käsittää toteutusmallin tekemisen.

3.9.6 Lisä- ja muutossuunnittelu

Suunnitteluprosessiin kuuluvat lähes poikkeuksetta tehtävät lisä- ja muutostyöt. Tällaisia töitä ovat sopimuksen ulkopuoliset suunnittelutehtävät, sekä kertaalleen tehdyn ja hyväksytyt suunnitelman muutokset. Lisä- ja muutostöiden tekemisestä on aina sovittava erikseen hankkeen tilaajan kanssa.

Tietomalliprojektissa tehtävät muutokset ovat työmäärältään suurempia, kuin perinteisten 2D-suunnitelmien muuttaminen. MagiCADin mallinnettavilla objekteilla on erilliset 2D- ja 3D-objektinsa, joten yhden objektin sijasta täytyy siirtää kahta objektia. Alla kuvassa 3.12 esitetty 3D- ja 2D- objektit MagiCADin näkymässä.



Kuva 3.12 3D-objektit 2D –objektien sisällä ja johtokouruun järjesteltyinä

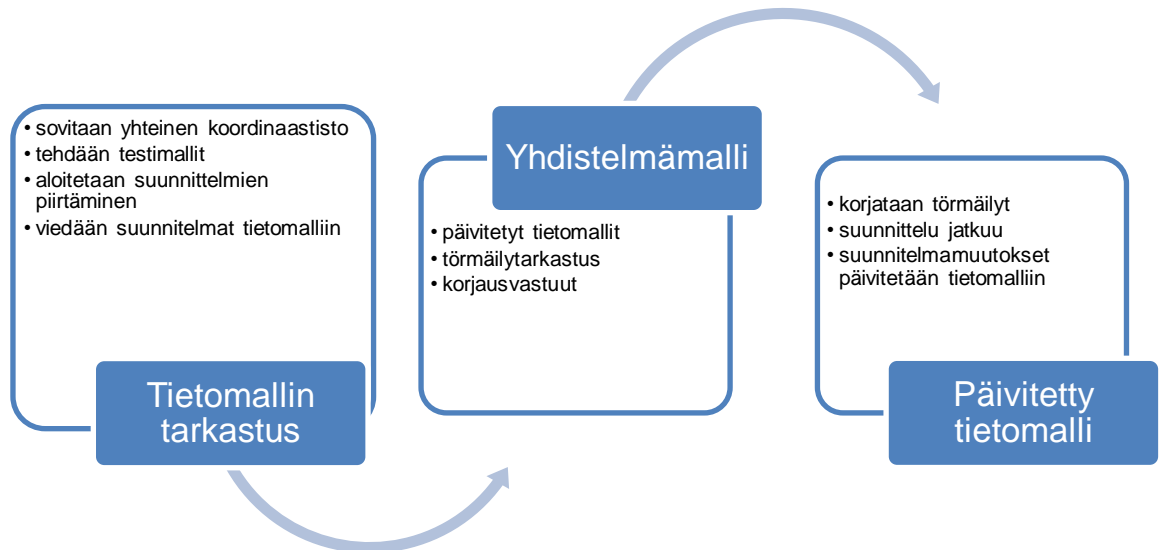
Jotta 2D-suunnitelma on luettavissa, päällekkäin tulevat objektit esitetään jonossa, järjestyksessä alimmasta ylimpään. Tietomallissa objektit täytyy kuitenkin mallintaa todelli-

sessä koossaan ja oikeaan sijaintiin. Näin ollen muutoksia tehtäessä on siirrettävä molemmat objektit muuttuneen sijainnin mukaisesti, kun 2D-suunnittelussa riittäisi yhden objektin siirtäminen.

Johtoteihin tehtävät muutokset jälkikäteen ovat ohjelmistoteknisistä syistä työläitä, ja aiheuttavat yhteensovitustarvetta muun talotekniikan ja rakenteiden kanssa. Tietomallin tarkkuustaso ja laajuus tulee ottaa huomioon lisätyötarjouksia tehtäessä.

3.9.7 Tietomallin ylläpito

Tietomallia ylläpidetään sopimuksista riippuen koko suunnitteluprosessin ajan. Tietomallia päivitetään tarpeen mukaan, kun sähkösuunnitelmiin tulee muutoksia. Joskus tietomallit sovitaan päivitettäväksi viikoittain, etenkin kun suunnittelu on aktiivisessa vaiheessa. Tietomalliprojekteissa tietomallit päivitetään suunnitteluryhmän käyttöön kuitenkin vähintään aina ennen tietomallikokousta, jotta tietomallikoordinaattori voi koota yhdistelmämallin kunkin suunnittelualan viimeisimmän suunnitelmatilanteen mukaisesti.



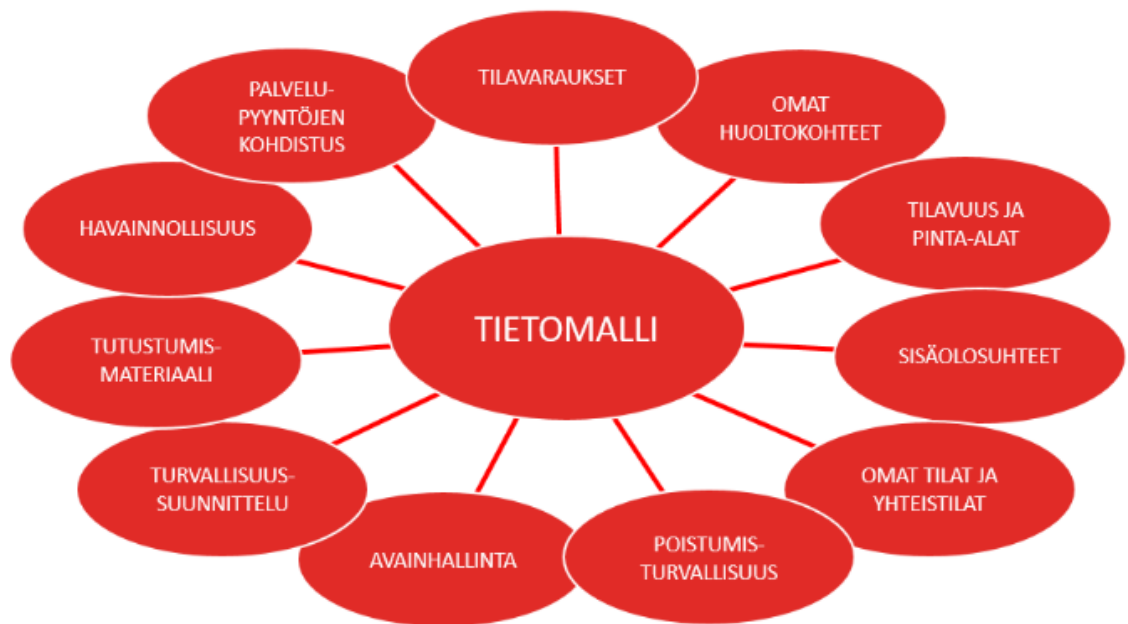
Kuva 3.13 Tietomallin ylläpito suunnitteluna aikana

Tietomallin ylläpito rakennushankkeen luovutuksen jälkeen on usein hankkeen tilaajan ja kiinteistön käyttäjän vastuulla.

3.9.8 Tietomallin hyödyntäminen rakentamisen jälkeen

Se, kuinka tietomallia hyödynnetään rakentamisen jälkeen, on riippuvaista hankkeen tilaajan tavoitteista tietomallia koskien. Hankkeen luovutuksen jälkeen toimitetaan luovutuspiirustusten lisäksi kohteen suunnitelmatiedostot sekä tietomalli, joten teoriassa olisi mahdollista, että tietomallia voitaisiin päivittää ja ylläpitää koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tietomallia halutaan usein hyödyntää huoltokirjan kanssa rinnakkain. Tietomallin avulla on myös helppo tutustuttaa rakennuksen uusia käyttäjiä tiloihin.

Osittain tilaajaorganisaation tiedonpuutteen ja osaamisvajeen seurauksena monien kiinteistönomistajien hallussa on arvokas tietomalli, joka menettää arvonsa ylläpidon ja päivityksen puutteen myötä. Tietomallin ylläpitotoimenpiteet jäävät usein tekemättä, kun tietomalli ei sisällä ylläpidon kannalta tarpeellista sisältöä. [14.]



Kuva 3.14 Tietomallin käyttömahdollisuuksia kiinteistön käytön näkökulmasta (Tietomallit ylläpidossa, Senaatti) [16. s.33]

Senaatti-kiinteistöjen tekemän selvityksen mukaan merkittävin etu tietomallin käytöstä kiinteistön ylläpidossa, on tietomallin visuaalisuus, jonka avulla rakennusta voidaan tarkastella ilman rakennuspiirustusten lukutaitoa, sekä mahdollisuus tarkastella rakenteiden sisällä olevaa tekniikkaa ilman rakenteiden tai luokkujen avaamista. [16. s. 21]

4 Tietomallintamisen toimintatavat

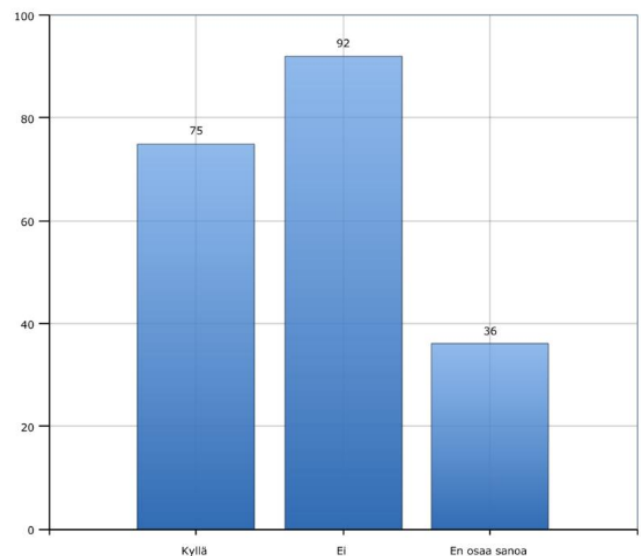
4.1 Suunnittelijan taidon ja ohjelmisto-ominaisuuksien vaikutus tehokkuuteen

BuildingSMART Finlandin talotekniikkatoimialaryhmän teettämän kyselyn mukaan sekä suunnittelijat ja tilaajat, että urakoitsijat pitävät toimintatapojen kehittämistä ohjelmistojen kehittämistä tärkeämpänä tietomalliprosessin onnistumisen kannalta. Selkeät toimintatavat mahdollistavat tehokkaan työskentelyn tietomalliprojekteissa.

KUMPAA PITÄISI MIELESTÄSI
ENSISIJAJAISESTI KEHITTÄÄ:
OHJELMISTOJA VAI TOIMINTATAPOJA?



ONKO TEKNINEN OSAAMISTASO SUOMESSA
RIITTÄVÄ TIETOMALLIEN KÄYTÖLLE?

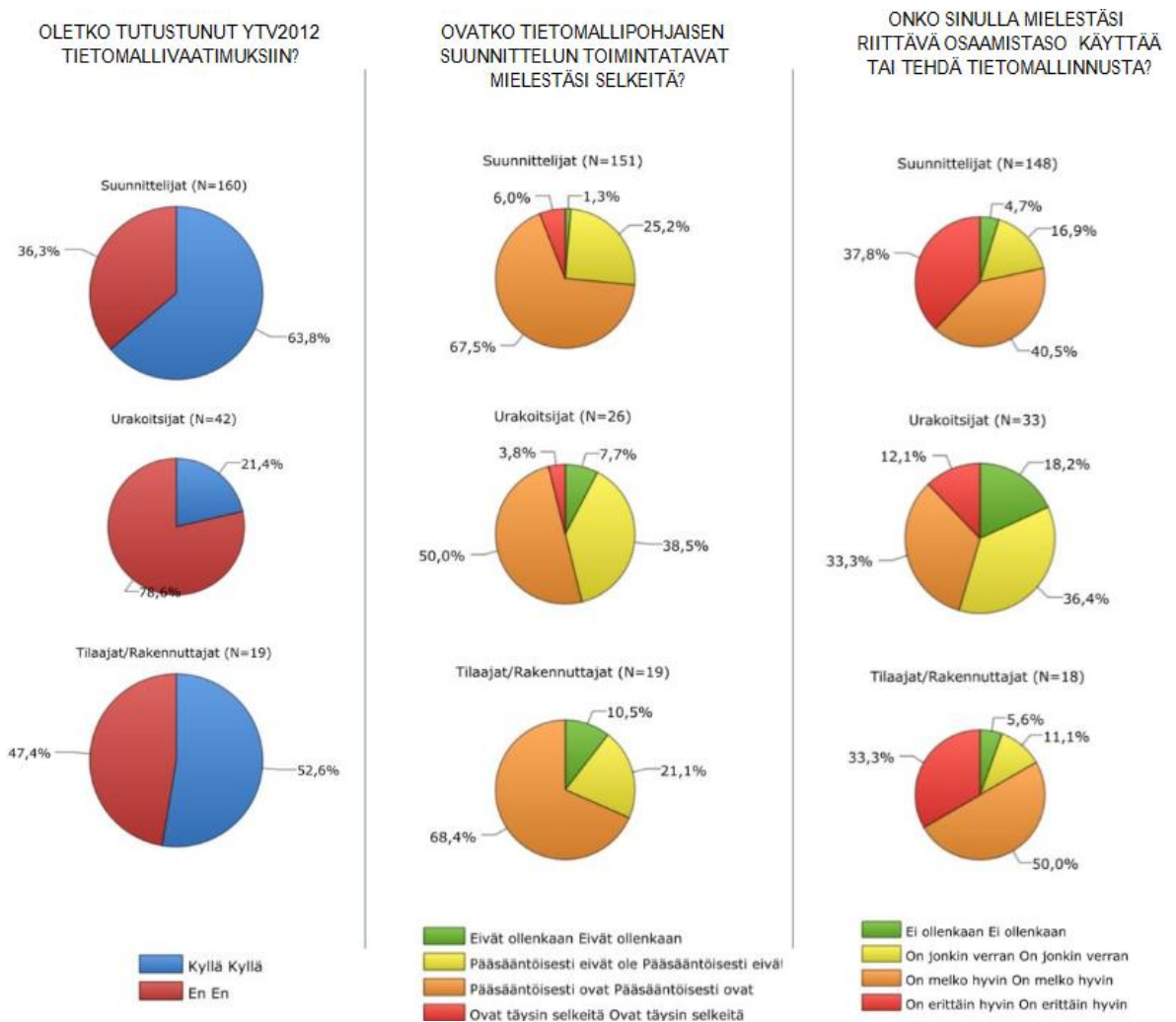


Kuva 4.1 Osaamistaso ja kehitystarpeen arviointi (Talotekniikkatoimialaryhmän kysely 2015) [12]

Toimintatapojen epäselvyys lisää virheiden mahdollisuutta suunnitteluprosessissa. Selkeät toimintatavat ohjaavat suunnittelijaa tekemään oikeita asioita oikeaan aikaan. Toimintaohjeistuksella ja aikataulutuksella vähennetään korjaus- ja muutostarpeita.

4.1.1 Suunnittelijan perehdyttäminen

BuildingSMART Finland talotekniikkatoimialaryhmän kyselyn mukaan reilu kolmannes suunnittelijoista ei ole tutustunut YTV2012 tietomallivaatimuksiin, ja neljännes suunnittelijoista kokee, etteivät tietomallipohjaisen suunnittelun toimintatavat ole selkeitä. Kuitenkin selvä enemmistö suunnittelijoista on sitä mieltä, että tietomallin käytön tekninen osaminen ja tekeminen ovat hallinnassa.



Kuva 4.2 Osaamistaso ja kehitystarpeen arviointi (Talotekniikkatoimialaryhmän kysely 2015) [12]

Lisäämällä suunnittelijan perehdytysohjelmaan kohdan YTV2012 tietomallivaatimuksiin tutustumisesta varmistetaan se, että suunnittelija hahmottaa tietomallivaatimusten kokonaisuuden, ja osaa jatkossa etsiä tietoa oikeasta paikasta. Suunnittelijan tulisi tutustua ainakin yleisten tietomallivaatimusten yleiseen osuuteen (YTV2012 osa 1), sekä taloteknisen suunnittelun vaatimuksiin (YTV2012 osa 4) ja laadunvarmistuksen periaatteisiin

(YTV2012 osa 6). Tietomallipohjaisen suunnittelun toimintatavat ovat helpommin ymmärrettävissä, kun tuntee vaatimukset ja osaa soveltaa niitä suunnittelusopimuksen ja tehtäväluettelon edellyttämässä laajuudessa.

4.1.2 Tietomallintamisen aloitus

SKOL ry:n talotekniikkaryhmä on luonut ohjeen suunnitteluhankkeen eri osapuolille keskenään yhteensopivien mallien tuottamiseen. Ohje on julkaistu YTV2012 täydentävässä liitteessä ja ohjeen sisällöstä ja ylläpidosta vastaa BuildingSMART Finland. Ohjeessa on annettu yhteiset ohjeet origon asettamiselle ja kuvattu vaatimus rakennemallin valmiusasteesta ennen talotekniikan mallintamisen aloitusta. Ohjetta noudattamalla varmistetaan suunnitelma-aineistojen keskinäinen yhteensopivuus rakennushankkeen alusta lähtien. [13. s. 1]

Aikataulu ja tehtävät				
Tarvitaan	Saatu	Sisältö	Huomautukset	Toimittaja
pp.kk.vvvv		Mallinnuksen aloituspalaveri		Kaikki
pp.kk.vvvv		2D dwg-pohjakuva, jossa WCS-origo sovituspaikassa ja rakennus oikeassa kulmassa		ARK
pp.kk.vvvv		IFC, joka on WCS-origossa ja ARK-objekteja absoluuttisessa korossa		ARK
pp.kk.vvvv		IFC, jossa on mallinnettu RAK-objekteja samaan avaruuteen kuin ARK-mallissa		RAK
pp.kk.vvvv		IFC, jossa mallinnettuna TATE-komponentteja samaan avaruuteen kuin ARK- ja RAK-mallissa		TATE

Kuva 4.3 Mallinnuksen aloittamisen tehtäväjärjestys (YTV2012 täydentävä liite) [13. s.6]

Suunnittelun alussa on tärkeää varmistaa, että kaikki suunnittelualat työskentelevät samassa cad-avaruudessa. Sähkösuunnittelija toimittaa arkkitehdille oman IFC-tiedostonsa, kun arkkitehti on tehnyt 2D-dwg-pohjakuvan, jossa rakennus on oikeassa kulmassa ja WCS-origo on sijoitettu sovittuun paikkaan, ja kun sähkösuunnittelija on saanut arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan IFC-tiedostot, joissa rakenteen ja arkkitehdin objektit ovat samassa avaruudessa. Tietomallin toimittamisen yhteydessä toimitetaan tietomalliselostus. YTV2012 on luonut esimerkin tietomalliselostuksen sisältövaatimuksista. Esimerkkiselostus on liitetty tähän tutkimukseen (liite 2).

Täydentävässä liitteessä seuraavaksi toimenpiteeksi suositellaan pääperiaatteiden sopimista 2D-leikkausten ja 2D-pohjakuvien avulla, ennen varsinaisen mallintamisen aloitusta. Vaakasuuntaisten sähköreittien mallintaminen aloitetaan, kun asennusjärjestys on sovittu arkkitehdin ja talotekniikan 2D-leikkauksien avulla.

Suunnitteluratkaisujen periaatteellisen toiminnan ja yhteensopivuuden varmistamien ennen mallintamisen aloitusta luo edellytykset resurssitehokkaalle suunnittelulle. [7. s. 18]

4.1.3 Sähkösuunnittelun projektipäällikön rooli tietomallihankkeessa

Projektipäällikön tulee selventää kaikille projektiin osallistuville suunnittelijoille sopimuskohtaiset tietomallintamisen tietosisältöön ja laajuuteen liittyvät vaatimukset. Projektipäällikkö toimii itse projektin tietomallivastaavana, tai nimeää suunnitteluryhmästä suunnittelijan tietomallivastaavaksi.

Tietomallivastaava osallistuu tietomallikokouksiin, välittää tietomallikokouksissa sovitut suunnitteluprosessin kulkuun vaikuttavat asiat suunnitteluryhmän tietoon, ja huolehtii tietomallin päivittämisestä.

Hankkeen tietomallisuunnitelmaa kommentoitaessa on tarkistettava, että suunnitelmassa sovitut toimenpiteet ovat linjassa sähkön suunnittelusopimuksen sisällön kanssa.

4.1.4 Ohjelmistot

Suunnitteluohjelmistojen käyttötaito on avainasemassa tehokkaassa suunnittelutyössä. Ohjelmistoihin tulee ajoittain uusia päivityksiä ja ominaisuuksia. Ohjelmistoista, niiden päivityksistä ja uusista ominaisuuksista järjestetään tarvittaessa koulutusta suunnittelijoille. On tärkeää kouluttaa itseään ja tutustua ohjelmistopäivitysten mukana tuleviin ominaisuuksiin, sillä monet päivitykset pyrkivät tehostamaan ohjelmiston käyttöä uusilla ominaisuuksilla.

Kohdeorganisaation IT-palvelut huolehtivat, että uusimmat ohjelmistoversiot ovat käytävissä, ja tarpeelliset päivitykset asennettuina. IT-palveluilta saa tarvittaessa myös käyttäjätukea.

Ohjelmisto-ominaisuuksia tulee pyrkiä kehittämään ohjelmistovalmistajien tai sidosryhmien kautta. BuildingSMART Finland on tietomallintamisen yhteistyöfoorumi Suomessa. Liittymällä mukaan toimintaan, on mahdollista vaikuttaa ohjeistuksien kehittämiseen, verkostoitua tilaajien ja toimittajien kanssa, sekä kehittää liiketoimintaa. [18.]

Kehitystyötä voi tehdä yhdessä myös sähköalan suunnittelijoiden ja suunnittelutoimistojen oman yhdistyksen, NSS ry:n kautta. Yhdistys on aktiivisesti mukana kehittämässä alan toimintatapoja aina lainsäädännön kehittämisestä alan toimijoiden keskinäisen vuorovaikutuksen kehittämiseen. [19.]

4.2 Yhteistyö

4.2.1 Projektin suunnittelijoiden välinen yhteistyö

Yhteistyön on oltava avointa ja muita kunnioittavaa. Kun suunnittelijat tekevät muutoksia suunnitelmiinsa, tulee kiinnittää erityistä huomiota sovittuihin asennusjärjestyksiin ja yleissuunnitteluvaiheessa sovittuihin periaatteisiin. Sitoutuminen ja yhteinen tavoite laadukkaaseen lopputulokseen edesauttaa projektin onnistumista.

Työskentelytapojen ja tiedon jakamisen on oltava tehokasta, jotta työskentely on tuloksellista. Muutostarpeet ja ristiriidat on tuotava projektin osapuolien tietoon selkeästi ja viivyttämättä, jotta virheet eivät pääse kertaantumaan. Kommunikointi- ja tiedonvaihdo-tavoista tulee sopia yhteisesti.

4.2.2 Urakoitsijayhteistyö

Tietomallintaminen luo uusia mahdollisuuksia urakoitsijayhteistyön edistämiseksi. Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden vastakkainasettelua esiintyy usein projekteissa, eikä se ole kenenkään etu. Myös suunnittelijan ja urakoitsijan välisessä yhteistyössä avainasemassa on avoimuus ja molemminpuolinen kunnioitus.

Jotta yhteistyö lähtisi rakentamisen alkuvaiheesta saakka hyvin käyntiin, tulisi urakoitsijavalinnan jälkeen pohtia tarvetta suunnitelmien läpikäymiselle yhteistyössä urakoitsijan ja suunnittelijan kanssa, myös hankkeen sähkövalvojan osallistuminen ns. aloituspala-

veriin antaisi mahdollista lisäarvoa tapaamiselle. Näin mahdolliset erimielisyydet ja ongelmakohdat tulisi ratkaistua jo ennen toteutuksen alkua. Vaikka resursseja kuluisi työaloituksessa enemmän, voidaan hyvällä yhteistyöllä ja urakoitsijalta saatavan suunnittelunohjauksen avulla säästää resursseja jälkikäteen tehtäviltä muutostöiltä ja vähentää työmaalla tapahtuvaa hukkatyötä.

Hyvin toteutetut tietomallipohjaiset suunnitelmat voivat olla urakoitsijalle avuksi jo tarjousvaiheessa. Kun sähkösuunnitelmat sisältävät komponenttien tuotetiedot, urakoitsija pystyy omilla ohjelmistoillaan laskemaan massoja tietokoneavusteisesti, vaikka varsinaisia määräluetteloita ei toimitettaisikaan laskentamateriaaliksi. Tämä edellyttää, että urakoitsija saa käyttöönsä suunnittelutiedostot ja tietomallin, ja että komponentit on mallinnettu tuotetiedon sisältävin objektein, ja yksilöityinä esimerkiksi sähkönumeron perusteella. [20.]

4.3 Tehokkuuden parantamisen yhteenveto

4.3.1 Johtoreittien mallintaminen yleissuunnitteluvaiheessa

YTV2012 vaatimukset eivät aseta tietosisältövaatimuksia sähkösuunnitelmien vaakasuuntaisten kerrosverkostojen mallintamiselle yleissuunnitteluvaiheessa. Sähkösuunnittelijan tietomalliohjelmisto ei kuitenkaan sisällä mahdollisuutta mallintaa varauksia tilavarausobjekteilla, vaan vaakasuuntaiset kerrosverkostot mallinnetaan kaapelihyllyillä.

Kaapelihyllyn korko- ja sivuttaispoikkeamat mallintuvat erillisinä osina, ja osien muuttaminen ja siirtäminen jälkikäteen on työlästä. Yksittäinen kaapelihylly ei myöskään anna todellista tietoa tilavarauksen koosta, sillä paikoitellen hyllyjä tarvitaan useampi kappale päällekkäin. Yleissuunnitteluvaiheessa huomiotta jää myös tilavaraus palonkestäville johtoteille, joka tulee sijoittaa kaikkien muiden asennusten yläpuolelle.

4.3.2 Muutosten tekeminen

Ristiriidat lähtötietomalleissa aiheuttavat turhia muutoksia sähkön tietomalleissa. On tärkeää, että rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin tietomallit ovat yhteensopivia, ja valmiustaso riittävän korkea, ennen talotekniikan tietomallintamisen aloitusta. Seinien siirtymiset ja pilareiden sijaintien muutokset aiheuttavat muutostöitä sähkösuunnittelijalle.

Etenkin hankkeissa, jossa tietomallisisältövaatimukset ovat tavanomaista laajempia, ja mallinnus tehdään kalustetasolla, jälkikäteen tehtävät muutokset aiheuttavat paljon lisätyötä.

4.3.3 Yhteensovituksen tarkkuustaso, aikataulutus ja työjärjestys

Yhteensovitustoimenpiteissä tulee lähtökohtaisesti ottaa huomioon asennettavuus. Jokaista talotekniikan hipaisua ei tarvitse lähteä korjaamaan, jos tietomallista on todettavissa, että asennus on mahdollinen. YTV2012 vaatimuksissa esitetty tarkkuustaso ja sallitut talotekniikan viistämiset on otettava huomioon yhteensovituksessa.

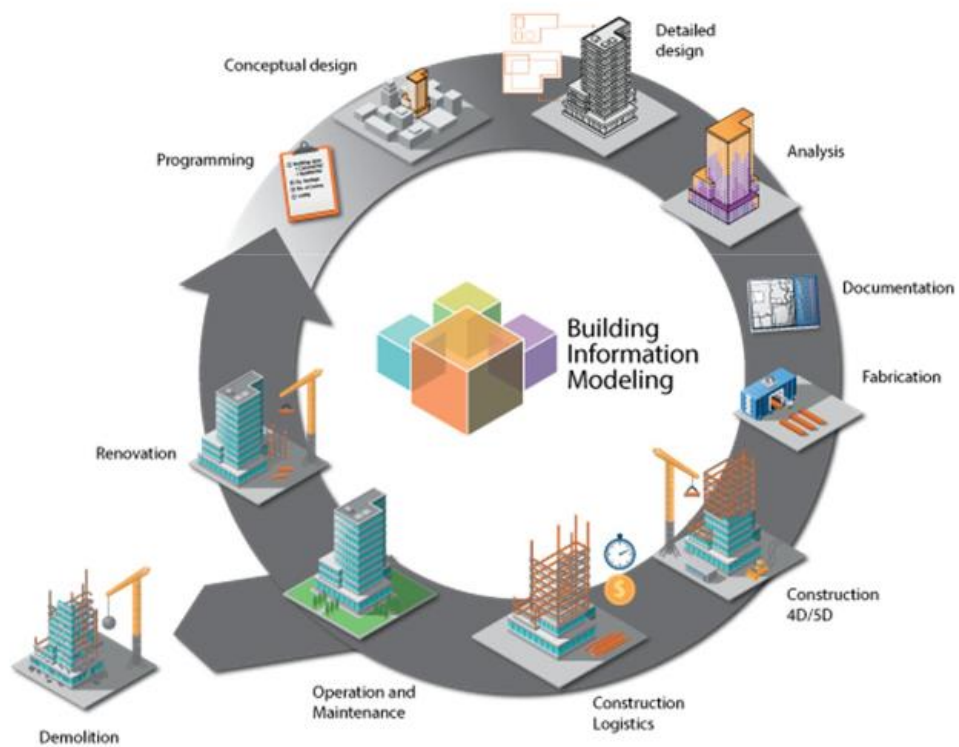
Kun yhdistelmämallin tarkastusraportin huomioita aletaan korjata tietomalleihin, on sovitettava etukäteen suunnitteluryhmän osapuolien kanssa, että kenen vastuualueella törmäilykorjaus on. Työjärjestyksen etukäteisellä sopimisella vältetään saman törmäilykorjauksen siirtyminen, yhtäaikaisten korjaustoimenpiteiden takia.

4.3.4 Yhteistyöllä tehokkuuteen

Korostetaan suunnittelijoiden yhteistyön merkitystä hankkeen alusta asti ja pyritään vaikuttamaan yhteisiin toimintatapoihin suunnittelukokouksissa. Tarkastetaan yhteistyön toimivuus myös sisäisesti oman organisaation suunnitteluryhmän kesken. Urakoitsijavaihtamisen jälkeen pyritään aloittamaan projekti hyvässä yhteishengessä ja yhteisymmärryksessä urakoitsijan kanssa, sekä varmistetaan suunnitelmien ristiriidattomuus ja toteutuskelpoisuus.

5 Tulevaisuuden näkymät

5.1 Tietomallintaminen lähitulevaisuudessa



Kuva 5.1 BIM-käyttömahdollisuudet rakennukset elinkaaren ajan (BIMEET-julkaisu) [11]

Digitalisaatio muuttaa rakennusalaan, vaikkakin hitaammin kuin monia muita liiketoiminnan aloja. Jotta muutoksessa pysyy mukana, on pidettävä katse tulevaisuudessa. Teollinen internet, big data, sekä pilvipalvelut ovat mahdollistaneet uusien työkalujen ja palveluiden synnyn rakentamisen toimialalle.

Rakennuksen tietomallin tuottaminen on rakentajalle suurehko investointi, mutta tänä päivänä tietomallin hyödyntäminen loppuu yleensä siihen, kun rakennus on valmis. Digitalisaatio luo mahdollisuuksia tietomallin hyödyntämiseen myös rakentamisen jälkeen, rakennuksen ylläpitovaiheessa.

5.2 Ylläpitomallin mahdollisuuksia

Esimerkkinä konkreettisesta hyödyntämismahdollisuudesta mainittakoon YAMK-opintoihin kuuluvalla teollisen internetin kurssilla tutkimani sovellus; sähköinen reaaliaikainen huoltokirja. Huoltokirja on rakennuskohtaisesti laadittava tiedostokokonaisuus, joka sisältää kaiken tarvittavan tiedon rakennuksen hoidosta, huollosta, kunnossapidosta, sekä huollon tavoitteista, tehtävistä ja niiden ajoituksista ja ohjeistuksesta. Huoltokirjan laatimisesta säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Huoltokirjan tarkoituksena on helpottaa ja ennakoida kiinteistöhuollon tarpeita, ja näin ollen pidentää rakennuksen elinkaarta.

Rakennusten huoltokirjat ovat pääsääntöisesti paperiversioita tai pdf-tiedostoja muistitokulla, tai tallennettuna kiinteistön valvomon tietokoneelle. Ei myöskään ole olemassa huoltokirjan tekemistä koskevaa yhtenäistä toimintatapaa, tai tietokantaa huoltokirjoille.

Nykyään nollaenergiarakentamisen yleistyessä rakennusten käyttö- ja huoltotoimenpiteet eroavat vanhempien rakennusten vaatimuksista, ja kehittyneellä anturiteknologialla sekä tietomallin avulla havainnollistamalla, voitaisiin helpottaa tai jopa ratkaista monia huoltoon ja takuuajkaan liittyviä ongelmia. Rakennuksissa on jo paljon olemassa olevaa automaatioteknologiaa, josta tieto olisi kerättävissä rakennuksen tietomalliin internetin välityksellä. Sähkösuunnittelijan työssä sähköisen reaaliaikaisen huoltokirjan mahdollistaminen tarkoittaisi entistä tarkempia tyyppitietoja sähkölaitteille, sekä kaikkien huolto-kohteiden tietomallintamista. Jokainen komponentti ja elementti tulisi olla varustettu yksilöidyllä tunnisteella tarvittavien tietojen linkityksen mahdollistamiseksi.

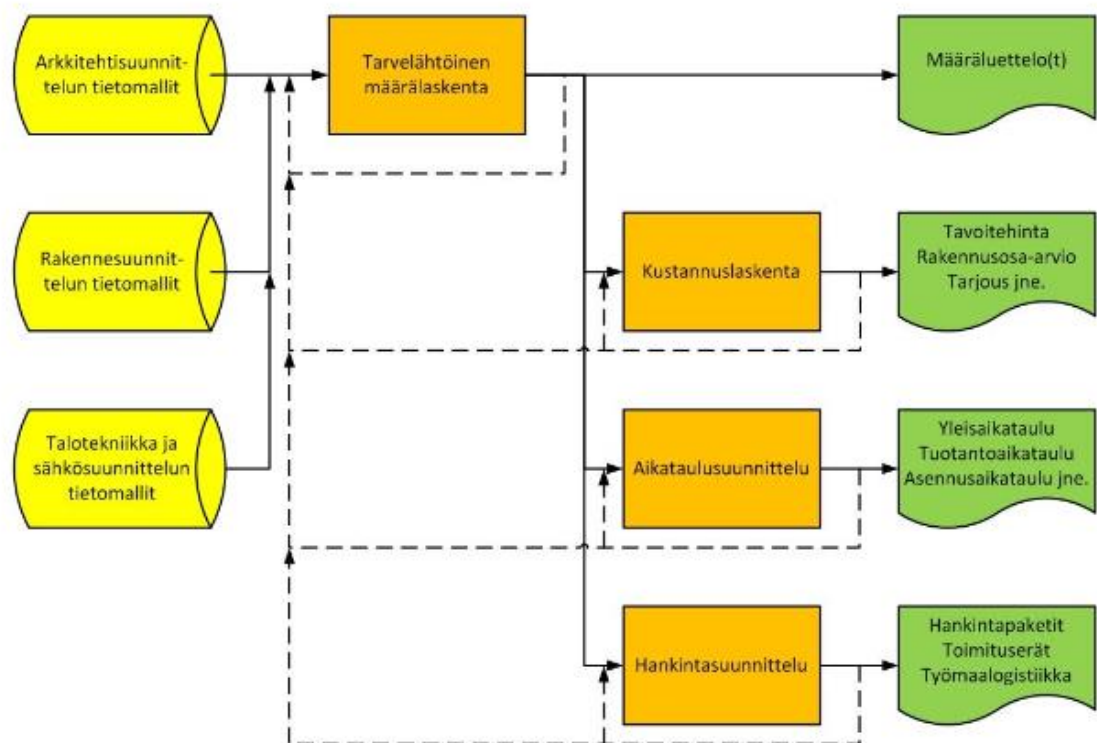
Sähköisen huoltokirjan käyttöönoton tavoitteita ja hyötyjä:

- rakennuksen elinkaaren pidentäminen
- energiansäästö
- tiedon löytämisen ja jakamisen helpottuminen
- huoltokirjan käyttämisen ja päivittämisen helpottuminen
- havainnollistaminen ja paikantaminen 3D-mallin avulla.

Tietomallien käyttöönoton mahdollistaminen ylläpidossa tulisi aloittaa kehittämällä ja täydentämällä tietomalliohjeistusta, sekä yhteisten suunnittelukäytäntöjen kehittämällä.

5.3 Tietomallipohjainen määrälaskenta ja määräluettelot

YTV2012 osassa 7 selitetään mitä tietomallipohjaisella määrälaskennalla tarkoitetaan, mutta dokumentti ei ota kantaa määrälaskennassa käytettäviin ohjelmistoihin tai määrälaskennalla tuotettujen massojen hyödyntämiseen elinkaari- tai investointikustannuslaskennassa, ympäristövaikutusten arvioinnissa tai aikataulutuksessa. Dokumentin mukaan rakennuksen tietomallista tuotettava määrälaskenta ei ole niin kattava, että siitä voitaisiin saada kaikki hankkeen aikana tarvittavat määrätiedot, mutta tietomallin avulla määrälaskentaprosessia on mahdollista tehostaa huomattavasti. [17. s. 5]



Kuva 5.2 Tietomallit määrälaskennassa (YTV2012 osa 7) [17. s.5]

Yllä olevassa kuvassa on esitetty tapoja määrälaskennan hyödyntämiseen rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja tuotetoimittajan näkökulmista.

Johdonmukaisuus on tietomallin tärkein ominaisuus mallin hyödyntämisessä määrälaskennassa, sillä komponentit mallinnetaan projektikohtaisten vaatimusten mukaisesti, ja käytetty mallinnustapa dokumentoidaan tietomalliselostukseen.

Tietomallille asetettu tarkkuustaso määrittää mallista saatavien määrien tarkkuustason. Siksi mallin tarkkuustaso tulee määrittää riittävälle tasolle jo suunnittelutyön tilauksen yhteydessä. Tarkkuustasot on kuvattu myös suunnittelualakohtaisissa tietomallivaatimuksissa. Sähkösuunnittelun näkökulmasta määrälaskenta on luotettavinta toteuttaa suoraan alkuperäisistä suunnittelutiedoista, sillä tietoa häviää merkittävä määrä, kun tiedosto viedään IFC-muotoon. [17. s. 6 - 8]

Sähköjärjestelmät				
Muuntajat			x	
Kojeistot			x	
Pääkeskukset			x	
Virtakiskot			x	
Kompensointiparistot			x	
Akustot			x	
Jakokeskukset			x	
Ristikytöntäelineet			x	
Telejärjestelmien keskuslaitteet			x	
Turvajärjestelmien keskuslaitteet			x	
Kaapelihyllyt ja ripustuskiskot			x	
Johtokourut			x	
Lattiakanavat ja rasiat			x	
Pystynousut			x	
Valaisimet			x	
Poistumistievalaisimet			x	
Vara- ja turvalaisimet			x	
Kaiuttimet			x	
Oviohjauskeskukset			x	
RAU-keskukset			x	

Kuva 5.3 Sähkösuunnittelun tietomallissa esitettävät tuoterakenteet (YTV2012 osa 7 liite 1) [17.]

Määräluetteloiden julkaisemisesta laskenta-asiakirjana on alalla käyty keskustelua jo pitkään. Merkittävimäksi ongelmaksi on muodostunut vastuukysymykset. Kukaan ei halua ottaa vastuuta siitä, että suunnitteluohjelman tuottamat määräluettelot ovat korrekkeja. Toinen ongelma määräluetteloiden tuottamisessa on se, että sähkön tietomallista ei saada kaikkia niitä massoja, mitä urakoitsija tarvitsee tarjouksen tekemiseen, sillä asennussuunnitelmat valmistuvat vasta kun urakoitsija on jo valittu hankkeeseen.

Toisaalta, jos määräluetteloiden liittäminen tarjouslaskenta-aineistoon hyväksyttäisiin virhemarginaalit huomioiden, kaikki urakan tarjoajat olisivat tasavertaisessa asemassa ja tarjoukset olisivat keskenään enemmän vertailukelpoisia.

5.4 Tietomalli talotekniikan analyyseissä

YTV2012 osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä käsittelee talotekniikkasuunnittelijoiden tietomallista tehtäviä analyysejä. Analyysit ovat koko rakennukseen, yksittäisiin tiloihin, tai talotekniseen järjestelmään kohdistuvia. Analyysien avulla selvitetään suunnitteluratkaisun energiatehokkuutta tai elinkaarikustannuksia. Elinkaarisuunnittelussa lasketaan ensimmäiset arviot energiankulutuksesta. Sähkösuunnittelija toimittaa energiankulutuslaskelmaa varten tiedon valaistusratkaisuista ja mahdollisuudesta hyödyntää päivänvaloa valaistuksessa. [21. s. 6 - 9]

Tietomallikoordinaattorin laatimassa tietomallinnussuunnitelmassa on usein tehtäväluetelossa ruksituista kohdista riippuen vaatimuksena valaistuslaskenta ja valaistuksen visualisointi ja simulointi. YTV2012 ohjeistaa, että valaistuslaskentaan käytetään arkkitehdin rakennusosamallia ja sähkösuunnittelijan järjestelmämallia, mikäli ohjelmistot mahdollistavat sen.

Valaistuslaskennalla esitetään valaisinten antama valaistusvoimakkuus ja häikäisyindeksi. Jotta valaistuslaskenta olisi todenmukainen, arkkitehtimallissa tulee olla tilan kalusteet mallinnettuna. Myös pintojen värit ja materiaalit täytyy tietää oikean laskentatuloksen mahdollistamiseksi. Valaistussimuloinnin onnistuminen asettaa erikoisvaatimuksia arkkitehdin ja sähkösuunnittelijan tietomalleille.

MagiCADin ja Dialuxin visualisointiominaisuudet eivät ole kovin kehittyneitä. Visualisointiin ja simulointiin tulisi käyttää edistyneempiä mallinnustyökaluja, kuten 3ds Maxia. Analysointien ja visualisointien laajuus ja vaatimustaso on sovittava erikseen suunnittelusopimuksissa.

5.5 Tietomalliopinnot Venäjällä

Elokuussa 2018 vietin kuukauden Peter the Great St. Petersburg Polytechnic yliopiston järjestämällä kansainvälisellä kesäkurssilla, jossa opiskelin mm. tietomallintamista. Valitsin kurssin opinnäytetyötä silmällä pitäen, ja uskoin kurssista olevan hyötyä opinnäytetyön lisäksi työelämässäkin.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University on Venäjällä, Pietarissa sijaitseva yliopisto. Opiskelijoita on 32 250 joista ulkomaalaisten opiskelijoiden osuus on yli 6000. Yliopisto tarjoaa kattavasti opetusta myös englannin kielellä.

Kurssin aiheena oli tietomallintamisen perusteet sekä yleisimmät tietomallintamiseen liittyvät ongelmat ja niiden ratkaisut. Kurssilla käytiin läpi BIM –terminologiaa ja tutustuttiin erilaisiin tapoihin hyödyntää tietomallintamista mm. tapaustutkimuksien avulla. Kurssilla tuotiin esiin keinoja, joilla rakentajat voivat hyötyä 3D-virtuaalimalleista, visualisoinnista sekä tietomallista saatavista aikatauluista ja analyyseistä.

Kurssilla opiskeltiin Autodesk Revit –ohjelman perusteet, ja erilaiset hyödyntämismahdollisuudet. Kurssilla jokainen opiskelija myös suunnitteli oman rakennuksen Revitin avulla. Kurssin lehtorina toimi Aleksandr Vysotskiy, Vysotskiy Consulting yhtiön toimitusjohtaja, BIM-asiantuntija ja valtuutettu Autodesk -kouluttaja.

Kurssi oli suunnattu arkkitehdeille ja rakennesuunnittelijoille, mutta koen kurssin antaneen paljon ja opettaneen uusia asioita poikkitieteellisestä näkökulmasta. Muiden suunnittelualojen toimintatapoihin tutustuminen auttaa ymmärtämään suunnitteluprosessin kulkua ja kokonaiskuvaa paremmin. Lisäksi oli erittäin mielenkiintoista kuulla, miten tietomallia hyödynnetään muualla maailmassa, sillä kurssin opiskelijat tulivat eri maista ympäri Eurooppaa, Aasiaa ja Afrikkaa.

3D-mallintamisen ja visualisoinnin lisäksi kurssilla opiskeltiin aikataulujen tekemistä ja lisäämistä tietomalliin. Tietomallia, johon on lisätty aikataulu, kutsutaan 4D-malliksi. Kurssilla esitellyssä 4D-mallissa rakennuksen tietomalli oli visualisoitu rakennusaikataulun mukaiseksi virtuaaliseksi esitykseksi. Kurssilla esiteltiin myös 5D-muotoista virtuaalimallia, johon on perinteisen 3D-tietomallin ja aikataulun lisäksi liitetty kustannusohjausta ja -tarkastelua.

Revit -ohjelman lisäksi kurssilla opiskeltiin tietomallin tarkasteluun soveltuvaa Autodeskin Navisworks –tarkasteluohjelmiston käyttöä, sekä Autodeskin 3D-mallinnukseen, animointiin, renderöintiin ja visualisoitiin soveltuvan 3Ds Max –ohjelmiston perusteet. Kurssilla menestyneet opiskelijat saivat lisäksi virallisen Autodesk –sertifikaatin todistukseksi kurssin suorittamisesta.



Kuva 5.4 Tietomallikurssilla suunnittelemani rakennus

Ylläolevassa kuvassa on tietomallikurssilla Revitillä suunnittelemani rakennus. Tutustuin hieman myös Revit MEP –ominaisuuksiin, kun suunnittelin rakennukseen valaistusta. Kurssin jokainen opiskelija suunnitteli rakennuksen omalle tontilleen, ja lopuksi rakennukset yhdistettiin kaupungiksi, jossa pääsi kävelemään Revitin walkthrough –ominaisuutta käyttäen.

Suomessa Autodesk Revit on pääsääntöisesti käytössä arkkitehtisuunnittelussa, mutta ohjelmiston käyttö on hiljalleen yleistymässä myös taloteknisessä suunnittelussa. Seuraavassa kappaleessa vertaillaan Revitin ja Autocadin ominaisuuksia sähkösuunnittelun näkökulmasta.

5.5.1 Autodesk Revit MEP ja AutoCAD-ohjelmistot sähkösuunnittelussa

Autodesk Revit MEP on talotekniikan suunnitteluun kehitetty tietomallinnusohjelmisto. Revitin avulla suunnittelijat voivat tehdä suunnittelua 3D muodossa ja dokumentoida suunnitelmat 2D-muotoisina piirustuksina. Revit mahdollistaa tiedostojen tuonnin, viennin ja linkityksen yleisimpiin käytössä oleviin tiedostomuotoihin kuten DWG ja IFC.

Revitillä voidaan jakaa malleja niin, että useampi projektiin osallistuva henkilö voi työskennellä jaetussa mallissa yhtäaikaisesti. Revit -ominaisuuksiin kuuluu myös kolmiulotteisten visualisointien luominen mallista. [8.]

Sähkösuunnittelun tietomalliprosessin tehokkuuden parantamiseksi yksi Revitin mielenkiintoisimpia ominaisuuksia on Worksharing-ryhmätyöominaisuus. Worksharing –ominaisuus mahdollistaa useamman henkilön yhtäaikaisen työskentelyn päämallissa ”central model”. Projekti jaetaan osa-alueisiin ”workset” ja eri osa-alueiden paikallisissa kopioidissa ”local model” voidaan tehdä yhtä aikaa muutoksia päämalliin. Ryhmätyöominaisuuden parametreja voi muokata projektin tarkoitukseen sopivaksi, ja osa-alueille voi määrätä muokkaus- ja ryhmätyöoikeuksia tarpeen mukaisesti. Ryhmätyöominaisuus voidaan ottaa käyttöön tiedostokohtaisesti, tai serverin kautta. Sähkösuunnittelijaa ryhmätyöominaisuus hyödyttäisi mahdollistamalla esimerkiksi tele- ja sähkösuunnittelijan työskentelyn rinnakkain samassa tiedostossa. [9.]

Suomessa AutoCAD –sovellukset ovat edelleen suosituimpia tietomallinnusohjelmistoja. Sähkösuunnittelussa käytetään AutoCAD MEPin kanssa MagiCAD-sovellusta, josta löytyy omat versionsa sähkösuunnittelun tasopiirustusten tekoon (MagiCAD Electrical), keskuskaavioiden tekoon (MagiCAD Schematics) sekä piirikaaviosuunnitteluun (MagiCAD Circuit Designer). MagiCAD on Progman Oyn CAD-ohjelmisto talotekniikan suunnitteluun. [10.]

Kansainvälisissä projekteissa edellytetään useimmiten Revitin käyttöä. Revit –ohjelmistosta on muodostunut alan standardiksi Länsi-Euroopassa. Revit -ohjelmiston käyttö on yleistymässä nopeasti myös talotekniikan alla, sillä ohjelmisto mahdollistaa tietomallintamisen keskeisimpiä hyötyjä tiedonjaon näkökulmasta projektin eri osapuolille. [14.]

Vaikka Revit on tietomallinnusohjelmiana kehittyneempi ja monipuolisempi, toistaiseksi AutoCAD –ohjelmistoon perustuvan MagiCADin käyttämisen puolesta sähkösuunnittelun suunnitteluohjelmistona puhuu etenkin kehittyneemmät kaavioiden tuottamisominaisuudet. Tasopiirustusten ja kaavioiden suunnittelu eri ohjelmistoilla ei ole järkevää ja kustannustehokasta yrityksessä, jossa suunnittelijat tekevät sekä tietomallinnusta että kaavioita.

6 Johtopäätökset ja tutkimustulokset

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää sähkösuunnittelun tietomallintamisen prosessia tehokkaammaksi kohdeorganisaatiossa ja selvittää, millä konkreettisilla keinoilla tutkimuksessa esiin nousseita parannusehdotuksia jalkautetaan työyhteisöön, osaksi organisaation suunnittelu- ja tietomalliprosessia. Tavoitteena oli selvittää, miten kehitetään nykyisiä toimintatapoja tehokkaammiksi suunnitteluresurssien optimoimiseksi.

Tutkimuksessa selvitettiin tietomallintamisprosessin nykytilanne ja lähtökohdat tutkimuksen perustaksi. Tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää tietomalliprosessia nykyisiin toimintatapoihin vaikuttamalla.

Tutkimuksessa analysoitiin tutkimusongelman kannalta relevanttia aineistoa ja nykyisiä toimintatapoja. Tutkimuksen suunta muuttui tutkimuksen tekemisen aikana nykyisten toimintatapojen tehostamisesta uusien toimintatapojen löytämiseen, ja toimialan muutoksen ennakoimiseen tähtäävään teoriaan.

Tietomallintamisen prosessia voidaan organisaatiossa kehittää luomalla yrityksen sisäinen prosessin toimintamalli ja selkeyttämällä osapuolten rooleja suunnitteluprosessissa. Suunnittelijoiden osaamista voidaan kehittää lisäämällä koulutusta ja perehdyttämällä suunnittelijat yleisiin ohjeisiin ja vaatimuksiin uran alkuvaiheesta alkaen.

Tietomallintamisen prosessia tehostamalla pystytään jonkin verran laskemaan suunnitteluprosessin kustannuksia ja kustannussäästöjen löytäminen on tärkeää, sillä tietomallipohjainen suunnittelu ei kasvata suunnittelupalkkiota perinteiseen 2D –pohjaiseen suunnitteluun verrattuna.

Laadukas tietomalli kuitenkin laskee kustannuksia työmaalla, ja säästää luonnonvarojen lisäksi työaika rakentamisvaiheessa. Jos rakentamisessa syntyneitä säästöjä ohjattaisiin suunnitteluvaiheen budjettiin, saataisiin aikaan laadukkaampi tietomalli, jolloin paraisivat myös edellytykset tietomallin hyödyntämiselle rakennuksen ylläpitovaiheessa.

Tutkimuksessa ilmeni myös jatkokehitystarpeita, joihin kohdeorganisaatio voi vaikuttaa sidosryhmien kautta. Kehitystarpeita ilmeni tietomallivaatimusten ja ohjeiden päivittämisessä, ohjelmistokehityksessä ja suunnittelualojen välisen yhteistyön parantamisessa, joita kehitetään ja päivitetään yhdessä alan yhdistyksissä ja foorumeissa.

Työn luonteesta ja projektien kestosta johtuen tutkimustuloksena ei saatu euro- tai tuntimääräisiä kustannussäästöjä selville, sillä projektien kesto on yleensä vuodesta useampaan vuoteen. Siksi tässä tutkimuksessa tulosten mittarina käytetään löydettyjä keinoja toimintatapojen tehostamiseksi.

Tutkimusaihe tarkentui organisaatiossa sisäisesti käytyjen keskustelujen perusteella. Tutkimuksen keskeinen aihe, tietomallintaminen, on muutoksessa ja herättää alalla paljon keskustelua. Tutkimuksellisesta näkökulmasta organisaation tarpeeseen tehty kehittäminen on onnistunut, kun tutkimusprosessissa onnistuttiin löytämään kehityskeinoja organisaation toimintatapoihin.

Lähteet

- 1 Kohdeorganisaation verkkosivu
<<http://www.rejlers.fi/>>
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) osa 1
Yleinen osuus
- 3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) osa 4
Talotekninen suunnittelu
- 4 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo (TATE18)
- 5 Hanketietokortti (HT12)
- 6 SKOL ry Sähkösuunnittelun työmääräarvio
- 7 Resurssitehokas tietomallintaminen, tutkielma
<https://www.aaltopro.fi/media/aalto-pro-publications/raps/rap36_tutkielma_snellman.pdf>
- 8 Autodesk verkkosivun Revit MEP -osio
<<https://www.autodesk.fi/products/revit/mep>>
- 9 Autodesk verkkosivun julkaisu
<<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-D49CE758-A0F4-4B1D-9CBF-12B0B00F5AB3-htm.html>>
- 10 Magicad verkkosivu
< <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/>>
- 11 WEB-julkaisu BIMEET-hanke
<https://www.researchgate.net/profile/Sylvain_Kubicki/publication/326836100_Building_Energy-Efficiency_delivered_with_the_Help_of_Improved_Building_Information_Modelling_Skills/links/5b69518545851546c9f692bc/Building-Energy-Efficiency-delivered-with-the-Help-of-Improved-Building-Information-Modelling-Skills.pdf>
- 12 buildingSMART Finland, talotekniikkatoimialaryhmä. Talotekniikan tietomallikysely 2015, 27.11.2015, Materiaalitiedon toimittaminen urakalaskentaan.
<https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/uutiset/bSF_TATE/bSF_tate_Tero_Jarvinen_27.11.2015.pdf>
- 13 YTV2012 Täydentävä liite, Talotekniikan vaatimuksia mallinnukselle
< https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_SKOL_TATE_mallinnusvaatimuksia.pdf>

- 14 Tietomallit rakentamisessa –artikkeli 19.02.2018 Talotekniikka-lehdessä
<<https://talotekniikka-lehti.fi/blogit/tietomallit-rakentamisesta-yllapitoon-matkalla-monta-mutkaa/>>
- 15 Suunnittelijan työkalupakki paranee kokoajan –artikkeli 29.11.2017 Talotekniikka-lehdessä
<<https://talotekniikka-lehti.fi/suunnittelijan-tyokalupakki-paranee/>>
- 16 Tietomallit ylläpidossa –Raportti 2016-09-21 Senaatti-kiinteistöt
< https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf>
- 17 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) osa 7
Määrälaskenta
- 18 buildingSMART Finland –foorumin kotisivu
< <https://buildingsmart.fi/>>
- 19 NSS ry:n kotisivu
< <http://www.nssoy.fi/yhdistys>>
- 20 Suunnittelijat vs. urakoitsijat – Vastakkainasettelu haittaa bisneksiä
- artikkeli 4/2017 Plaani
- 21 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) osa 9
Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä

Mallien sisältö YTV2012 Osa 1 yleinen osuus

LIITE 1: Mallien yleinen sisältö ja käyttötarkoitus

ARK	RAK	TATE	
Vaatusmalli	Vaatusmalli	Vaatusmalli	
Talukkomuotoinen tilaohjelma, tilaajan ja käyttäjän vaatimukset	Tilakohtaiset kuormat ja muut mahdolliset rakenteelliset vaatimukset	Tilojen talotekniset vaatimukset (sisäilmasto, valaistus, järjestelmä-tarpeet jne.)	- tilantarpeiden ja muiden vaatimusten dokumentointi strukturoidussa muodossa
Tontin malli			
Tontin rajat, korkeusasemat, tarvittavat liittymät ympäristöön ja teknisiin järjestelmiin			- tontin käytön suunnittelu - rakennuksen/rakennusten sijainti tontilla
Inventointimalli	Inventointimalli	Inventointimalli	
Olemassa olevan rakennuksen tilat ja rakennusosat. Mallin voi laatia mittajaa, arkkitehti tai joku muu taho	Kantavat rakenteet, sisältyvät useinmiten samaan malliin arkkitehtiosion kanssa	Erytystapauksissa mallinnetaan talotekniset järjestelmät tarvittavassa laajuudessa	- korjausrakentamisen lähtötilanteen dokumentointi
Tilaryhmämalli			
Tilaryhmämalli on tilamallin erikoistapaus. Siinä keskeiset tilaryhmät esitetään tilaobjekteina ja rakennusmassat erikseen määritellyssä tarkkuudessa käyttötarkoituksesta riippuen.			- rakennuksen massoittelemisen ja havainnollistaminen sekä vaihtoehtojen vertailu - laajuuteen ja massoittelemiseen perustuva investointilaskenta - tarvittaessa karkea energiasimulointi
Tilamalli	Tilamalli	Tilamalli	
Tilat tilaobjekteina, rakennuksen ulkovaippa	Rakennejärjestelmäehdotus, perusrakennus-ehdotus	TATE-järjestelmien palvelualueet, pääkanavistot, -hormit, merkittäviä tilavaatimuksia aiheuttavat putkistot, kaapelihyllyt ja muut tekniset järjestelmät sekä tekniset tilat	- vaihtoehtoisten tilaratkaisujen suunnittelu ja havainnollistaminen - laajuuden hallinta - investointilaskenta - energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhdesimulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden selvittäminen) - TATE-järjestelmävaihtoehtojen tutkiminen ja palvelualueiden määrittäminen - rakennejärjestelmävaihtoehtojen tutkiminen - rakenteiden ja järjestelmien tilantarpeista sopiminen
Rakennusosa- ja järjestelmämallit			
Rakennusosa- ja järjestelmämallit ovat keskeinen osa suunnittelua ja hankkeen tiedonhallintaa.			
Alustava rakennusosamalli	Alustava rakennusosamalli	Alustava järjestelmämalli	
Tilat, alustavat rakennusosat	Runkorakenteet (pysty- ja vaakarungon mitat, sijainnit & dimensiot), sovitut mallidetailit, perustukset, rakennusosien alustavat tyypiratkaisut	TATE-järjestelmien palvelu-alueet, runkokanavat, -putket ja keskuslaitteet, tyyppitilamalli	- rakennusosien määrittely, rakennusosa- ja rakennevalintojen vertailu - määrätiedon hallinta - investointilaskenta - energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhdesimulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden tarkentaminen) - rakenteiden alustava mitoitus - rakennuslupa
Rakennusosamalli - laskenta	Rakennusosa-/varausmalli - laskenta	Järjestelmä-/varausmalli - laskenta	
Tilat, rakennusosat tyyppitietoineen	Runkorakenteet (pysty- ja vaakarungon mitat, sijainnit & dimensiot, mallielementit, tyyppirakenteet & liitokset, perustukset), liitokset perustuksiin, varaukset	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, keskuskeskukset, johtotiet (johto- ja kaapelikourut sekä -arinat), valaisimet	- rakenteiden mitoitus tarjouspyyntöjen vaatimaan tarkkuuteen - TATE-järjestelmien määrittely - määrätietojen tuottaminen - investointilaskenta - energiasimulointi - mallien käyttö urakkatarjousten liitteinä - mallien käyttö reikä- ja varaussuunnittelun apuna
Rakennusosamalli - toteutus	Rakennusosa-/varausmalli - toteutus	Järjestelmä-/varausmalli - toteutus	
Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	Runkorakenteet ja liitokset, lähtötiedot valmistusasuunnitteluun, valuosat ja paikallavarakenteiden rauditukset, perustukset, liitokset perustuksiin, varaukset, detailit	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, keskuskeskukset, johtotiet (johto- ja kaapelikourut sekä -arinat), valaisimet	- toteutussuunnittelu - tiedot valmistusasuunnitteluun ja tuotannosuunnitteluun
Toteumamalli	Toteumamalli	Toteumamalli	
Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	- tiedot huoltoon ja ylläpitoon, tilahallintaan, myöhemmän käytön suunnitteluun

Tietomalliselostuksen esimerkki YTV2012 osa 4 liite 3

Yleiset Tietomallivaatimukset 2012

Osa 4, Talotekniikka

Liite 3

Tietomalliselostus	TATE
Havainnollistuskuva kohteesta	
Suunnittelukohte	
Suunnitteluvaihe	
Tietomalliselostuksen päiväys	
Muutospäiväys	
Yritys	
Tietomalliyhteyshenkilö	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	
Kohteen vastuullinen suunnittelija	
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	
Lisätietoja, huomioita yms.	

Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista									
Nimikkeistöt/käytettävät kuvatason	Tarvittaessa erillisen, projektiokohtaisen liitteen mukaisesti								
Mallinnuksen mittayksikkö	mm								
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen								
Kerrosten lattian absoluuttinen korkoasema	<table border="1"> <tr> <td>1. kerros</td> <td>+ 10.00</td> </tr> <tr> <td>2. kerros</td> <td>+14.00</td> </tr> <tr> <td>3. kerros</td> <td>+18.00</td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>--</td> </tr> </table>	1. kerros	+ 10.00	2. kerros	+14.00	3. kerros	+18.00	--	--
1. kerros	+ 10.00								
2. kerros	+14.00								
3. kerros	+18.00								
--	--								
IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 1:n mukaisesti								
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen								
Poikkeukset tarkkuustasosta:	1.								
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen								
Poikkeukset tietosisällöstä	1.								
Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastuskelpoisia									
Muuta huomioitavaa									