

Tietomallintaminen sairaala- rakennuksen sähkösuunnittelussa

Anssi Kattelus

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Anssi Kattelus	
Työn nimi Tietomallintaminen sairaalarakennuksen sähkösuunnittelussa	
Päiväys 1.5.2013	Sivumäärä/Liitteet 50/2
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Jouni Palmu, Granlund Kuopio OY	
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin tietomallinnusta yleisellä tasolla, sekä tarkemmin Granlund Kuopio Oy:n suunnittelukohteen Puijon Sairaala rakennus 2:n näkökulmasta. Tavoitteena on paikantaa tietomallinnetun suunnitteluprosessin ongelmia ja etuja sähkösuunnittelijan sekä koko suunnitteluryhmän näkökulmasta.</p> <p>Tutkimustyö suoritettiin perehtymällä aiheeseen liittyviin julkaisuihin, tietomallinnusta koskeviin yleisiin määräyksiin sekä Granlund Oy:n omiin ohjeistuksiin. Tietomallinnuksessa käytettäviin ohjelmistoihin sekä käytännön mallintamiseen perehdyttiin toimimalla osana Granlund Kuopio Oy:n sairaalasuunnitteluryhmää. Esimerkkisuunnittelukohteen tietomallin käyttötarkoitus määritettiin suunnitteluprojektin alussa, sekä tietomallin käyttötarkoituksen asettamat tarkkuusvaatimukset ja perinteisistä suunnitteluperiaatteista poikkeavat toimintatavat selvitettiin. Tutkimustyön aikana tarkkailtiin suunnitteluprojektin osapuolten yhteistyön toimivuutta sekä kommunikointia, käytännön suunnittelussa ja mallinnuksessa esiin tulleita ongelmia sekä tietomallinnuksen vaatimien uusien työtapojen toimivuutta.</p> <p>Tutkimustyön tuloksien avulla voidaan nähdä tietomallinnuksen nykytilanne sairaalarakennuksen sähkösuunnittelussa. Yhteenvedossa tuodaan esille tulevaisuuden kehitysehdotuksia tietomallinnukseen liittyen, sekä esitetään esimerkkikohteessa esille tulleita hyötyjä suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Tutkimustyö osoitti, että tietomallipohjainen suunnittelu vaatii perinteistä suunnitteluprojektia parempaa suunnittelualojen aikataulujen ja työjärjestysten koordinoitua sekä enemmän yhteistyötä mallinnuksen aikana. Mallintaminen osoittautui sairaalarakennuksen sisältämän talotekniikan paljouden takia erittäin tarpeelliseksi.</p>	
Avainsanat Tietomallinnus, sähkösuunnittelu, BIM, 3D	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Anssi Kattelus			
Title of Thesis Building Information Modelling in Electrical Planning of Hospital Building			
Date	1 May 2013	Pages/Appendices	50/2
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation/Partners Mr. Jouni Palmu, Granlund Kuopio Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to observe and study building information modeling on a general level, and more deeply in the electrical planning of a hospital building. The goal was to reveal benefits and necessary future improvements of building information modeling in electrical planning</p> <p>The research of the subject was done by being a part of an electrical planning team, in addition to the electrical planning and modeling work. Building information modeling based electrical planning was explored and studied through the whole planning process of a large and technically demanding hospital building. The use of the building information model was determined in the beginning of the planning project, and requirements for the model were studied. Problems encountered in planning and in cooperation between all planning parties were tracked down in every phase of the process, including the contractor and the client were observed.</p> <p>As a conclusion, during and at the end of the planning process it was discovered that despite the development of building information modeling during the last few years, the whole planning process needs improving in order to fully support model based planning. Moving from traditional 2D-planning into 3D-based building information modeling requires not only moving into new software, but also new working methods and open exchange of information between all parties involved.</p>			
Keywords Electrical planning, building information modeling, BIM, 3D			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	GRANLUND KUOPIO OY	9
3	TIETOMALLI JA IFC-STANDARDI	10
3.1	Tietomalli	10
3.2	IFC-standardin esittely.....	13
3.3	Tietomallinnuksen apuohjelmat	14
3.3.1	MagiCAD Electrical.....	14
3.3.2	Nawisworks Simulate	16
3.3.3	Solibri Model Checker.....	17
3.4	Mallintaminen käytännössä	18
3.5	Tietomallin tuomat edut.....	23
3.5.1	Suunnittelijalle.....	24
3.5.2	Rakennuttajalle	25
3.6	Tietomallinnus maailmalla.....	26
4	MÄÄRÄLUETTELOT	27
5	TEKNISET VISUALISOINNIT	28
6	YHDISTELMÄMALLI	29
6.1	Yhdistelmämallin luominen.....	30
6.2	Törmäystarkastelu	33
7	TIETOMALLINNUSOHJEET	34
7.1	Yleiset Tietomallivaatimukset (YTV2012)	35
7.2	Granlund Oy	37
8	PROJEKTIKOHTEN ESITTELY.....	38
8.1	Tietomallinnustarkkuus suunnittelukohteessa	39
8.2	Törmäystarkastelun tulokset	41
8.3	Risteilyjen korjaus.....	44
9	TIETOMALLI KIIINTEISTÖN ELINKAARELLA.....	46
10	YHTEENVETO JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT.....	47
11	LÄHTEET	49

LIITTEET

Liite 1 Taloteknisen tietomallin mallinnettavat komponentit, tietosisältö ja geometrian tarkkuustaso

Liite 2 Tietomallin tarkistusraporttipohja

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Granlund Kuopio Oy:lle syksyn 2012 ja kevään 2013 aikana. Työn aihe oli ajankohtainen ja tietomallintamisen tutkimus- ja kehitystyölle oli selkeä tarve. Aihe oli mielenkiintoinen ja uskon opinnäytetyön olevan minulle hyödyllinen tulevaisuuden työtehtävissä.

Opinnäytetyön valvojina toimivat Granlund Kuopio Oy:n projektipäällikkö Jouni Palmu ja Savonia-ammattikorkeakoulun lehtori Heikki Laininen.

Kiitokset opinnäytetyön valvojille ja Granlund Kuopio Oy:n henkilökunnalle työn valmistamisen edistämisestä.

Kuopiossa 1.5.2013

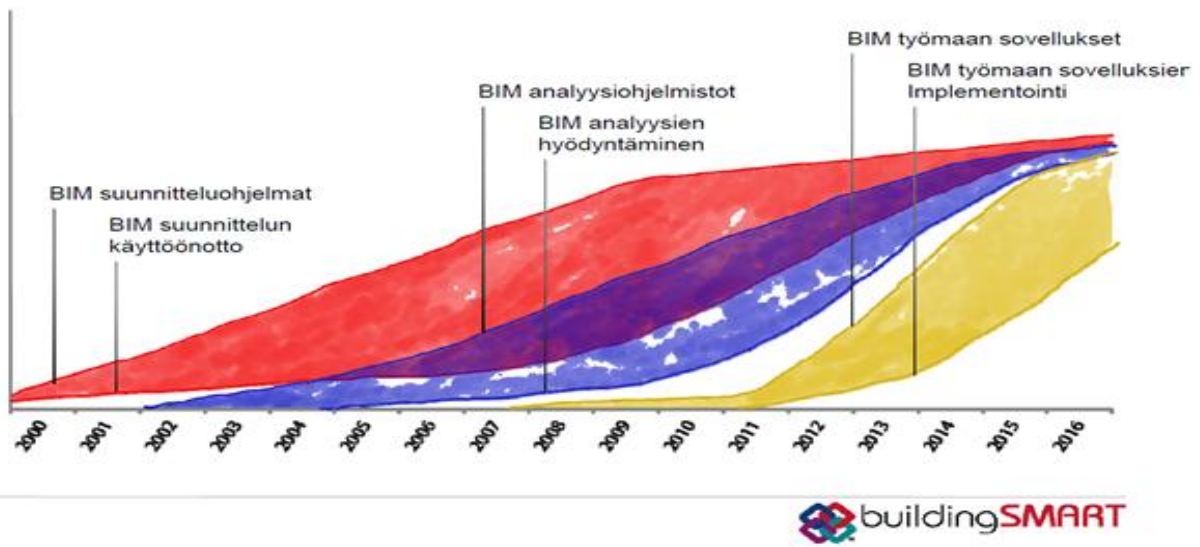
Anssi Kattelus

1 JOHDANTO

Tämä insinööriyö on insinööritoimisto Granlund Kuopio Oy:lle tehty tutkimus- ja kehitystyö koskien tietomallinnusta sairaalakohteen sähkösuunnittelussa. Työssä esitellään tietomallinnuksen idea ja periaatteet, sekä nykyiset tietomallinnusta koskevat vaatimukset ja ohjeistukset. Työssä käydään läpi projektin aikana esille tulleita tietomallinnuksen hyötyjä ja ongelmia. Tänä päivänä löytyy jo joitain rakennuttajien tietomalliohjeita, joiden mukaan suunnitelman tilaaja yleensä vaati suunnittelukohteen tietomallin toteutettavan. Nämä ohjeet eivät kuitenkaan ole missään nimessä kaiken kattavia. Keväällä 2012 julkaistu Yleiset Tietomallivaatimukset (YTV 2012) on tällä hetkellä uusin ja tarkin ohjeistus tietomallin toteuttamisesta. Opinnäytetyössä käsiteltävässä sairaalarakennuksen suunnitteluprojektissa tietomallinnus on tehty juuri YTV 2012 vaatimuskokoelman perusteella. Yleiset Tietomallivaatimukset kokoelmassa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Näin rakennushankkeen eri osapuolilla on yhteiset säännöt ja rakenne, jonka pohjalle mallinnetun suunnitteluprojektin laajuus ja vaatimukset rakennetaan. Edelleen kehitteillä on SKOL RY:n toimesta tietomallipohjaisen suunnittelun tarkemmat laatusuositukset.

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen koko elinkaaren tietojen kokonaisuutta, joka esitetään kolmiulotteisen mallin avulla. Tämä mahdollistaa rakennuksen mallin tarkastelemisen virtuaalisesti jo suunnitteluvaiheessa. Tietomallinnus itsessään ei siis ole vain kolmiulotteisten suunnitelmien tekemistä, vaan 3D-malli on tietomallipohjaisen suunnittelun lopputulos. Tietomallinnus on ollut talotekniikkasuunnittelussa käytössä jo vuosia (ks. kuvio 1). Arkkitehti-, rakenne- ja LVI-suunnittelu ovat olleet kehityksessä sähkösuunnittelua edellä, sillä sähkösuunnittelussa mallinnus on ollut vähäistä ja sähköpuoli on saanut mallinnuksesta vähemmän hyötyä. Tämä on kuitenkin vähitellen muuttumassa, ja myös sähkösuunnittelussa isompia kohteita mallinnetaan entistä laajemmin.

Tietomallinnuksen käyttöönotto suunnitteluprojekteissa vaatii muutakin kuin uusien ohjelmien käyttöönottoa. Koko suunnitteluprosessi aikatauluineen ja työkaluineen vaatii päivitystä ajan tasalle, jotta tietomallinnuksesta saadaan täysi hyöty suunnitteluprosessin kaikissa vaiheissa.



Kuvio 1. Tietomallien käyttöönotto. (Henttinen 2012.)

2 GRANLUND KUOPIO OY

Granlund Kuopio Oy on osa Granlund-konsernia. Vuonna 1960 perustetun Granlundin emoyhtiö sijaitsee Helsingissä, sekä tytäryhtiöitä on kaikkiaan 11: Espoossa, Lahdessa, Kuopiossa, Joensuussa, Tampereella, Vaasassa, Seinäjoella, Riihimäellä, Lappeenrannassa ja Pietarissa. Yhtiö työllistää kaikkiaan yli 400 talotekniikan sekä kiinteistö- ja energia-alan ammattilaista. (Granlund Oy, 2013)

Granlund Kuopio Oy on talotekniikan konsulttiyritys, jonka päätoimiala on talotekninen suunnittelu ja kiinteistönpidon konsultointi. Granlund Kuopion toimipiste on perustettu vuonna 1969. Yritys työllistää tällä hetkellä 55 henkilöä ja on Itä-Suomen alueen johtava talotekniikan insinööritoimisto. Granlundin päätoimialueet ovat teollisuus, toimistot ja liiketilat, sairaalat ja terveyskeskukset sekä muut julkiset rakennukset. Granlund Kuopio Oy:n liikevaihto oli vuonna 2012 noin 4,2M€ (Granlund Oy 2013)

3 TIETOMALLI JA IFC-STANDARDI

3.1 Tietomalli

Tietomallilla (BIM, Building information modelling) tarkoitetaan rakennuksen kolmiulotteista virtuaalista mallia, joka sisältää rakennuksen koko elinkaaren aikaisen informaation (kuvio 2.) Rakennuksen tietomalli on siis eräänlainen tietokanta, joka perustuu eri suunnittelualojen kolmiulotteisiin malleihin ja niiden sisältämään tietoon rakennuksen ominaisuuksista ja rakenteesta.

Yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita ovat esimerkiksi:

- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- tehostaa rakennusaikaisia prosesseja
- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysyjä
- tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen hallintaan

(BuildingSmart Finland 2012.)



Kuvio 2. Tietomallin rakenne kiinteistön elinkaarella (Järvinen 2012a.)

Tietomallinnettu suunnittelu tuottaa edelleen 3D-mallin lisäksi myös perinteisiä 2D-kuvia, mutta suunnitelmat eivät perustu vain viivoihin ja symboleihin vaan objekteihin syötettyyn informaatioon, joka edustaa objektiin todellista mallia. Kuten kuvassa 1 valaisimen tuotetietomalli voi sisältää esimerkiksi valaistustehon, IP-luokan, elinikäarvion ja valaisimen kannan. Tämän lisäksi tuotemalli, tässä tapauksessa valaisin, vastaa ulkonäöltään ja mitoiltaan todellista tuotetta (kuva 2). Tuotemalleja on saatavilla valmistajien valmiissa tietomallikirjastoissa, mutta niitä voidaan myös muodostaa itse. Käytännössä usein tuotteen tietomallia myös päivitetään manuaalisesti muokkaamalla valmistajan toimittamaa mallia.

MagiCAD-E - Product Data

General

ID: 293
 User code: 42H
 Description: Fagerhult, Comp. G2, 1x26W, opaali, DALI
 Manufacturer: Fagerhult
 Product code: Pleiad Compact G2 205-77412-322
 Light source: 1*26

Dimensions

Length [mm]: 223
 Width [mm]: 223
 Height [mm]: 110

Power supply

1~ 2~ 3~
 Voltage [V]: 0
 Active power [W]: 28
 cos phi: 1.00

Earthing

N
 PE
 PEN

Defaults

System: _W21 Normaalijakelu
 Cable: - not defined -
 Data system: - -
 Data cable: - not defined -
 Operation area: None

Drawing Properties

Layer code {PV}: 5_
 Default elevation [mm]: 2700
 Adjust cable to the edge of the symbol
 Use general 2D scale factor of the dwg
 Allow mirroring upside down (3D model will also be mirrored)
 Automatic text

Product Note

For recessed mounting in dry, unventilated ceilings.

2D Symbol

MAGI110FIN_03F002
 Select...

3D Symbol

fagerh_plei_comp_g2_205_001
 None
 Product with geometry model
 Autocad block
 Box
 Cylinder
 Select product with geometry model...

3D Direction and placement

Placement: Wall Ceiling Floor
 Default rotation on installation plane [deg]: 180 90 0 270
 Default elevation offset: 0

Classes

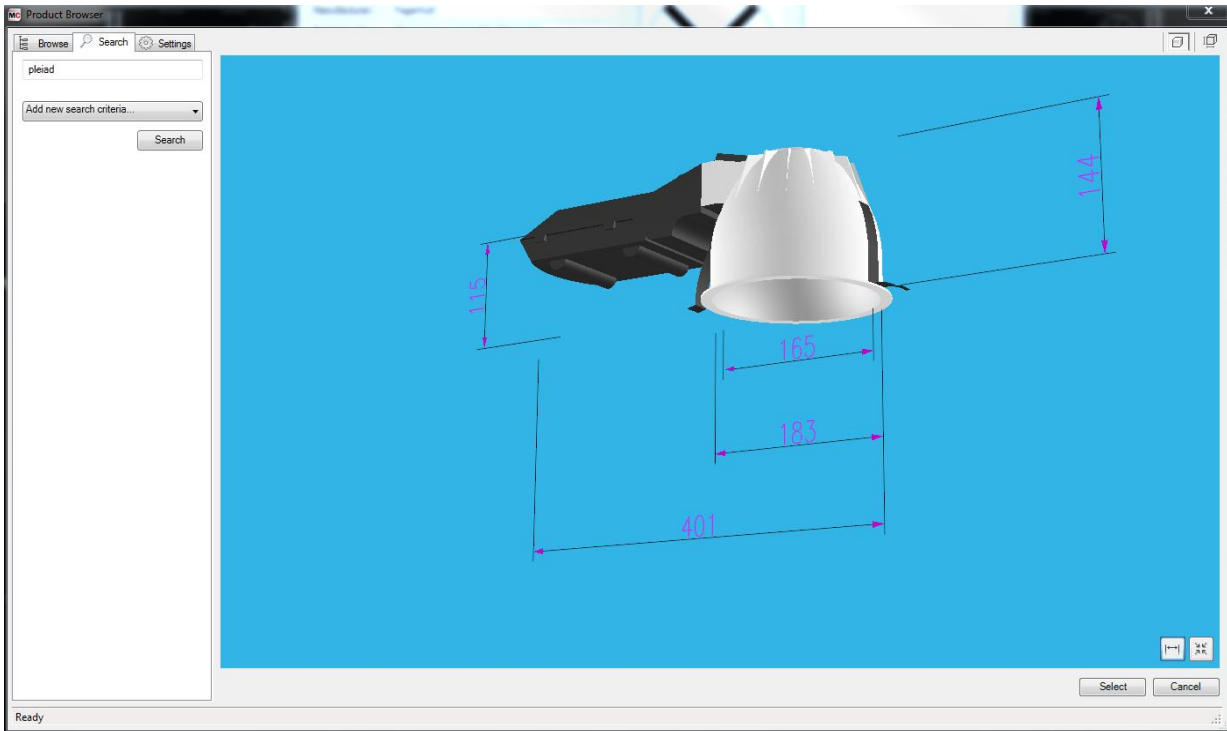
Power load type: - not defined -
 Installation code: - not defined -
 IP class: IP20 Kosketussuojattu
 EXE class: - not defined -
 Object ID format: - Manual value -

Product Variables

Variable	Value
National code:	
Hyperlink:	
P1:	
P2:	
P3:	
P4:	
P5:	

Ok Cancel

Kuva 1. Esimerkki valaisimen tuotemallin sisältämästä tiedosta



Kuva 2. Esimerkkivalaisimen 3D-malli mittoineen

3.2 IFC-standardin esittely

IFC (Industry Foundation Classes) on tietomalliohjelmistojen kansainvälinen ja jatkuvasti kehittyvä yhteinen mallien kuvaustapa. Tällä kirjainyhdistelmällä tarkoitetaan usein myös avointa tiedonsiirtomuotoa (IFC-tiedosto), jolla malleja voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen. Nykyisin ohjelmistoissa yleisesti käytössä oleva versio on IFC 2x3. IFC-standardia kehittää kansainvälinen BuildingSMART-järjestö. Suomessa toimiva Building Smart Finland on suomalaisten kiinteistönomistajien, suunnittelutoimistojen, ohjelmistotalojen ja muiden rakennusalan yritysten muodostama yhteistyöfoorumi, joka on osaltaan kehittämässä IFC-standardia ja tietomallinusta kokonaisvaltaisesti. IFC:tä tukevat ohjelmistot sertifioidaan IFC-standardin sertifikaatilla (kuva 3).

(BuildingSmart Finland 2012.)



Kuva 3. IFC-sertifikaatti (BuildingSmart Finland 2012.)

IFC-standardin ajatus on, että sen välityksellä voidaan siirtää tuotemallitietoa ohjelmistoista riippumattomasti CAD-ohjelmistojen sekä erilaisten analyysi ja tuotetieto-ohjelmistojen välillä. Näin kaikilla suunnitteluosapuolilla on käytössään yksi ja sama tiedostoformaatti, joka mahdollistaa yhteisen yhdistelmämallin käytön. IFC:llä siirretään ainoastaan oliotietoa eli 3D-geometria ja parametreja; sillä ei voida siirtää ns. piirustusmuotoista tietoa.

3.3 Tietomallinnuksen apuohjelmat

Tässä luvussa esitellään Granlund Kuopio Oy:n käytössä olevia tietomallinnusta tukevia ohjelmistoja.

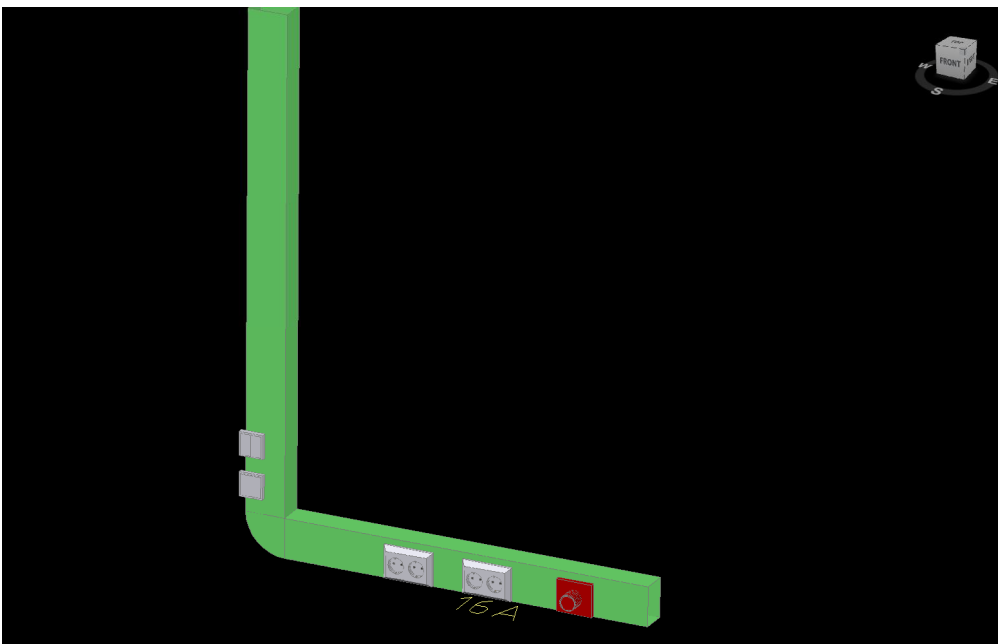
3.3.1 MagiCAD Electrical

Granlund Oy:llä on käytössään suunnitteluohjelmistona MagiCAD yhdistettynä AutoCAD:iin. MagiCAD:n kehittäjä on suomalainen Progman Oy, jolla on yli 25 vuoden kokemus talotekniikka-alan ohjelmistojen kehittäjänä. Ensimmäinen MagiCAD-versio julkaistiin vuonna 1998. MagiCAD:stä julkaistaan vuosittain päivitysversioita.

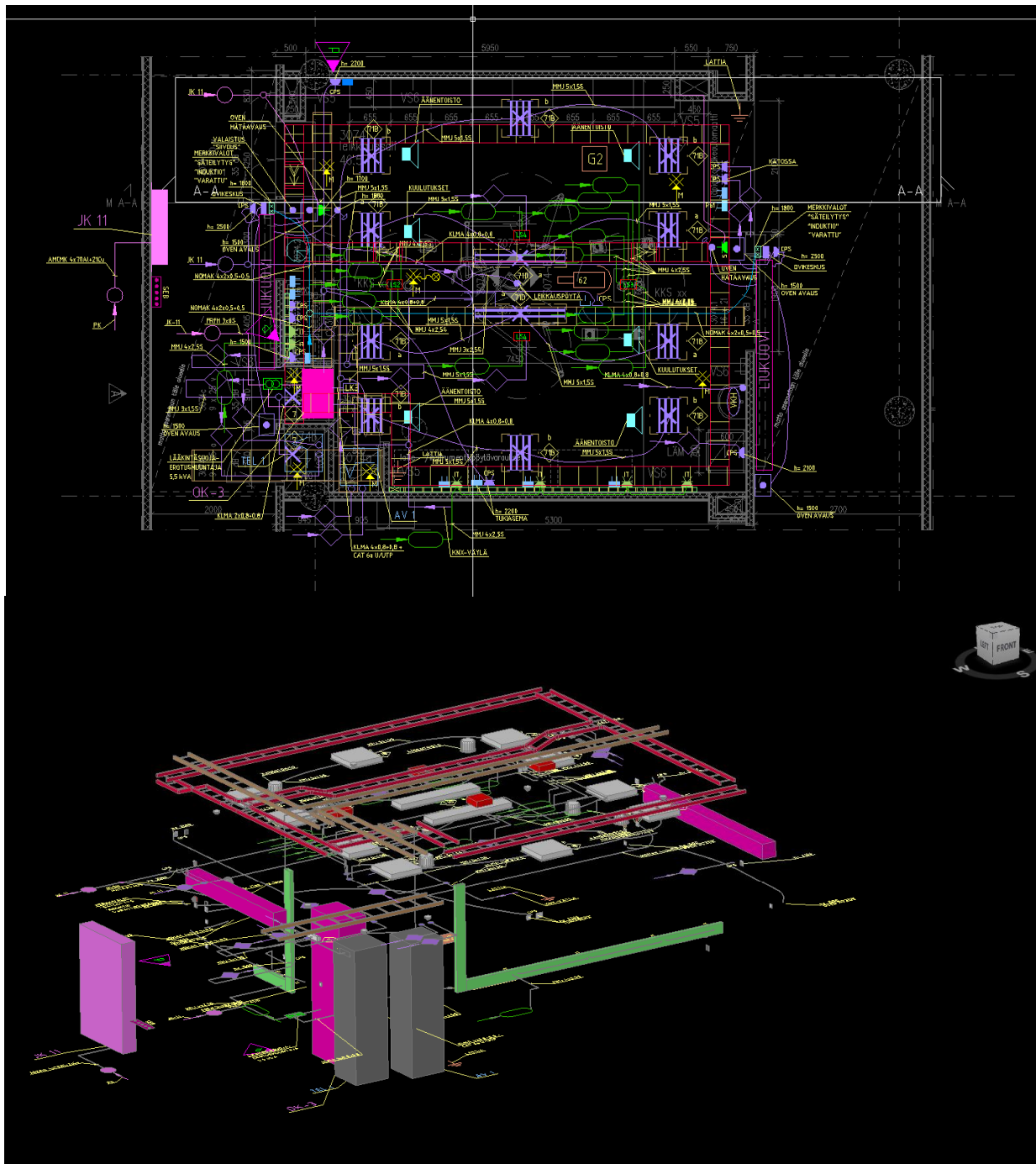
(Progman Oy 2013.)

MagiCAD-ohjelmistoa käytetään tietomallipohjaisessa suunnittelussa samoin kuin myös perinteisessä ei-tietomallinnetussa suunnittelussa. MagiCAD:llä suunnitellaan siis myös tietomallipohjaisessa suunnittelussa normaalisti 2D-tilassa. Ohjelma kuitenkin generoi automaattisesti samanaikaisesti 2D-suunitelmasta vastaavan 3D-mallin, edellyttäen että kaikille objekteille on määritelty 3D-tuotemalli. MagiCAD:llä itsessään voidaan jo tarkastella suunnitelmaa myös 3D-näkymässä muun muassa ObjectViewer-toiminnolla (ks. kuva 4). Kun mallinnetaan esimerkiksi kalusteita tai kaapelireittejä, on tämä toiminto käyttökelpoinen yksittäisten komponenttien nopeaan 3D-tarkasteluun, mutta ei ole laajemmin käyttökelpoinen epäselkeytensä ja raskautensa takia.

(Progman Oy 2013.)



Kuva 4. Esimerkki MagiCAD:n ObjectViewerin käytöstä, yksittäisten objektien korkotiedon tarkistaminen



Kuva 5. Leikkaussalin MagiCAD 2D-näkymä (yllä sekä saman tilan 3D-näkymä MagiCAD:n ObjectViewerillä (Kuvasta poiketen 3D-mallissa ei yleensä esitetä kaapeleita ja viitetekstejä).

MaciCAD:stä saadaan tietomallipohjaisen suunnittelutyön tuloksena tulostettua aiempaa tarkemmat materiaaliluettelot. Materiaaliluettelo kertoo suunnitelman materiaalmassat eli esimerkiksi valaisimien, pistorasioiden ja kytkimien lukumäärät sekä kaapelireittien kokonaispi-tuudet.

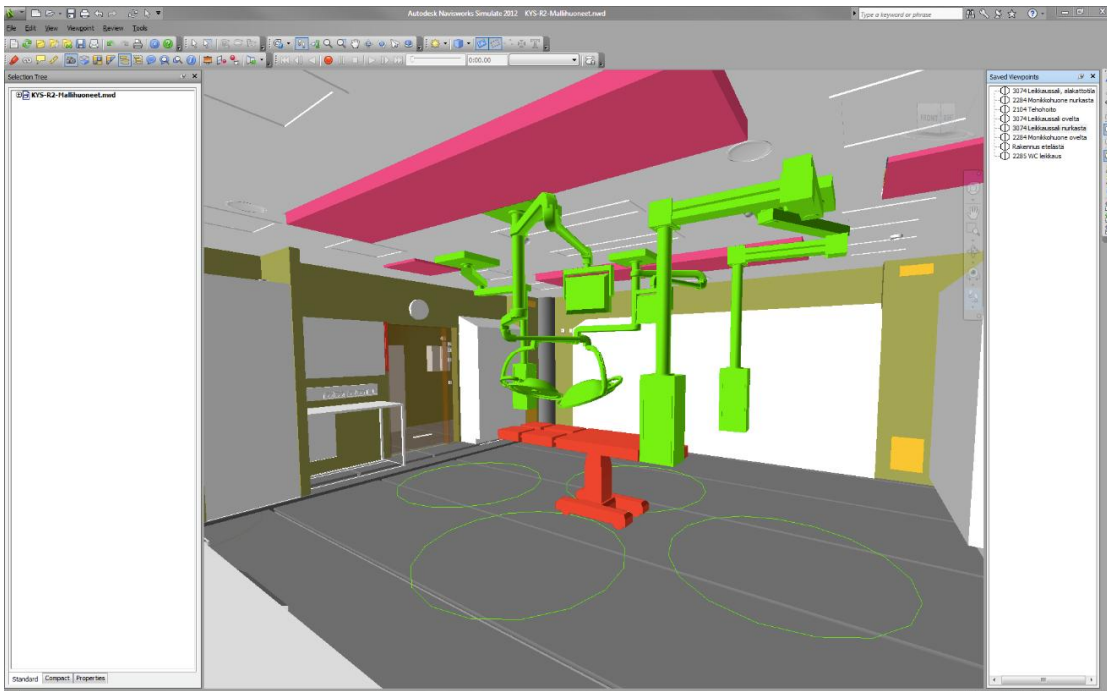
3.3.2 Nawisworks Simulate

Ohjelmistoa käytetään suunnitteluprojekteissa koordinoituvien työkaluna, asennustoiminnan apuna ja laitoksen tai rakennuksen kunnossapito- ja operointitehtävissä. Ohjelmisto tukee erilaisia CAD-tiedostoformaatteja ja laserskannaustiedostoja, joista koostetaan sen avulla kokonaisu-malli. Ohjelmisto pitää CAD-tiedostoista koostettua 3D-mallia ajan tasalla .nwc cache-tiedostossa, jotka päivittyvät automaattisesti nwf-referenssitiedoston avulla CAD-tiedostojen päivittyessä. Ohjelman skaalautuva arkkitehtuuri ja streaming-teknologia pienentävät laitteis-ton rasi-tusta, ja mahdollistavat erittäin suurikokoisten mallien nopean käsittelyn.

Ohjelmiston perustoimintoihin kuuluvat mallissa navigointi, animaatioiden luominen, mallin leikkaaminen, läpinäkyvyyksien muuttaminen, objektien paikoittaminen, dokumenttien tai linkkien liittäminen ns. hyperlink ominaisuuden avulla, kommenttien tekeminen, CAD-objekteihin liittyvien materiaalitietojen tarkasteleminen ja mittaukset mallissa.

Julkaisu-toiminnon (Publish) avulla koontimalli julkaistaan erittäin pienikokoiseksi .nwd tiedos-toksi, Navisworksin työtiedostoksi. Nwd-tiedostojen käyttö on jo yleistynyt laitos- ja rakennus-suunnitteluprojekteissa, koska niitä voidaan myös tarkastella ja navigoida ilmaisella rajoitetuin ominaisuuksin varustetulla Autodesk NavisWorks Freedom-ohjelmistolla. Julkaistessa voidaan määrittää mm., liitetäänkö .nwd tiedostoon objektien materiaalidata vai ei, mikä on julkaistavan mallin voimassaoloaika, ja tiedosto voidaan myös varmistaa salasanalla.

(Autodesk Oy, 2013)



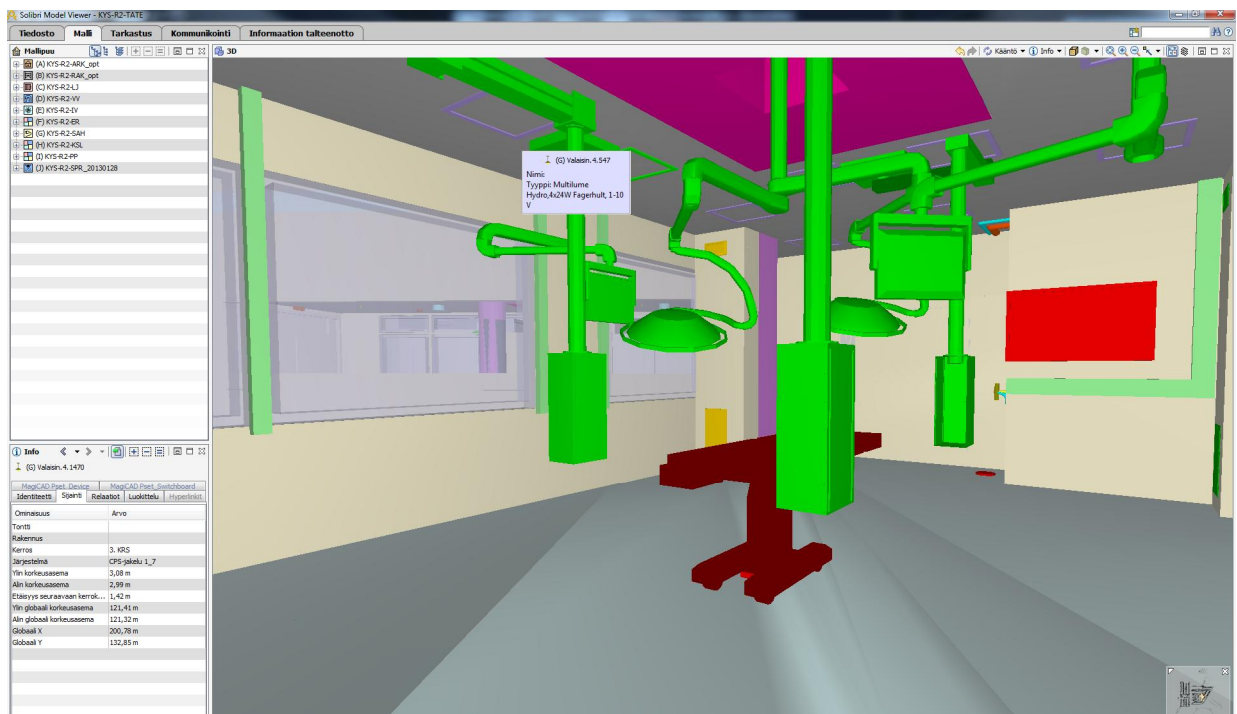
Kuva 6. Leikkaussalin NawisWorks 3D-malli

3.3.3 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker (SMC) on ohjelma rakennuksen tietomallien tarkistamiseen. Oletusarvoisesti SMC:llä työskennellään kolmessa tilassa. Ensimmäisessä voidaan tarkastella mallia, toisessa tilassa tehdään varsinainen tarkistus ja kolmannessa raportointi – esimerkiksi kuvaesitys mallin virheistä. Solibrin Checker-versio vaatii aina voimassaolevan lisenssin. Solibrista on olemassa myös lisenssivapaa Model Viewer, jota voidaan käyttää mallien kevyempään tarkasteluun.

Ohjelma ymmärtää monenlaisia sääntöjä ja ohjelmisto tarkistaa automaattisesti noudattaako malli niitä. Käyttäjä voi säätää ja luoda sääntöjä, valita sopivan sääntökokoelman sekä sallia poikkeuksia. Näin tietomallista löydetään systemaattisesti mahdolliset suunnittelu- tai ajatusvirheet. SMC:n tarkistustulokset käydään manuaalisesti läpi ja malliin tehdään niiden perusteella tarvittavat muutokset alkuperäiseen tasokuvaan, jonka jälkeen tasokuvasta ajetaan päivitetty IFC-malli ja se toimitetaan Solibrin uudelleentarkistukseen.

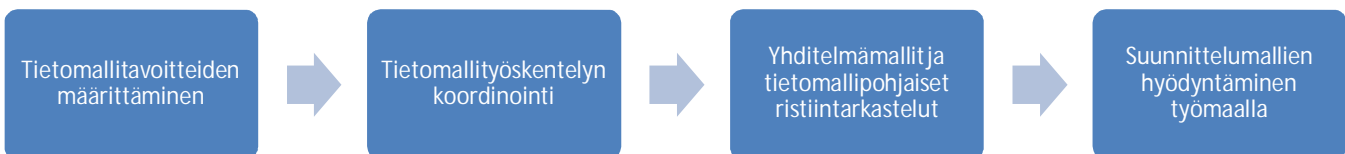
(Solibri Oy, 2013)



Kuva 7. Leikkaussalin 3D-malli Solibri Model Checkerissä

3.4 Mallintaminen käytännössä

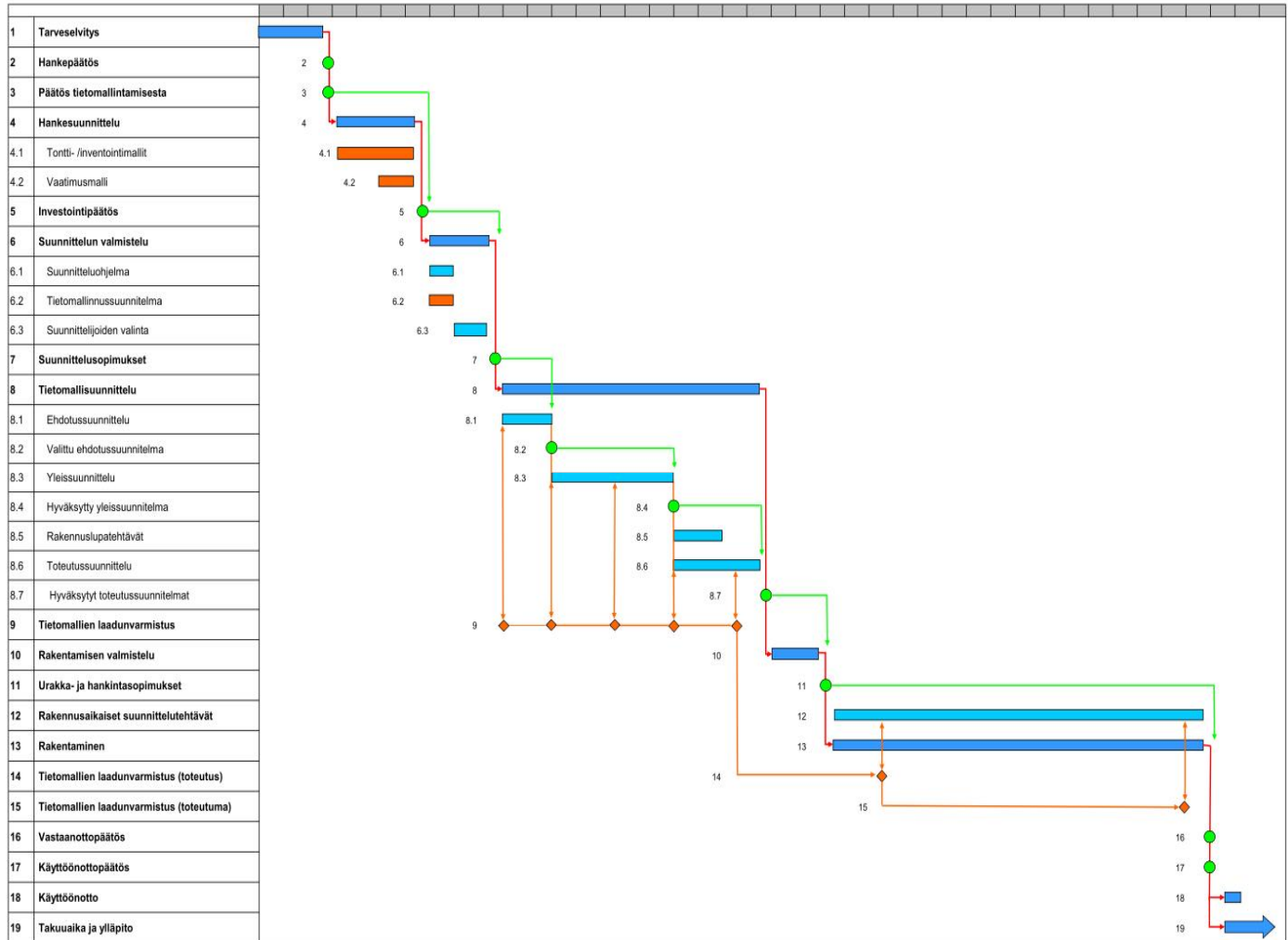
Suunnittelunaikainen tietomallinnus jakautuu ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheeseen sekä toteutussuunnitteluvaiheeseen. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa selvitetään tilaajan vaatimukset ja tuotetaan tilaajalle mallin avulla laskennallista ja visuaalista tietoa päätöksenteon tueksi. Toteutussuunnitteluvaiheessa luonnosvaiheen sovitut ratkaisut toteutetaan koko kiinteistön kattavalla tietomallinnuksella. Tietomallipohjainen suunnittelu lähtee siitä, että suunnitelmalle määritetään asiakkaan kanssa yhteistyössä tietomallivaatimukset, ellei sellaisia ole jo valmiiksi olemassa (esim. Senaatti-kiinteistöt). Lopulta mallinnuksen taso riippuu siitä, mitä on tilattu. Tietomallipohjaisissa suunnitteluprojekteissa on suositeltavaa käyttää erillistä tietomallikoordinaattoria. Tietomallikoordinaattorin tehtäviin voi kuulua esimerkiksi aikataulun seuraaminen, mallin törmäystarkastelun suorittaminen tai siitä huolehtivan tahon määrääminen, mallinnuksen vaatimustason varmistaminen sekä mallin analysointi. Tietomallikoordinaattorin tehtävät on yleensä tarkoin eritelty kohteen tietomallivaatimuksissa. Esimerkki tietomallikoordinaattorin tehtävistä liitteessä 2.



Kuvio 3. Tietomallinnetun suunnitteluprosessin eteneminen

Tietomallinnettu suunnitteluprojekti on teoriassa perinteistä suunnitteluprojektia etupainotteisempi. Yhdistelmämallilla pyritään näkemään rakennusvaiheen ongelmapaikat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällöin ne ovat vielä helposti ja pienin kustannuksin korjattavissa ennen niiden siirtymistä työmaalle. Mallinnus on koordinoitava ja jaksotettava etukäteen niin, että kukin suunnitteluosapuoli tietää miten muut etenevät ja mitä vaatimuksia muiden osapuolten eteneminen asettaa omalle mallinnukselle. Jos esimerkiksi rakennesuunnittelijan malli laahaa aikataulullisesti perässä, vaikuttaa se suunnitelmien tarkkuusvaatimusten vuoksi perinteistä suunnitteluprosessia merkittävämmiin talotekniikkasuunnittelijoiden (sähkö, LVI) työhön.

Kun mallinnus koordinoidaan sujuvaksi rakennuttajan, arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja talotekniikan suunnittelijoiden kanssa, vältetään turhalta työltä ja voidaan mallintaa vain niitä asioita, joita työmaa ja muut osapuolet ensisijaisesti tarvitsevat. Mallinnus ei ole koskaan itse tarkoitus, vaan mallinnus tehdään aina jotakin käyttötarkoitusta varten. Nämä mallin käyttötarkoitukset on sovittu tilaajan kanssa tarveselvitysvaiheessa. (Järvinen 2012b.)



Kuvio 4. Tietomallinnetun suunnitteluprojektin eteneminen ja koordinointi ajallisesti.(YTV 2012)

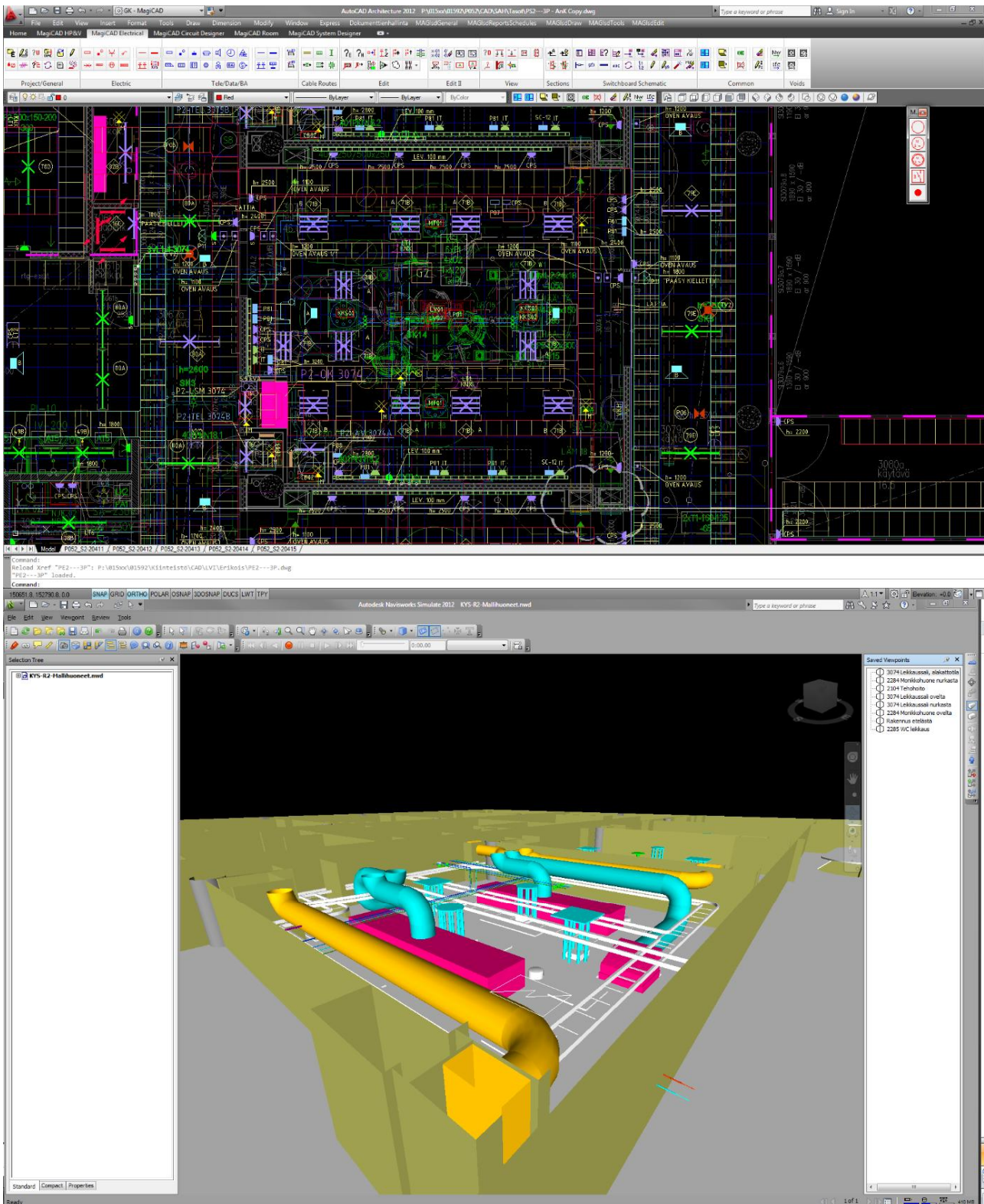
Tietomallipohjaisen ero niin sanottuun perinteiseen suunnitteluun verrattuna on se, että kohde suunnitellaan tietoa sisältävien objektien, tietomallien avulla. Objektit joko luodaan tai haetaan valmiista tietomallikirjastosta. Itse käytännön suunnittelutyö eroaa perinteisestä tietomallinnetusta suunnittelusta vain siinä, että tietomallinnettu suunnittelu on tarkempaa, ei vain piirtämistä. 3D-malli muodostuu MagiCAD-ohjelmistolla automaattisesti 2D-piirrustuksesta. Objektien korot ja esim. asennusreitit on määritettävä niin, että suunnitelmas- ta muodostuva 3D-malli vastaa todellisuutta. Sähkösuunnittelussa tämä korostuu yleensä ah- taissa paikoissa kuten alakatoissa ja konehuoneissa, jonne tulee paljon tilaa vieviä objekteja, kuten kaapelireittejä ja valaisimia.

Itse suunnitteluperiaatteet noudattavat projektikohtaisia ohjeistuksia, ellei kohteen tietomalli- vaatimuksissa toisin ole määrätty. Esimerkiksi sähköverkostojen värikoodit, mallin geometrian sekä tietosisällön vaatimustaso ja mallista pidettävä tietomalliselostus tai muut vastaavat työn aikaiset laadunvarmistusdokumentoinnit on yleensä määritelty tietomallivaatimuksissa. Kun mallinnettavaa kohdetta suunnitellaan, työn on oltava järjestelmällistä ja mielessä on tietomal- livaatimukset tai erikseen sovittavat periaatteet. Mallinnus on suoritettava oikeilla objekteilla sekä mahdolliset puutteet tai poikkeamat on dokumentoitava ja oltava kaikkien suunnitte- luosapuolten tiedossa. Näin vältetään siltä, että osapuolet saavat virheellistä tietoa, joka johtaa tarpeettomiin muutoksiin yhdistelmämallissa. Kaikkien suunnitteluosapuolten on työskenneltä- vä samassa koordinaatistossa samalla origopisteellä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että suun- nitelmissa käytetään absoluuttista korkoa, jonka arkkitehti suunnittelun alussa määrittää. Ab- soluuttinen korko on kaikille sama, eikä ole riippuvainen mistään objektista, esimerkiksi lattias- ta.

Mallinnus tehdään Granlundilla AutoCAD-pohjaisella MagiCAD-ohjelmistolla. Mallinnusta ei tehdä suoraan 3D-malliin, vaan 3D-malli ajetaan perinteisestä 2D-suunnitelmasta. Jotta talo- tekniikkasuunnittelijoiden on järkevää aloittaa mallinnus, vaaditaan rakennuksen rakennemalli arkkitehdiltä ja rakenne suunnittelijana. Tätä rakennuksen geometriamallia käytetään pohjana, johon talotekniikkamallit (sähkö, LVI) sovitetaan. Arkkitehdiltä ja rakennesuunnittelijalta vaadi- taan myös 2D-leikkauskuvia täsmällisen mallin muodostamista varten. MagiCAD generoi au- tomaattisesti sekä 2D- että 3D-pohjaiset symbolit yhtäaikaaisesti, ja MagiCAD:ssä voidaan vali- ta käytettävä näkymä, joko 2D, 3D tai päällekkäinen 2D ja 3D. CAD-suunnittelun tukena käyte- tään Granlundilla yleisesti Nawisworks Simulate-ohjelmistoa mallin tarkasteluun MagiCAD:n rinnalla (ks. kuva 8). Vaikka MagiCAD:stä saadaan jo itsestään 3D-kuvaa, se ei ole isoissa kohteissa käyttökelpoinen eikä selkeä. MagiCAD:stä saadaan kuitenkin ajettua 3D-malleja eri tiedostomuodoissa eri ohjelmistoja varten. Yleensä työn aikana 3D-mallit ajetaan ns. natiivitie-

dostoina, ja lopuksi mallista ajetaan kaikkien IFC-standardia tukevien ohjelmistojen tukema ja tietomallin yleisenä jakomuotona käytettävä IFC-tiedosto.

Natiivitiedostoilla tarkoitetaan kunkin ohjelman omaa tiedostomuotoa. Granlundilla 3D-malleja luodaan ja käsitellään työn aikana pääasiassa Solibrin smc-tiedostoina tai Nawisworksin nwc-tiedostoina. Nawisworksin .nwc-tiedoston käytön idea on sen keveys ja helppo päivitettävyys. Nawisworksin Viewer-ohjelmalla jokainen suunnittelija voi päivittää Nawisworks-malliaan omaan tahtiin yksinkertaisesti Nawisworksin päivitä-toimintoa käyttämällä, jolloin ohjelma hakee viimeisimmän mallin siihen linkitetystä .dwg-tiedostosta. Nawisworksillä mallin sisällä voidaan navigoida helposti ja ennen kaikkea esimerkiksi MagiCAD:iin ja Solibrin Model Checkeriin verrattuna kevyesti. Tätä havainnollistavat tiedostokoot, esimerkiksi suuren sairaalarakennuksen Nawismalli on kooltaan noin 2 MB, kun taas Solibrin yhdistelmämallin törmäystarkasteluun käytettävä tiedosto on kooltaan noin 600 MB. Tämä selittyy ohjelmistojen erilaisella rakenteella ja mallin tietosisällöllä. Solibrin käytetään pääasiassa leikkausten sekä säännösten mukaisten törmäystarkastelujen suorittamiseen. Käytäntö on, että suunnitelmat tehdään MagiCAD:llä, jonka rinnalla käytetään Nawisworksia 3D-mallin työnaikaiseen tarkasteluun. Lopuksi MagiCAD:stä ajetaan IFC-tiedostot, jotka syötetään Solibrin Model Checkeriin yhdistelmämallin luontia ja yhdistelmämallin törmäystarkastelua varten.



Kuva 8. Leikkaussalin 2D-näkymä MagiCAD:stä (yllä) ja saman tilan alakaton 3D-näkymä Navisworksillä

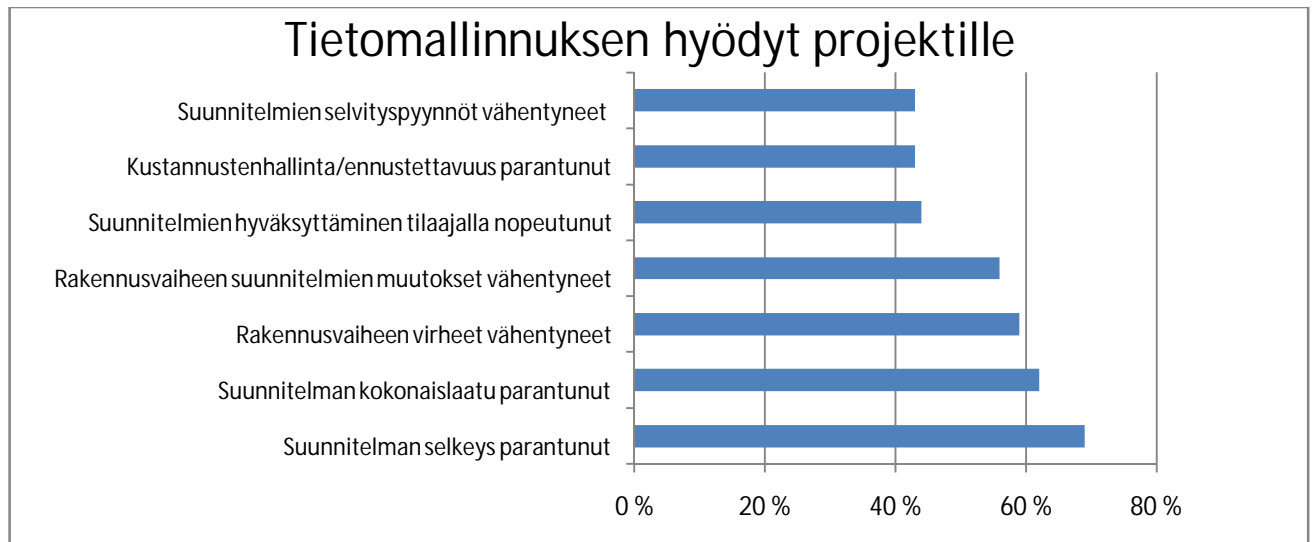
3.5 Tietomallin tuomat edut

Tietomallinnus helpottaa mahdollisten rakennusvaiheen ongelmien näkemistä jo etukäteen, joten virheet suunnitelmissa voidaan korjata ennen kuin ne pääsevät työmaalle asti. Viime vuosien tuoma kehitys ohjelmistoissa ja teknologiassa on avannut tietomallintamiselle uusia mahdollisuuksia ja tehnyt tietomallintamisesta entistä käyttökelpoisemmän erilaajuisissa suunnitteluprojekteissa. Tietomallintamisesta saadaan suurin hyöty, kun teknologia on yhteensopivaa ja eri suunnittelualojen suunnitteluperiaatteet tukevat toisiaan. Tietomallipohjaisen suunnittelun etuja tarkastellessa korostuu suunnitelmien parempi laatu, sekä 3D-mallin visuaalisuus ja selkeys (ks. kuvio 5).

Tietomallintamisen eduksi suunnitteluprosessissa voidaan lukea:

- suunnitelmat helpommin hahmotettavia
- suunnitelmien parempi laatu simulointien, analyysien ja törmäystarkastelujen ansiosta
- määrä- ja kustannuslaskennan tehokkuus
- tehokas työmaan suunnittelu ja aikataulutus
- rakennushankkeen tieto kaikkien osapuolien saatavilla ja hyödynnettävissä rakennushankkeen kaikissa vaiheissa.

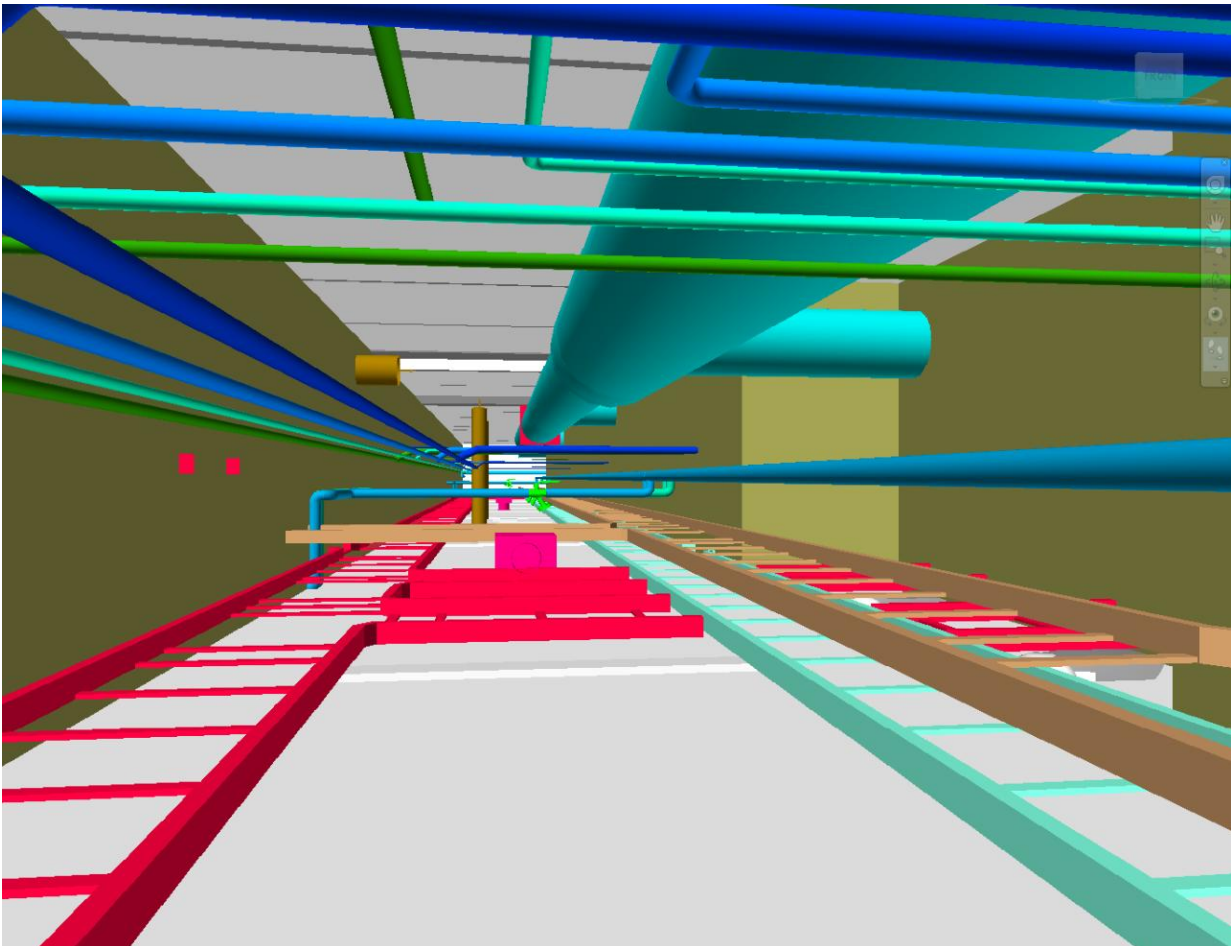
(YTV 2012)



Kuvio 5. Tietomallin hyödyt projektille (McGraw 2012.)

3.5.1 Suunnittelijalle

Tietomallin suunnittelijalle tuomat edut painottuvat lähinnä havainnollisuuteen. Itse suunnittelu on perinteistä työläämpää ja vie enemmän aikaa, mutta maksaa itsensä takaisin visuaalisempaa lopputuloksena josta nähdään heti suunnitelman toteutettavuus. Visuaalinen 3D-malli helpottaa myös merkittävästi joidenkin ratkaisujen ja etenkin ahtaiden tilojen kuten alakattojen ja vaikkapa IV-konehuoneiden asennusjärjestyksen ja periaatteen selvittämistä rakennuttajalle tai tilaajalle (ks. kuva 9). Tietomallinnuksen visuaalisuus onkin muuttanut suunnittelijoiden työn luonnetta entistä vuorovaikutteisemmaksi ja konsultoivammaksi, sillä yhdistelmämalli on käytössä useilla eri osapuolilla rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa, ja usein suunnittelija tuntee mallin ja sen käsittelyn parhaiten.



Kuva 9. Nawisworks Simulate kuvankaappaus alakaton sisäisestä talotekniikasta.

3.5.2 Rakennuttajalle

Rakennuttajan näkökulmasta tietomallin edut ovat kustannustehokkaampi, ja tarkempi suunnitelma. Tietomallista saadaan tukea rakennusvaiheen investointipäätöksiin, sillä se mahdollistaa erilaisten taloteknisten suunnitelmien kustannusten ja toimivuuden vertailua perinteistä 2D-suunnittelua paremmin. Suunnitelman tilaajaan täytyy kuitenkin olla tietoinen mitä tietomallipohjaisella suunnittelulla tarkoitetaan, mikä on mallinnuksen laajuus ja mitä lopullisesta mallista itse asiassa halutaan hyödyntää. Tietomallipohjaisten suunnitelmien laajuuden ja lukuisten mahdollisuuksien vuoksi on siis tärkeää, että tilaaja ymmärtää mitä on tilaamassa ja myös sen, mitä suunnittelija tarjoaa.

Tämän hetkisten kokemusten perusteella olisi ehkä tarvetta muokata suunnitelmien tilauksen sopimusperusteita ja hankintakäytäntöjä, sillä usein käytössä oleva suunnitelmien tilauksen sopimusperuste ei palvele tietomallipohjaista suunnittelua, sen kehitystä ja näin ollen laajempaa käyttöönottoa. Tietomalli avaa myös työmaalla urakoitsijoille uusia mahdollisuuksia tarkastella suunnitelmia tietomallin avulla, ja näin ollen osaltaan parantaa rakentamisen laatua ja vauhdittaa rakennusprosessia, kun ylimääräisiltä työmaa-aikaisilta selvityspyynnöiltä vältytään. Tämä toki edellyttää urakoitsijoiden puolelta työmaalle tietomallin tarkasteluun tarvittavien laitteiden ja ohjelmistojen hankkimista, sekä ennen kaikkea niiden käytön hallitsevia henkilöitä (Järvinen 2012b.), (Palos 2010.)

3.6 Tietomallinnus maailmalla

Suomea voidaan pitää kansainvälisesti johtavana maana tietomallinnuksen kehityksessä ja käytössä. Suomen etuina tietomallinnuksen käyttöönotossa on muiden pohjoismaiden tapaan pidetty melko pientä ja yhtenäistä rakennusteollisuuden toimijakenttää, joka mahdollistaa nopeammat muutokset yksittäisten toimijoiden johtamina. Suomessa toiminta on tällä hetkellä jo melko pitkälle vietyä ja tulevaisuuden muutokset rakennusteollisuudessa näyttävät tukevan tietomallipohjaista suunnittelua. Uudet sääntöjen mukaiset energialaskelmat ja talotekniikan kasvava määrä käytännössä edellyttävät tietomallinnusta. Hyvänä esimerkkinä Suomen aktiivisuudesta tietomallinnuksen kehityksen suhteen voidaan mainita Building Smart Finland:n luoma Yleiset Tietomallivaatimukset kokoelma. Muualla Euroopassa siirtyminen tietomallintamiseen on ollut hitaampaa, ja vanhoista toimintatavoista uusiin siirtyminen jäykempää. Esimerkiksi Saksassa suuret rakennuttajat ovat olleet passiivisia tietomallinnukseen siirtymisessä, sillä rakennusteollisuus on laajalti hajautettua sekä ohjelmistomarkkinoita ovat hallinneet paikalliset, perinteistä suunnitteluprosessia suosivat ohjelmistovalmistajat. Myös suunnittelun tilauskäytännöt perustuvat seikkoihin jotka eivät tue tietomallinnusta. Käytännössä tämä tarkoittaa hintaan perustuvaa kilpailutusta, eikä esimerkiksi suunnitelmien laatuun, energiavertailuihin tai innovaatioon. (Henttinen 2012.)

Euroopan ulkopuolella suurin toimija on Yhdysvallat. Yhdysvallat on selkeästi tietomallintamisessa kansainvälisessä eturintamassa. Toiminta on osittain hyvin pitkälle vietyä, mutta melko lyhytjänteistä. Yhdysvalloissa on käytössä tietomallinnusprosessia tukeva allianssi-toimintamalli (IPD, integrated project delivery), sekä ohjelmistomarkkinoita hallitsevat tietomallinnusta tukevat ja kehittävät ohjelmistovalmistajat. Ongelmana on, että toimijoita rakennus-alalla on valtava määrä, joka vaikeuttaa yhtenäisten käytäntöjen ja pelisääntöjen laatimista. Aasiassa tilanne vastaa lähinnä Yhdysvaltoja. Esimerkiksi Kiinassa on toteutettu huippuluokan tutkimus- ja kehitystyötä sekä valtavia pilottihankkeita tietomallintamisen, mutta tietomallintaminen ei kuitenkaan ole laajemmassa käytössä.

(WSP Group Oy 2013.)

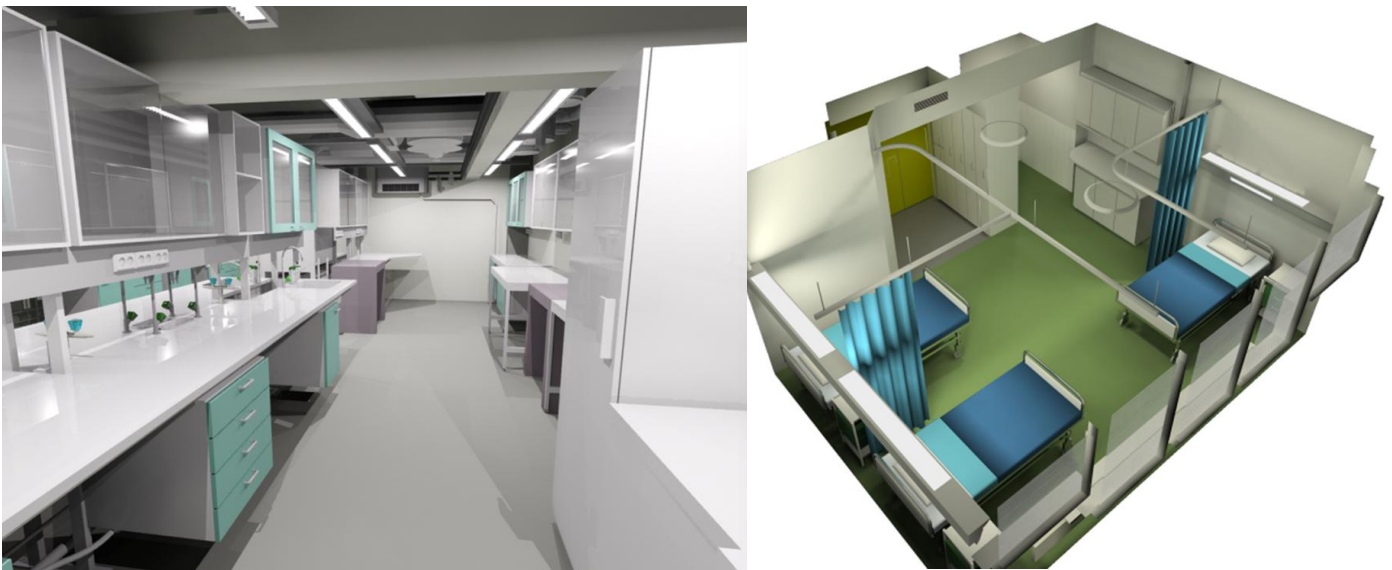
4 MÄÄRÄLUETTELOT

Määräluettelolla tarkoitetaan kohteeseen sisältyvää materiaalien määrää. Määräluetteleita käytetään lähinnä urakkalaskennassa, ja perinteisesti urakoitsija on teettänyt määräluettelot laskijoillaan, jotka ovat laskeneet materiaalit käsin piirustuksista. Tietomallinnus edellyttää yksityiskohtaista ja todellisuutta vastaavaa suunnittelua, joka mahdollistaa aiempaa käyttökelpoimpien määräluetteloiden muodostamisen suoraan suunnitelmasta ohjelmiston omalla määrälaskentatoiminnolla. Esimerkiksi kaapelihyllyt ja kaapelikourut suunnitellaan ja mallinnetaan nousuineen todellisuutta vastaavaa reittiä, samoin erilaiset kalustekokonaisuudet ja valaisimet. Toistaiseksi kokemus on kuitenkin osoittanut, että mallinnuksen tarkkuudesta huolimatta tiettyjen tuotteiden tietomalleissa on vielä puutteita, joten määräluettelot ovat näiltä osin lähinnä suuntaa antavia. Tämä ilmenee esimerkiksi kaapelihyllyissä, joista saadaan tuotettua vain metrimääräinen määräluettelo, sillä niistä ei ole olemassa todellista tuotemallia eikä lisävarusteita, kuten kulma- ja liitospaloja. Näin ollen nämä suunnitellaan ja mallinnetaan CAD:ssä niin sanotusti suunnan muutoksella, eikä todellisilla kulmapaloilla. Tuotemallien jatkuvasti kehittyessä, myös määrälaskennan tarkkuus paranee, ja määräluetteloiden muodostaminen voidaan siirtää entistä enemmän suunnittelijoille. Tämä vähentää urakoitsijan urakkalaskentaan käytettävää aikaa ja myös näin ollen urakkalaskennan ja urakan kustannuksia. (Kettunen 2011.)

5 TEKNISET VISUALISOINNIT

Tietomallinnuksessa tuotetuista 3D-malleista on mahdollista tuottaa myös realistisia teknisiä visualisointeja asiakkaan tarpeisiin. Visualisoinnit vaativat erikoisohjelmistoja ja erikoisosaimista, eikä visualisointeja voida pitää normaaliin suunnitteluun kuuluvana osa-alueena. Visualisointien teossa kuitenkin käytetään pohjana suunnittelijoiden malleja, mutta visualisointien tarkkuustaso on huomattavasti realistisempi. Visualisointien päätarkoitus selventää rakennuksen käyttäjälle suunnittelun alkuvaiheessa mallihuoneiden avulla miltä tietyt tilat tulevat lopulta näyttämään. Visualisoinnin raskauden takia ei ole tarkoituksenmukaista muodostaa visuaalisesti realistista mallia koko rakennuksesta, vaan pelkästään tietyistä mallihuoneista. Visualisoinnista nähdään jo etukäteen suunnitteluvaiheessa havainnollisesti mm. paljon talotekniikkaa sisältävien tilojen kalusteiden sijoittelu. Näin käyttäjä voi kommentoida tilan käytettävyyttä ja mahdollisia muutoksia alkuvaiheessa, jolloin ne eivät vaadi suuria muutoksia ja aiheuta näin lisäkustannuksia.

(Granlund Oy 2012.)

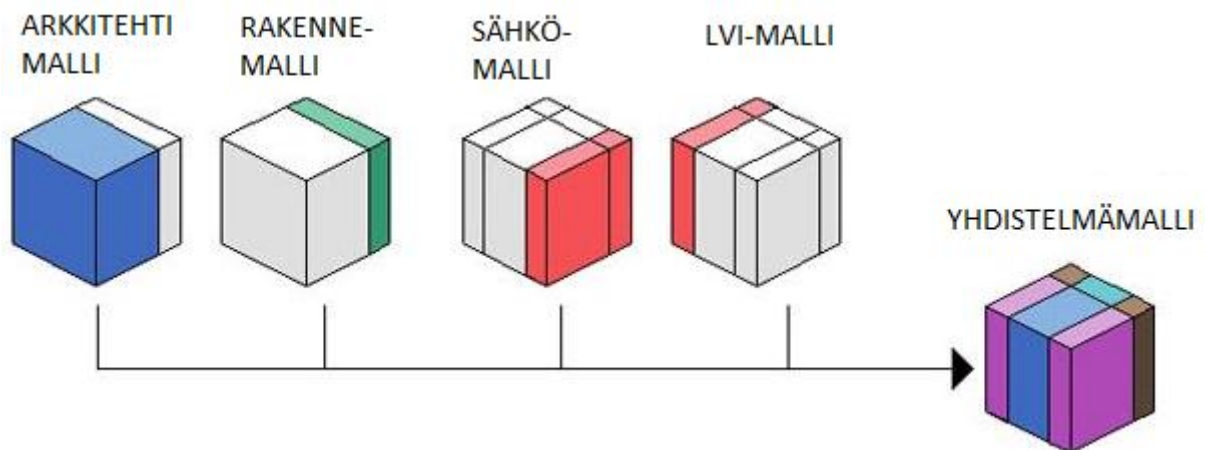


Kuva 10. Esimerkkejä sairaala- ja laboratoriotilojen visualisoinneista (Järvinen 2012c.)

6 YHDISTELMÄMALLI

Yhdistelmämallilla tarkoitetaan kaikkien suunnittelualueiden yhteen malliin sovitettuja osamalleja. Tietomallilla ei tarkoiteta yhdistelmämallia, sillä yhdistelmämalli on tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin yksi osa-alue. Yhdistelmämallin muodostamista voi pitää tietomallipohjaisen suunnittelun tärkeimpänä ja näkyvimpänä tuotoksena. Yhdistelmämallista nähdään virtuaalisesti suunnitelmien toteutettavuus ja eri taloteknisten suunnitelmien yhteensopivuus (sähkö, LVI) rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmiin, sekä se havainnollistaa eri ratkaisuvaihtoehtoja ja auttaa oikeiden ratkaisujen valitsemisessa. Yhdistelmämalli on suunnittelijoiden, käyttäjän ja urakoitsijoiden käytössä oleva väline, josta keskitetysti nähdään mitä ja miten ollaan rakentamassa. On kuitenkin huomattava, että yhdistelmämallit sisältävät vain osan tietomallien älykkyydestä, joten ne eivät korvaa suunnittelijoiden omien työkalujen avulla luotuja malleja.

Jokainen suunnitteluosapuoli on velvollinen tekemään suunnitteluyön edetessä aika ajoin omatarkastuksia omasta mallista yhdistelmämallin avulla. Näin vältetään suuritoisilta muutoksilta mallien lopullisessa yhdistämisessä. Yhdistelmämalli voidaan muodostaa eri tiedostomuodoissa. Tällä hetkellä yleisen IFC-tiedostomuodon lisäksi käytettävissä ovat ainakin Solibri Model Checker, Nawisworks sekä Tekla BIMSight -ohjelmistot, joilla jokaisella on oma natiivitiedostomuotonsa. Edellä mainitut ohjelmistot tukevat kaikki myös IFC-tiedostomuotoa.

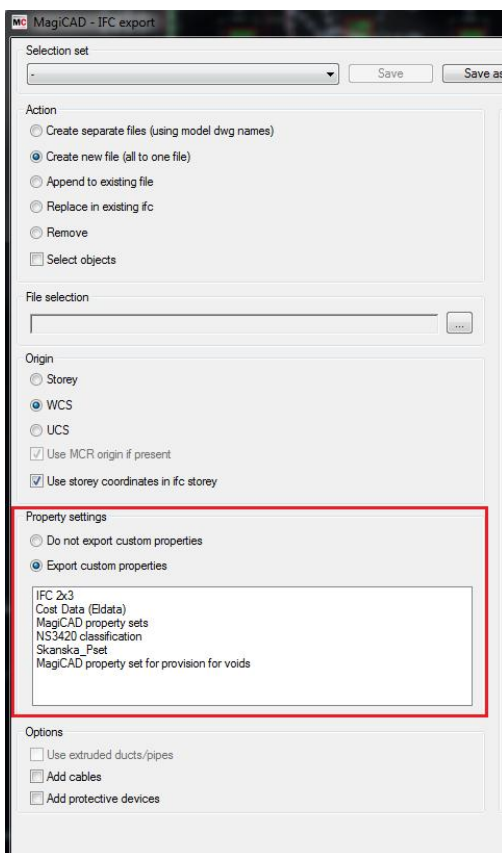


Kuvio 6. Yhdistelmämallin periaate

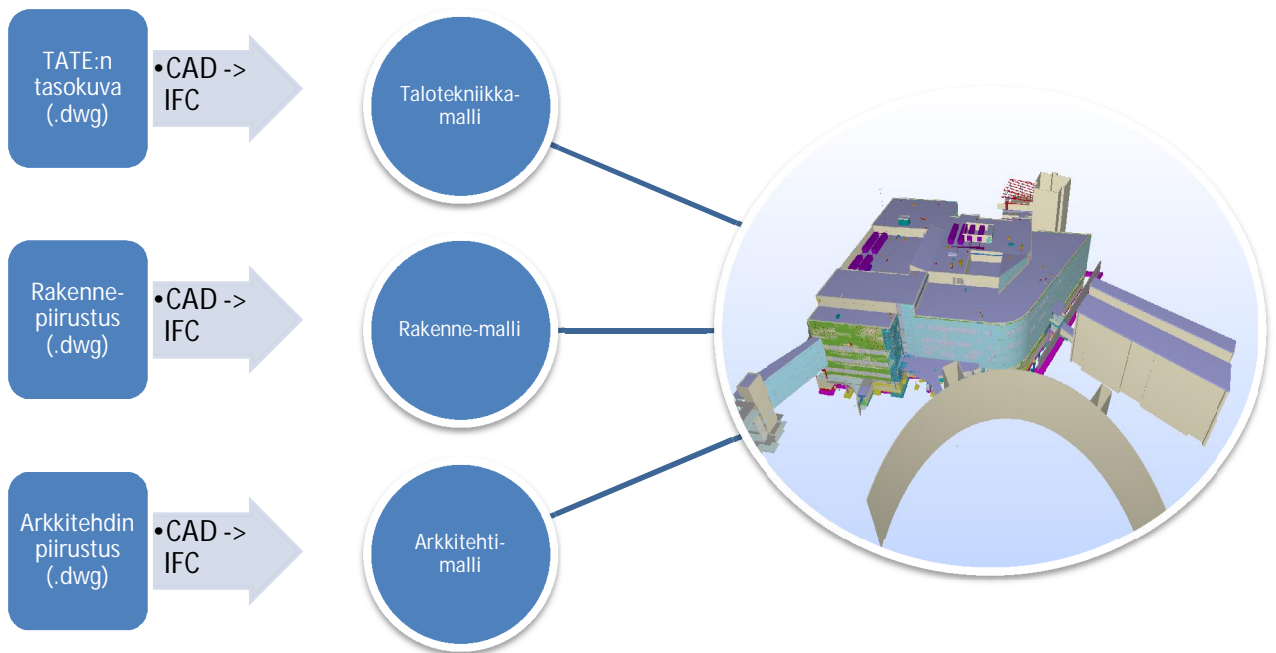
6.1 Yhdistelmämallin luominen

Yhdistelmämallin yleisesti käytössä oleva jakelumuoto on IFC-tiedosto. Kunkin suunnitelman .dwg- tiedostosta ajetaan CAD-ohjelmistolla (MagiCAD) IFC-tiedosto, jotka kootaan yhteen malliin päällekkäin samalla origopisteellä. Suurissa kohteissa yhdistelmämallin tiedostokoko kasvaa helposti suureksi ja voi näin käydä laitteistolle raskaaksi käsitellä. Tällöin tasopiirustus .dwg-tiedostoista ajetaan kevyemmät esimerkiksi kerroskohtaiset IFC-mallit.

IFC-tiedosto saadaan MagiCAD:stä yksinkertaisesti IFC export-toiminnolla. IFC:n viennin yhteydessä voidaan valita, mitä tietoa tasoista halutaan viedä IFC-tiedostoon. Koska esimerkiksi sähkötekniikan osalta ei haluta mallintaa kaikkea, täytyy ennen IFC-ajoa tasoja sammuttamalla jättää näkyviin vain ne asiat, jotka malliin halutaan mukaan. Granlundilla tälle on olemassa erillinen pikakomentonsa, joka automaattisesti sammuttaa kaikki tasot, joita ei mallinnetta. IFC-viennissä voidaan myös valita, mitä tietosisältöä siihen halutaan sisällyttää. Vaihtoehtoina ovat mm. pelkkä objektien 3D-geometria tai vaikkapa valaisimien IP-luokat, tehot ja niin edelleen (ks. kuva 11).



Kuva 11. IFC-malliin vietävät tiedot

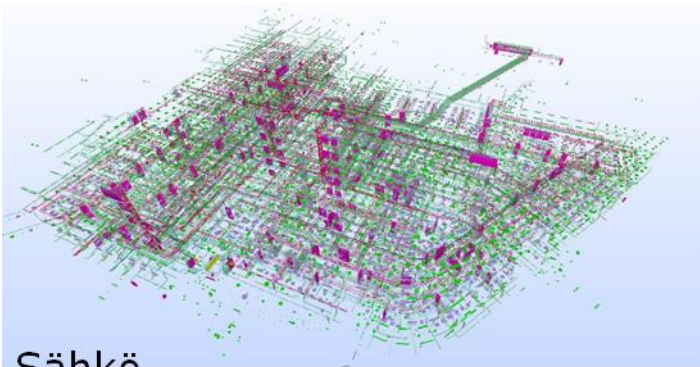


Kuva 12. Yhdistelmämallin koostumus.

IFC-malli voidaan muodostaa eri tavoin. Mallien muodostamisessa ja nimeämisessä noudatetaan tilaajan ohjeistusta jos sellainen on saatavilla, tai pääsääntöisesti käytössä olevia tietomallivaatimuksia. Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012) antavat seuraavia suosituksia IFC-mallien luomiselle:

1. Pääjärjestelmät mallinnetaan omina malleina kerroksittain
2. Pääjärjestelmät yhdistetään yhdeksi kerroskohtaiseksi malliksi
3. Pääjärjestelmistä tehdään omat, erilliset koko kiinteistön kattavat mallit
4. Pääjärjestelmät yhdistetään yhdeksi, koko kiinteistön kattavaksi malliksi

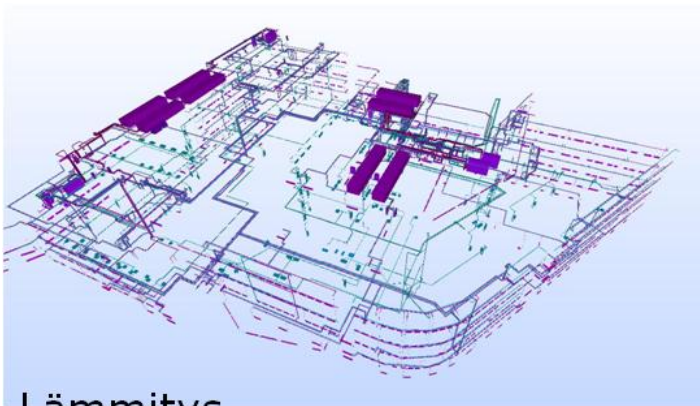
(BuildingSmart Finland 2012.)



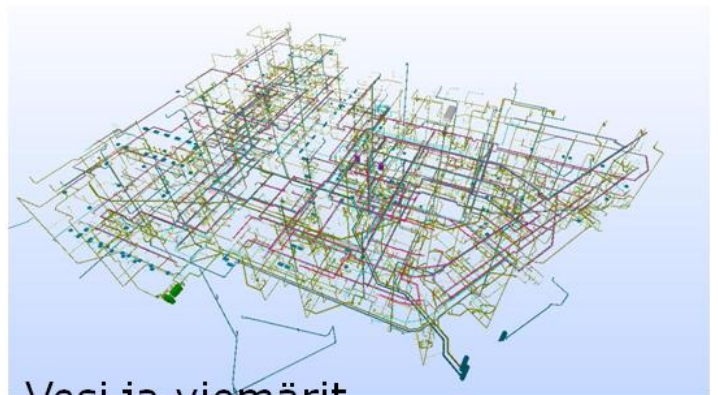
Sähkö



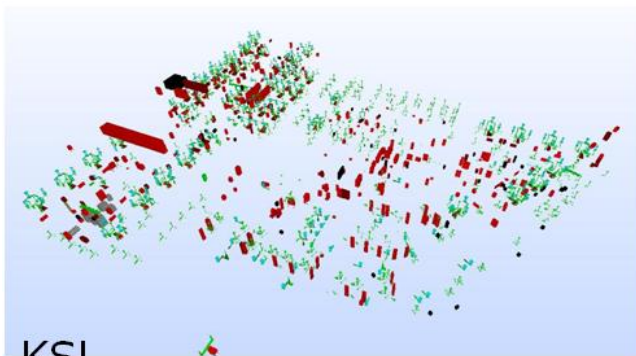
Erikoisputket



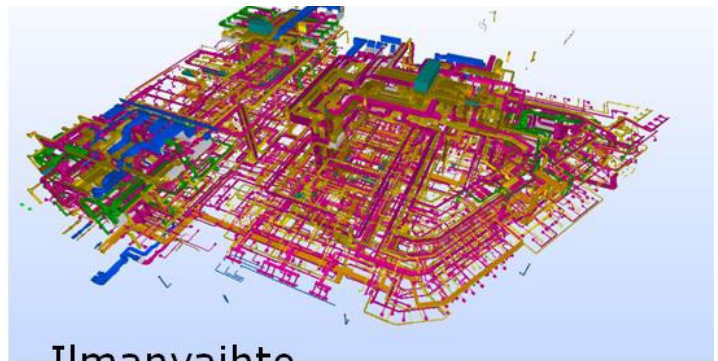
Lämmitys



Vesi ja viemärit



KSL

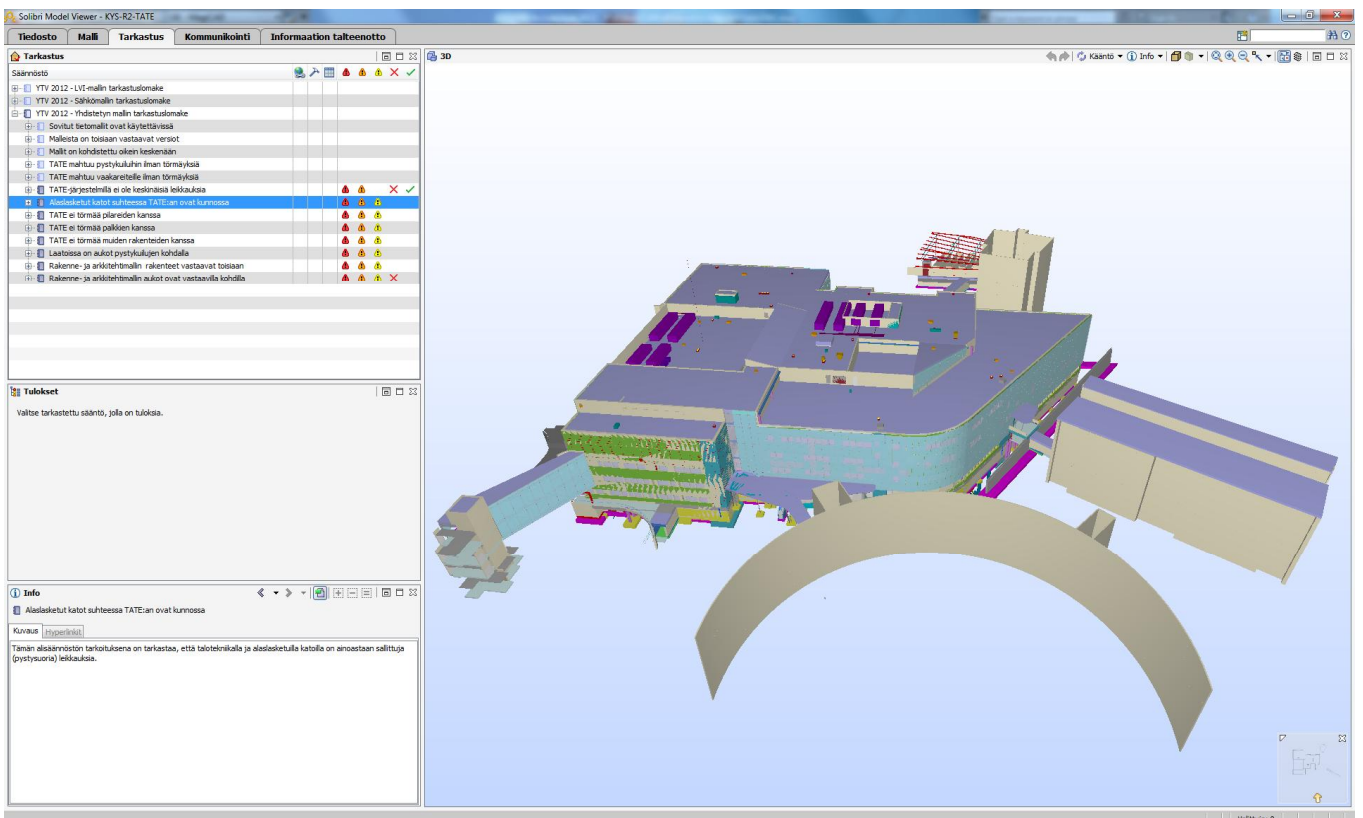


Ilmanvaihto

Kuva 13. Talotekniikan IFC-mallit erikseen esitettynä (Järvinen 2012a.)

6.2 Törmäystarkastelu

Kun yhdistelmämalli on luotu, suoritetaan yhdistelmämallin törmäystarkastelu kaikkien suunniteluosapuolten mallien kesken siihen soveltuvalla ohjelmistolla. Ohjelmaan syötetään tarkastussäännöstö, jonka mukaan ohjelma, tässä tapauksessa Solibri Model Checker, suorittaa tarkastuksen. Säännöstöt ovat avoimia, joten niitä voidaan muokata ja lisätä. Säännöstö kertoo, mitä tarkastuksessa tarkastellaan ja mitkä ovat törmäysten sallitut toleranssit. Törmäystarkastelua voidaan pitää eräänlaisena laadunvarmistusohjelmana, joka paljastaa suunnitelmi- en laadun, vaatimusten mukaisuuden ja lopullisen toteutettavuuden. Törmäystarkastelulla pyritään varmistamaan loppuvaiheen ongelmaton rakentaminen ja virheiden korjaaminen jo suunnitteluvaiheessa.



Kuva 14. Törmäystarkasteltavan mallin yleisnäkymä

7 TIETOMALLINNUSOHJEET

Jotta tietomallinnetusta suunnittelusta saataisiin paras hyöty irti itse suunnitteluprosessissa ja aikanaan kiinteistön ylläpidossa, tulee muodostettavalle tietomallille määrittää projektikohtaiset tavoitteet ja vaatimukset jo tarveselvitysvaiheessa. Tilaajalle on oltava selvää mallinnuksen käyttötarkoitukset, miksi ja mitä käyttötarkoitusta varten mallinnetaan ja mitkä ovat sen hyödyt ja mihin tietomallia käytetään. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tilaaja asettaa hankkeen yleiset tavoitteet, ja suunnitteluprojektin tietomallikoordinaattori tekee niiden pohjalta suunnittelun/tietomallinnuksen tekniset vaatimukset. Tietomallille asetettujen vaatimusten ja tavoitteiden on tuleva olla yhteneväisiä rakennushankkeen yleisiin tavoitteisiin, ja vaatimuksille on asetettava aikataulu joka on sidottu hankkeen aikatauluun. Täsmälliset vaatimukset ja tavoitteet parantavat mallista saatavaa hyötyä, ja mallista saadaan irti oikeita asioita oikeaan aikaan. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy 2011.)

Tilaajan ja suunnittelijan tavoitteiden ja vaatimusten yhdistämisen helpottamiseksi on olemassa erilaisia tietomallivaatimuskokoelmia. Tietomallivaatimukset antavat tilaajalle konkreettisia esimerkkejä tietomallipohjaisen suunnittelun hankkimisesta. Tilaaja saa näin tietoa, mitä on todellisuudessa tilaamassa tilatessaan tietomallinnetun suunnitelman ja mikä on sen käyttötarkoitus käytännössä. Jos tilaaja esimerkiksi haluaa sähkösuunnitelmasta muodostettavan massaluettelot, niin tietomallivaatimukset kertovat mitä tarkkuutta se vaatii suunnitelmalta ja antaa osviittaa sen tuomista kustannuksista. Jos käytössä ei olisi minkäänlaista tietomallivaatimuskirjastoa, syntyy myös rakennuttajan kilpailuttamien suunnitelmien välille teknisiä eriävyyksiä, eikä niitä näin ollen voi tasavertaisesti kilpailuttaa. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy 2011.)

	Lähtötilanne	Tarveselvitys	Ehdotus-suunnittelu	Yleissuunnittelu	Toteutus-suunnittelu	Rakentamisen valmistelu	Rakentaminen	Vastaanotto	Käyttöönoton ohjaus ja ylläpito
Tilankäytettävyys	•	•	•	•	□	□	□	□	□
Tilankäytön tehokkuus	□	□	•	•	□	□	□	•	•
Käyttäjän vaatimukset	□	□	•	•	•	•	•	•	•
Suunnittelun ohjaus	•	•	•	•	•	•	•	□	□
Energia ja olosuhteet	□	•	•	•	□	□	□	•	□
Määrät ja kustannukset	□	□	•	•	•	•	•	□	□
Nykyiset rakenteet	□	•	•	•	□	□	□	•	•
Laajuuslaskelmat	□	•	•	•	•	•	□	□	□
Varaussuunnittelu	□	□	□	•	•	□	•	□	□
Energiatodistus	□	□	□	□	•	□	□	□	□
Toteutus	□	□	□	□	□	•	□	•	□
Työn ohjaus	□	□	□	□	□	□	•	□	□
Työmaan turvallisuus	□	□	□	□	□	□	•	□	□
Työmaan logistiikka	□	□	□	□	□	□	•	□	□
Aikataulusuunnittelu	□	□	□	□	□	□	•	□	□

Kuvio 7. Esimerkki tietomallille asetetuista tavoitteista eri vaiheissa. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy 2011.)

7.1 Yleiset Tietomallivaatimukset (YTV2012)

Ensimmäisen tietomallivaatimuskokoelman kehittäminen alkoi vuonna 2007, kun Senaatti-kiinteistöt laativat käyttämilleen tietomalleille omat vaatimukset (Tero Järvinen, Plaani 2012). Tätä ennen arkkitehdit ja suunnittelijat muodostivat omia mallejaan ilman yhteisiä pelisääntöjä, eivätkä ne olleet välttämättä yhteensopivia muiden suunnitteluprojektin osapuolten kanssa. Tietomallipohjaisen suunnittelun käytön kasvaessa, tuli tarve tarkentaa yhteisiä käytäntöjä mallinnuksessa ja luoda yhteiset säännöt, jotta tietomallinnusta voidaan edelleen kehittää ja viedä eteenpäin.

Building Smart Finland on suomalaisten kiinteistönomistajien, suunnittelutoimistojen, ohjelmistotalojen ja muiden rakennusalan yritysten muodostama yhteisö. Yhteisön tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea jäsenyrityksiä tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa. Vuonna 2011 Building Smart Finland-yhteisö alkoi kehittää Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimusten pohjalta laajempaa tietomallivaatimuskokoelmaa COBIM kehityshankkeessa. Kehitystyöhön liittyi joukko rakennuttajia, urakoitsijoita, arkkitehteja, sekä rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoita, joiden käytännön kokemuksen perusteella kehitystyön pohjana käytettyjä aikaisempia tietomallivaatimuksia lähdettiin kehittämään. Kehitystyön tuloksena syntyi Yleiset tietomallivaatimukset 2012 kokoelma.

(BuildingSmart Finland, 2012)

Yleiset tietomallivaatimukset on 14 osaa käsittävä kokonaisuus. Yleisten tietomallivaatimusten määrittelemä tavoite kiinteistöjen ja rakennusten tietomallinnukselle on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostuu seuraavista dokumenteista:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 kattaa uudis- ja korjausrakentamiskohteet, sekä rakennusten käytön ja ylläpidon. Mallinnusvaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia tapauskohtaisesti.

Yleisten tietomallivaatimusten esittämät yleisimmät vaatimukset tilatyypeille sähkötekniikan osalta:

- valaistustaso työalueella / lähiympäristössä
- valaistustapa (suora, epäsuora)
- valaistuksen ohjaustavat
- sähkötekniset suojausluokat
- varmennustasovaatimukset (UPS-jakelu, varavoimajakelu jne.)
- varustustasovaatimukset (sähkö-, tele, turva, AV, jne. varusteet)

Suunnittelutarjouspyynnön mukaisessa laajuudessa talotekniikan suunnittelijalta edellytetään vaatimusten määrittelyä ja ylläpitoa. Määrittelyllä tarkoitetaan mitä kunkin vaatimuksen toteutus käytännössä edellyttää tietomallilta. Suunnitelmat arvioidaan suunnitteluvaiheen lopussa, ja katsotaan täyttävätkö ne tiloille asetetut vaatimukset. (Yleiset Tietomallivaatimukset, 2012)

7.2 Granlund Oy

Granlundin tietojärjestelmää ja ohjelmistoja on kehitetty vastaamaan tietomallipohjaisen suunnittelun vaatimuksia ja perusteita. Granlund osallistuu aktiivisesti kansainvälisen IFC-standardin kehitykseen Suomalaisen BuildingSMART:n yhteistyöfoorumissa.

Granlundin tietomallipohjainen sähkösuunnittelu tarjoaa perus- ja laajennetun tason mallinnuksen, josta asiakkaan kanssa valitaan kohteeseen sopiva yhdistelmä.

Perustaso:

- TATE-verkoston risteilytarkastus suoritetaan yhteisleikkausten avulla

Toteutus edellyttää muilta suunnitteluosapuolilta:

- Arkkitehti, rakennesuunnittelija, LVI: 2D-pohja- ja leikkauskuvat

Laajennettu taso:

- Yhdistelmämallin avulla suoritettavat risteilytarkastukset
- Tietomallipohjainen reikäkuvamenettely
- Kytkinten ja pistorasioiden 3D-objektien asennukset mallihuoneessa tai -alueella
- Kaapelihyllyjen, johtokourujen, keskusten, valaisinten ja muiden tilaa vievien objektien mallinnus koko rakennuksen alueella
- Ym. Objektien geometriamallinnuksen tarkkuustasossa sallitaan objektien viistämiset toisiinsa nähden, kunhan verkostot ovat asennettavissa työmaaolosuhteissa ilman vaikutusta kustannuksiin tai aikatauluun
- Geometriamallinnuksessa ei sallita selviä verkostojen päällekkäisyyksiä tai risteilyjä joista voidaan selvästi todeta, että ne johtuvat risteilytarkastuksen puutteesta
- Valaisinten mallinnus alakattoon kertasuorituksena, olemassa olevilla alakattotiedoilla toteutettuna

Toteutus edellyttää muilta suunnitteluosapuolilta:

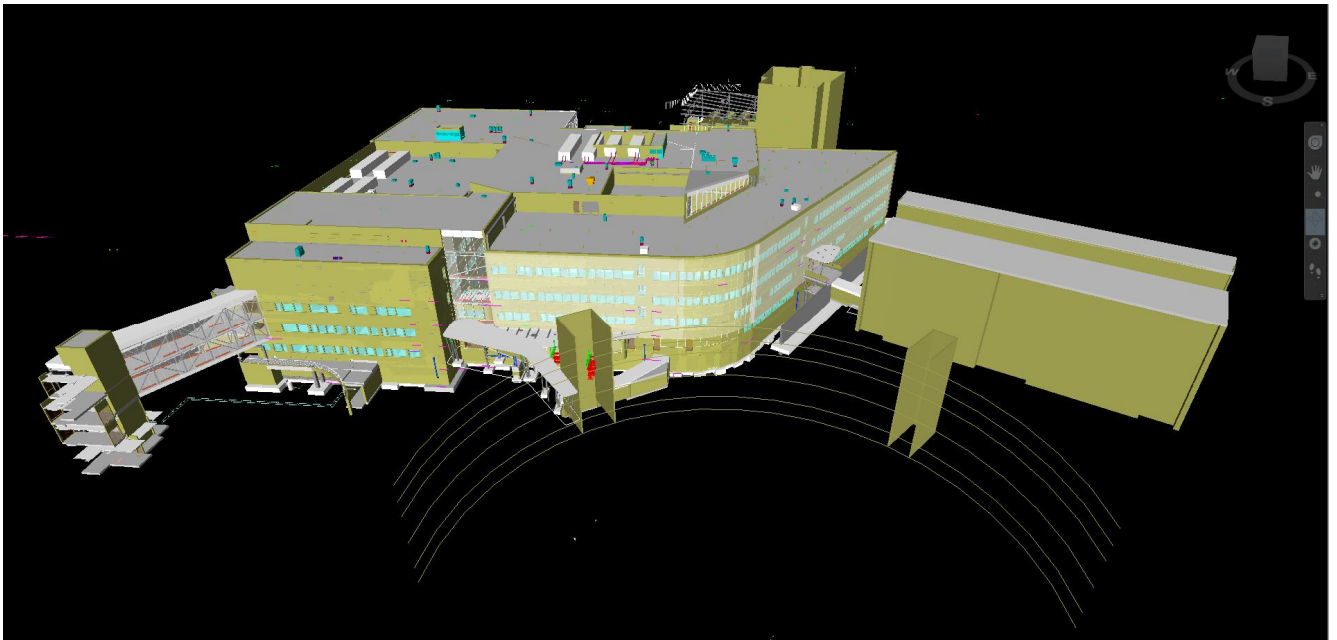
- Arkkitehti: 2D-pohjakuvat ja leikkaukset, 3D-malli sisältäen alakatot (IFC-malli)
- Rakennesuunnittelija: 3D-malli (IFC), reikäkuvat kerroskohtaisena (3D-dwg)
- LVI: 2D-pohjakuvat ja 3D-malli (IFC)

(Granlund Oy, 2011)

8 PROJEKTIKOHTTEEN ESITTELY

Tämän opinnäytetyön esimerkkikohde on Puijon Sairaalan (Kuopion yliopistollinen sairaala, KYS) B11-laajennus. Granlund vastaa kokonaisuudessaan rakennusprojektin talotekniikan, sekä kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelusta. Kohteen bruttopinta-ala on 35 000 m², joka pitää sisällään 26 leikkaussalia, 2 leikkaussalitasoista sektiosalia, vastasyntyneiden ja aikuisten teho-osastot, heräämötilat, synnytysalit, munuaispoliklinikan, dialyysitiloja sekä välinehuoltokeskuksen ja erilaisia teknisiä tiloja. (Granlund Oy 2012.)

Tietomallia käytettiin päätöksenteon tukena sekä suunnittelun ja rakentamisen ohjaukseen. Kohteessa tietomallinnus suoritettiin rakennuksen yhdistelmämallin törmäystarkastelun, sekä massaluetteloiden muodostamista varten. Yhdistelmämallin törmäystarkastelun tarkoitus oli nähdä kohteen tekninen toteuttavuus ja talotekniikan yhteensopivuus suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Rakentamisen jälkeisestä ylläpitomallin muodostamisesta ei projektin alkaessa ollut sopimusta, mutta rakennusvaiheen aikainen yhdistelmämallin päivittäminen mahdollistaa tilaajalle myös ylläpitomallin käytön.



Kuva 15. KYS rakennus 2 B11 3D-malli

8.1 Tietomallinnustarkkuus suunnittelukohteessa

Tämän opinnäytetyön esimerkkisuunnittelukohteessa käytettiin yhdistelmämallin tarkastelu-säännöstönä Yleisiä Tietomallivaatimuksia (ks. kuva 16) ja risteilytarkastelu tehtiin Solibri Model Checker 8.0 versiolla. Geometrian tarkkuustasovaatimukset on esitetty komponenttikohtaisesti liitteessä 1.

Sähkötekniikan osalta yhdistelmämalliin mallinnettiin:

- valaisimet
- kaapelireitit (kaapelihyllyt ja johtokourut)
- kaiuttimet
- keskukset
- muut tilaa vievät objektit (esimerkiksi lääkintätilamuuntajat).

Kohteessa mallinnettiin lisäksi täydellisesti muutamia ns. mallihuoneita, sisältäen myös kalusteet (pistorasiat ja kytkimet). Mallihuoneen idea on testata jollain toistuvalla huonetyypillä suunnitelmien ja mallinnuksen yhteensopivuutta (kuva 17).

YTV 2012 - Sähkömallin tarkastuslomake			
+	Tietomalliselostus		
+	Mallit käytössä sovittuina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut f		
+	Kerrokset on määritetty		
+	Komponentit on määritetty kerroksittain		
+	Komponentit on mallinnettu oikeilla työkaluilla		
+	Mallissa ei ole ylimääräisiä komponentteja		
+	Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplakomponentteja		
+	Mallissa ei ole merkittäviä komponenttien välisiä leikkauksia		
+	IV-koneet on mallinnettu		
+	Komponentit eivät leikkaa merkittävästi LVI-mallin komponenttien kans		
+	Komponentit eivät törmää merkittävästi rakenteiden kanssa		
+	Komponenteilla on vain sovittunlaisia törmäyksiä arkkitehtirakenneosie		
+	Komponenteilla on positio- ja tunnustiedot osa 4/liite 1 mukaisesti		
YTV 2012 - Yhdistetyn mallin tarkastuslomake			
+	Sovitut tietomallit ovat käytettävissä		
+	Malleista on toisiaan vastaavat versiot		
+	Mallit on kohdistettu oikein keskenään		
+	TATE mahtuu pystykuiluihin ilman törmäyksiä		
+	TATE mahtuu vaakareiteille ilman törmäyksiä		
+	TATE-järjestelmillä ei ole keskinäisiä leikkauksia		⚠️ ⚠️ ❌ ✅
+	Alaslasketut katot suhteessa TATE:an ovat kunnossa		⚠️ ⚠️ ⚠️
+	TATE ei törmää pilareiden kanssa		⚠️ ⚠️ ⚠️
+	TATE ei törmää palkkien kanssa		⚠️ ⚠️ ⚠️
+	TATE ei törmää muiden rakenteiden kanssa		⚠️ ⚠️ ⚠️
+	Laatoissa on aukot pystykuilujen kohdalla		⚠️ ⚠️ ⚠️
+	Rakenne- ja arkkitehtimallin rakenteet vastaavat toisiaan		⚠️ ⚠️ ⚠️
+	Rakenne- ja arkkitehtimallin aukot ovat vastaavilla kohdilla		⚠️ ⚠️ ⚠️ ❌

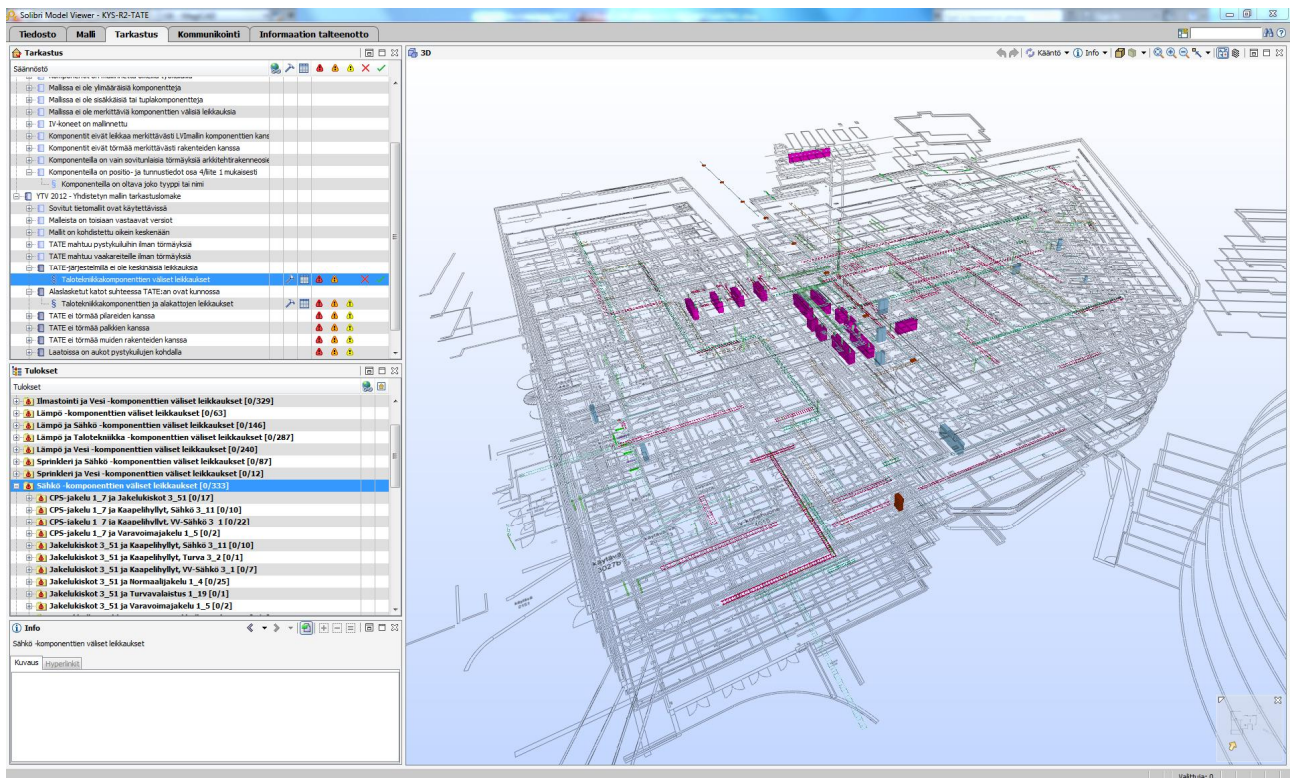
Kuva 16. YTV 2012-säännöstö Solibri Model Checkerissä



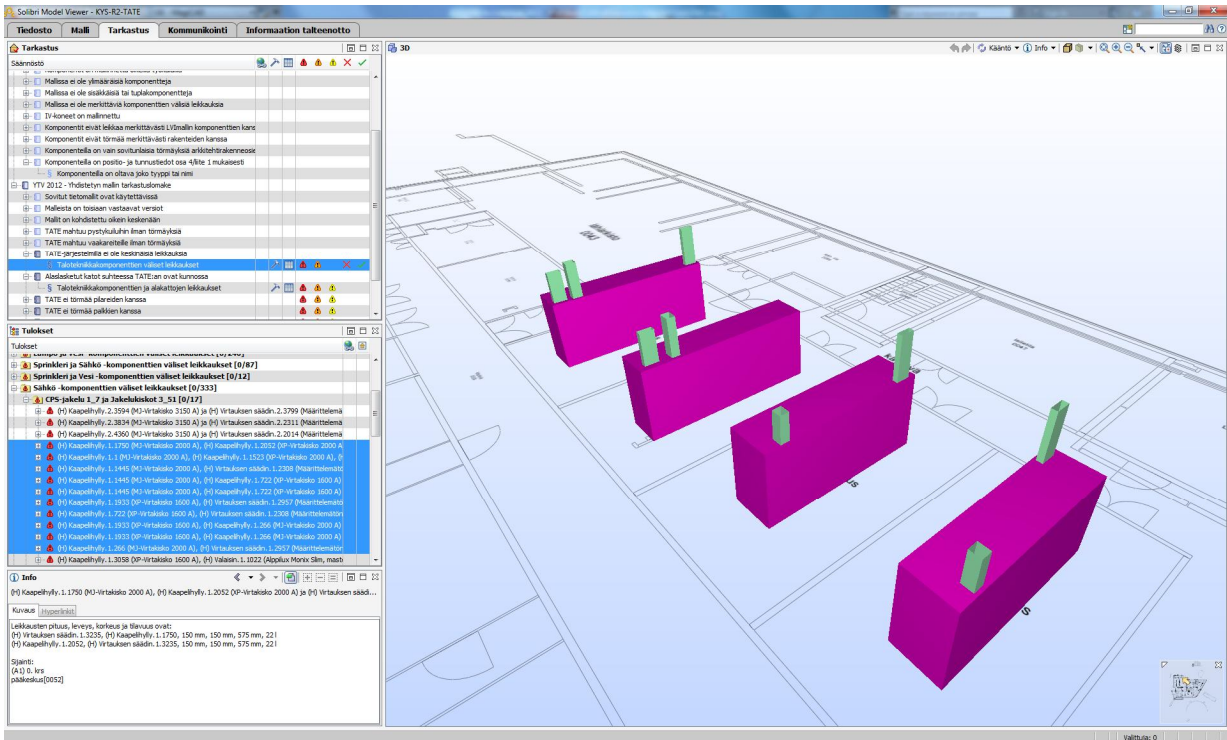
Kuva 17. Mallihuone, jossa myös kalusteet mallinnettu

8.2 Törmäystarkastelun tulokset

Kokonaisuudessaan KYS rakennus 2:n yhdistelmämallissa oli noin 220 000 talotekniikan objektia ja ensimmäisessä törmäystarkastelussa törmäyksiä oli kaikkiaan noin 10 000 kappaletta. Täysin virheetöntä ja törmäysvapaata yhdistelmämallia on varsinkin suurissa kohteissa lähes mahdotonta toteuttaa, mutta niin ei ole tarkoituskaan. Sähkötekniikan osalta eniten törmäyksiä aiheuttivat kaapelihyllyt. Kaikki Solibrin ilmoittamat risteily/törmäykset eivät kuitenkaan aiheuta korjaustoimenpiteitä, sillä usein törmäystarkasteluraportti sisältää paljon aiheettomia törmäysilmoituksia. Tällaisia ovat esimerkiksi virtakiskon törmäys sähkökeskukseen, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että virtakisko alkaa keskuksesta ja päättyy keskukseen. Tällaisissa tapauksissa törmäykset voidaan kuitata korjatuiksi niin sanotusti tervettä järkeä käyttämällä, kunhan vaatimus ”asennukset on oltava tehtävissä yhdistelmämallin perusteella” täyttyy. Solibri luokittelee törmäykset kolmeen eri luokkaan: kriittiset törmäykset, keskitason törmäykset ja matalan tason törmäykset. Käytännön kokemus kuitenkin osoittaa, että Solibrin tekemään törmäysten luokitteluun ei voi sokeasti luottaa, vaan ohjelmistot ja ohjelmiston tekemät törmäystarkasteluanalyysit vaativat edelleen kehitystä.



Kuva 18. Törmäystarkasteltavan mallin yleisnäkymä, jossa näkyvissä kaikki sähköjärjestelmän sisäiset törmäykset



Kuva 19. Esimerkki sähköjärjestelmän sisäisestä törmäyksestä, jota ei korjata (virtakisko "törmää" keskukseen)

Solibri Model Viewer - KYS-R2-TATE

Tiedosto Malli Tarkastus Kommunikointi Informaation talteenotto

Tarkastus

Säännöstö

- YTV 2012 - LVI-mallin tarkastuslomake
- YTV 2012 - Sähkömallin tarkastuslomake
 - Tietomalliselostus
 - Tietomalliselostus on toimitettu
 - Tietomalliselostuksen sisältö**
 - Mallit käytössä sovittuina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut t
 - Kerrokset on määritetty
 - Komponentit on määritetty kerroksittain
 - Komponentit on mallinnettu oikeilla työkaluilla
 - Komponentit mallinnetaan oikeilla työkaluilla
 - Mallissa ei ole ylimääräisiä komponentteja
 - Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplakomponentteja
 - Mallissa ei ole merkittäviä komponenttien välisiä leikkauksia
 - IV-koneet on mallinnettu
 - Komponentit eivät leikkaa merkittävästi LVImallin komponenttien kans
 - Komponentit eivät törmää merkittävästi rakenteiden kanssa
 - Komponenteilla on vain sovittunlaisia törmäyksiä arkkitehtirakenneosie
 - Komponenteilla on positio- ja tunnistiedot osa 4/lite 1 mukaisesti
 - Komponenteilla on oltava joko tyyppi tai nimi
 - YTV 2012 - Yhdistetyn mallin tarkastuslomake
 - Sovitut tietomallit ovat käytettävissä
 - Malleista on toisiaan vastaavat versiot
 - Mallit on kohdistettu oikein keskenään

Tulokset

Valitse tarkastettu sääntö, jolla on tuloksia.

Info

Tietomalliselostuksen sisältö

Kuvaus Hyperlinkit

Yleiset tietomallivaatimukset, osa 4

2.2 Tietomalliselostus

2.3 Objektit ja tiedonsiirto

2.4 Nimeämiskäytännöt

Tietomalliselostuksessa kerrotaan ohjelmistot ja niiden versiot, joilla tietomallit on tehty.
Tietomalliselostuksessa kerrotaan myös ne aiheet, joita ei ole mallinnettu.

Jos mallinnuksessa käytetyn ohjelmiston omassa tiedostomuodossa (natiivimalli) on viittauksia mallin ulkopuolella sijaitseviin objekteihin tai tietoihin, tulee kaikki tarvittava viitetieto toimittaa alkuperäismallin mukana mallin julkaisun yhteydessä. Viittauksien käytöstä on lisättävä tieto tietomalliselostukseen.

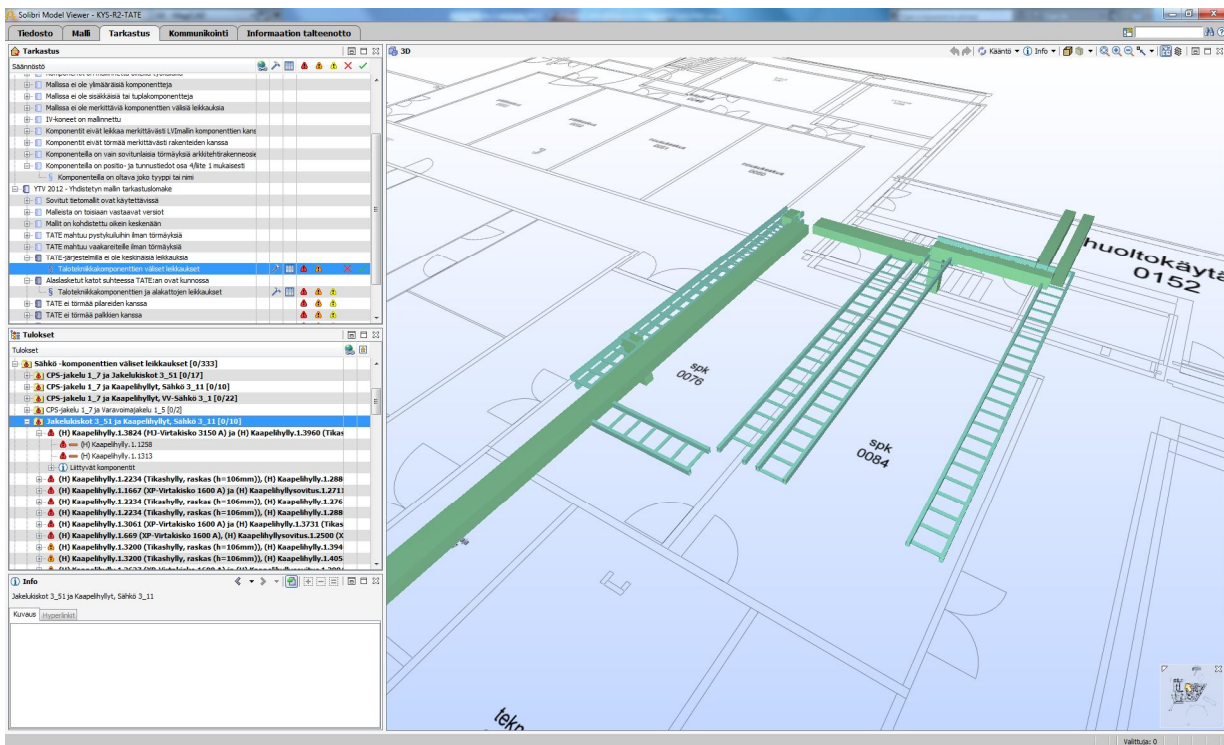
Pääjärjestelmät (luvut 5.2 – 5.5) talletetaan IFC-tiedostoihin projektissa sovittavan tavan mukaisesti ja se kirjataan tietomalliselostukseen.

Vaati manuaalisen tarkastuksen.

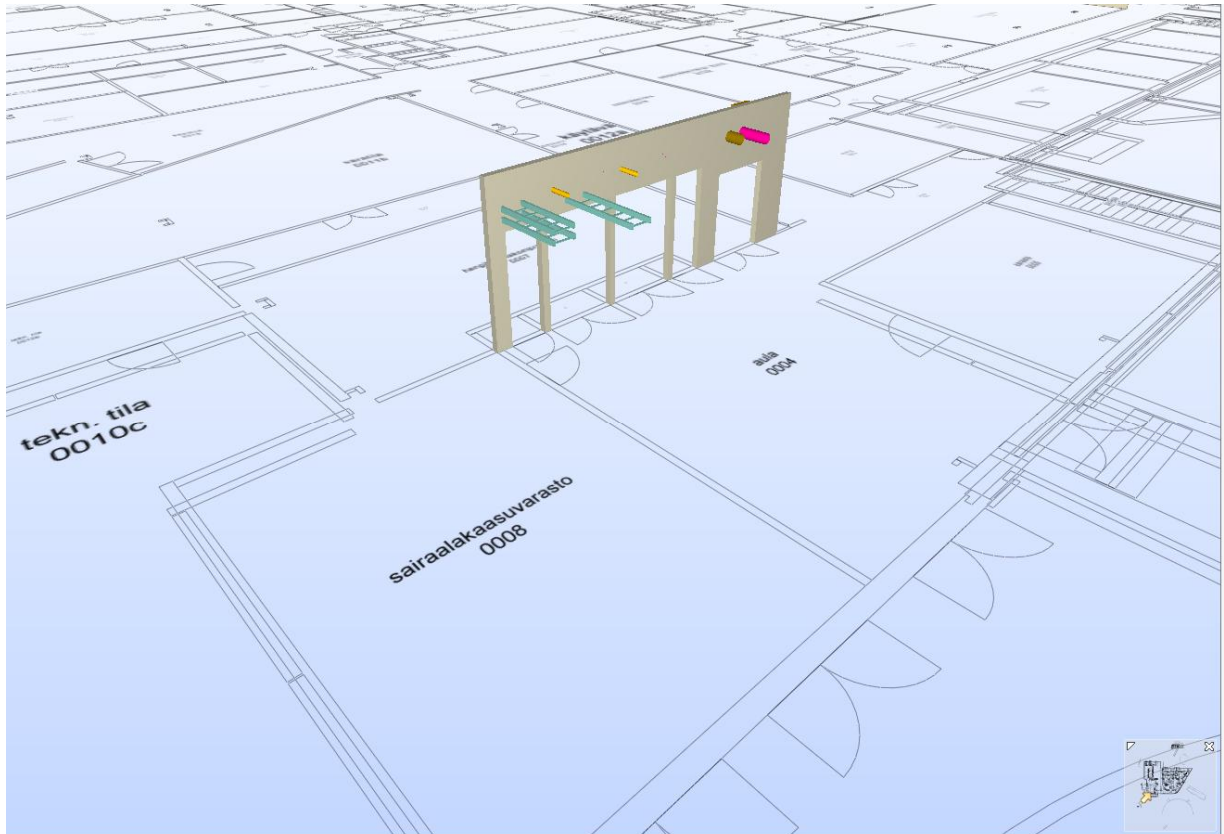
Kuva 20. Solibrin tarkasteluvaatimukset

8.3 Risteilyjen korjaus

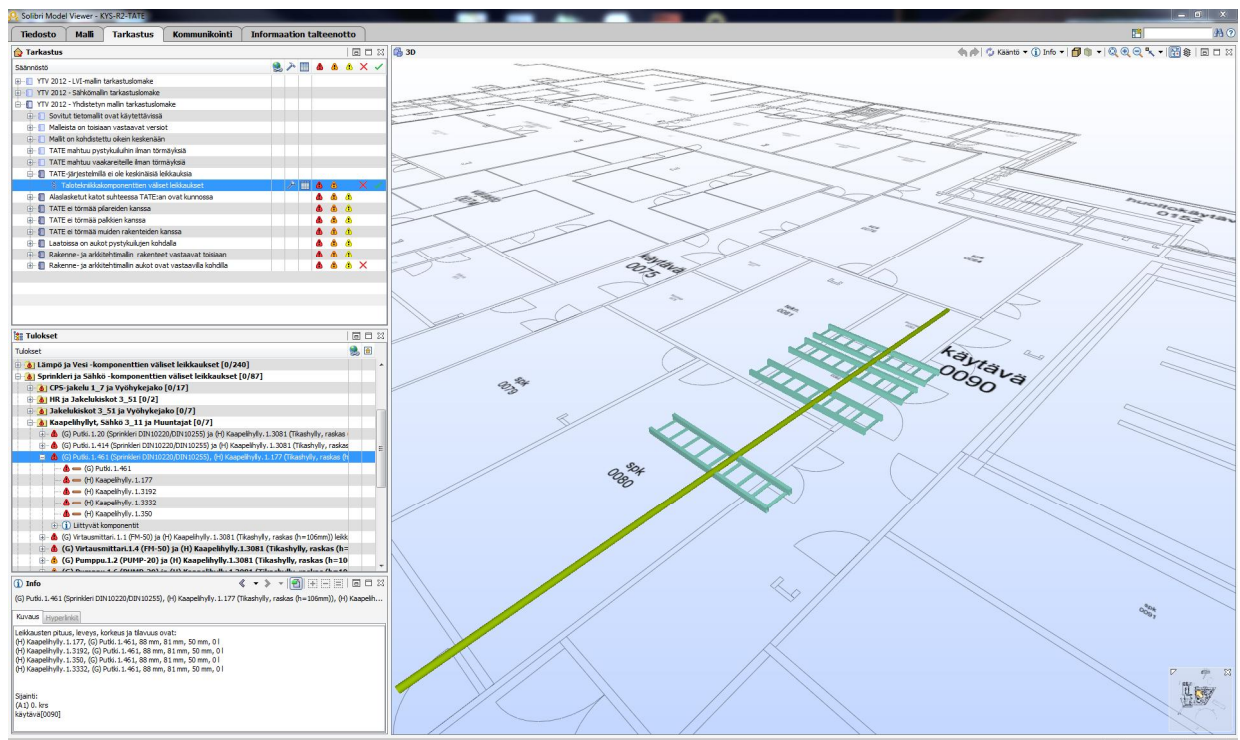
Risteilyjen korjauksen tavoite ja periaate on tietomallivaatimusten mukaisen perusidean toteuttaminen, eli asennukset ovat toteutettavissa mallin perusteella. Risteilyjen korjauksessa korostuu eri suunnittelualojen yhteistyö ja kommunikointi. KYS rakennus 2:n projektissa risteilyjen korjauksessa käytettiin ns. Assembly-tila toimintatapaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että eri taloteknisten suunnittelualojen suunnittelijat käyvät mallin tarkastelun yhdessä läpi fyysisesti samassa tilassa, jossa törmäystarkastelun tulokset käydään läpi ja sovitaan aiheuttaako törmäykset korjaustoimenpiteitä, ja miten ne suoritetaan. Korjaukset malliin tehdään muokkaamalla dwg-tasokuvia, joista ajetaan päivitetty IFC-malli ja katsotaan poistuiko ongelma. Korjauksia ei siis tehdä suoraan malliin. Korjaus vaatii aina kaikkien suunnitteluosapuolien hyväksynnän, ja korjauksen tekee se suunnitteluosapuoli, jonka objekteja joudutaan siirtämään. Näin varmistutaan, ettei korjaus aiheuta lisää törmäyksiä ja että asennukset on käytännössä toteutettavissa työmaalla mallin mukaisesti.



Kuva 21. Esimerkki sähköjärjestelmän sisäisestä korjattavasta törmäyksestä (kaapelihiylly ja virtakisko törmäystä)



Kuva 22. Esimerkki talotekniikan ja rakenteen törmäyksestä (kaapelihylly törmää seinärakenteeseen)

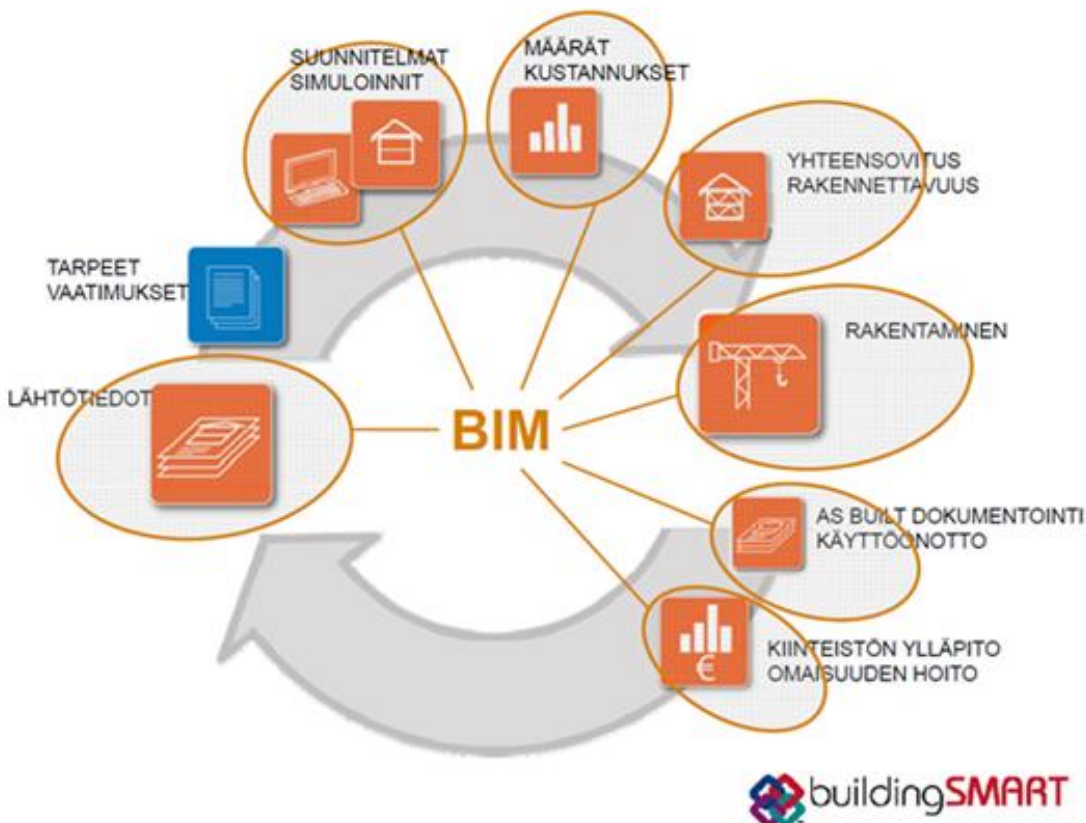


Kuva 23. Esimerkki talotekniikan sisäisestä törmäyksestä (kaapelihylly törmää sprinkleriputkeen)

9 TIETOMALLI KIIINTEISTÖN ELINKAARELLA

Tietomallinnus ei ole pelkkä suunnittelussa käytettävä visualisointityökalu. Tietomalli kattaa parhaimmillaan koko rakennuksen elinkaaren toteutettavuudesta suunnitteluun, rakentamiseen, rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon sekä lopulta purkuun tai saneeraukseen. Tavoitteena on, että rakennuksen tietomalli sisältää aina ajantasaista tietoa rakennuksesta ja sen ominaisuuksista. Tietomallinnuksen tuloksena syntyvää yhdistelmämallia käytetään suunnitteluvaiheen lisäksi rakennusvaiheessa työmaalla urakoitsijoiden toimesta asennustyön apuna sekä työmaan koordinoinnissa. Jos rakennuttaja on tarjouspyynnössä tilannut toteutunutta rakennusta vastaavan mallin, kyse on toteumamallista. Toteumamalliin päivitetään talotekniikan toteutuneet verkostojen sijainnit ja tuotetiedot urakoitsijoilta saatavilla tiedoilla. Ylläpidossa ja saneerauksessa rakennuksen toteumamallia käytetään tietopankkina rakennuksen ominaisuuksista, jossa näkyy keskitetysti koko talotekniikan rakenne sekä siihen ajansaatossa tehdyt muutokset. (Järvinen 2012c.)

Tietomallin elinkaariajattelussa korostuu tietomallin tekijänoikeudet ja avoin yhteistyö. Yleisin käytäntö on, että tietomalli kuuluu tilaajalle luovutettavaan aineistoon ja tilaaja voi käyttää sitä vapaasti ja jakaa haluamilleen osapuolille, esimerkiksi kiinteistön ylläpidosta ja huollosta vastaavalle taholle. Näin rakennuksen malli on avoin ja palvelee tarkoitustaan.



Kuvio 8. Tietomallin elinkaarimalli (Henttinen 2012)

10 YHTEENVETO JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

KYS rakennus 2:n suunnitteluprojektissa tietomallinnus osoittautui hyödylliseksi ja onnistuneeksi. Sairaalarakennuksen sisältämä suuri talotekniikan määrä teki tietomallinnuksesta haastavaa, mutta samalla erittäin tarpeellista. Tietomallinnuksen tuomat edut korostuivat luonnossuunnitteluvaiheessa oikeiden ratkaisujen valinnassa, sekä toteutussuunnitteluvaiheessa suunnittelutyön laadunvarmistuksessa yhdistelmämallin törmäystarkastelun avulla. Suunnitteluprojekti osoitti, että tietomallintaminen vaatii muutakin kuin uusien ohjelmistojen käyttöönottoa ja entistä täsmällisempää suunnittelutyötä. Tällä hetkellä suurin hidaste tietomallinnuksen ja sen työtapojen kehitykselle ovat käyttäjät. Tietomallinnuksen vaatimien uusien työtapojen omaksuminen vaatii aikaa, sekä kokemuksia erilaisista suunnitteluprojekteista, jotta löydetään toimivimmat työtavat koko suunnitteluprosessin kannalta.

Sähkötekniikan osalta tietomallinnuksen hyödyt painottuvat nykyään lähinnä suunnittelu- ja rakennusvaiheeseen, sillä sähkötekniikan osalta ylläpitomallista rakennuksen huollossa ja saneerauksessa saatavat hyödyt ovat melko vähäiset. Mallista saadaan irti vain lähinnä asennusjärjestykset ja näin ollen nähdään esimerkiksi kaapelireitit virtuaalisesti ilman alakattojen avausta. Voidaan siis sanoa, että vaikka tietomallinnettu sähkösuunnittelu on mennyt viime vuosina paljon eteenpäin, on matkaa ajantasaiseen rakennuksen koko elinkaaren kattavaan ylläpitomalliin vielä melko paljon. Osatoimittajat ovat kuitenkin selvästi aktivoituneet, ja sähkötekniikan tuotemallikirjastot laajenevat jatkuvasti entistä laajemmiksi ja älykkäimmiksi.

Opinnäytetyön esimerkkiprojektissa ongelmaksi osoittautui suunnittelun koordinointi ja tarkkuus. Joiltain talotekniikkasuunnittelun osapuolilta tuli merkittäviä tilaa vieviä muutoksia, kun muut talotekniikkasuunnittelun osapuolet olivat jo hioneet yhdistelmämallin kohdilleen. Tämä aiheutti työläitä ja aikaa vieviä muutoksia, mikä taas söi merkittävästi mallinnuksen tehokkuutta. Lisäksi arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan rakennemallit eivät olleet aina ajan tasalla, mikä hankaloitti talotekniikan yhteensovitusta rakenteisiin. Yhdistelmämallin törmäystarkastelussa osoittautui myös, että käytännön suunnittelutyö noudatti joiltain osin perinteisiä suunnittelumenetelmiä, eivätkä kaikki osapuolet sitoutuneet tietomallipohjaiseen työtapaan johdonmukaisesti. Tietomallipohjainen suunnittelu edellyttää työn parempaa koordinoitua - ensin suunnitellaan, sitten mallinnetaan yhteisten periaatteiden mukaisesti. Sairaalarakennuksen tekniikan paljous kuitenkin tuo esille selkeästi tietomallin tuomat hyödyt työmaalla asennusvaiheessa, jolloin tietomallista saadaan selkeää informaatiota asennusjärjestelyistä sekä -periaatteista 3D-mallin ja 3D-leikkausten avulla. Rakennuksen 3D-malli ei ole työmaalla tarkka mittapiirustus, vaan nimenomaan esimerkiksi perinteisiä leikkauskuvia tukeva työkalu. Työmaalla urakoitsijoilta vaaditaan vielä tänä päivänä erikoisosaamista ja riittävän tehokasta laitteistoa 3D-

mallin tarkasteluun, joten monesti työmaalla joudutaan turvautumaan 3D-mallin paperitulosteisiin jotka suunnittelija toimittaa urakoitsijalle. Tulevaisuudessa olisi hyvä saada myös urakoitsijat tiiviimmin mukaan toteutusvaiheen suunnittelutyöhön ja mallinnukseen.

(Järvinen 2012d.)

Jotta sekä tilaaja että suunnittelija saisivat tietomallinnuksesta maksimaalinen hyödyn rahallisesti ja laadullisesti, vaaditaan uusia tietomallinnettua suunnitteluprosessia paremmin tukevia toimintatapoja. Yksi merkittävä tietomallinnusta koskeva kehityskohde tulee tulevaisuudessa olemaan tilaus- ja sopimuskäytännöt. Suunnittelun tilaajalle tarvitaan parempia työkaluja tietomallipohjaisen suunnittelun tilaamiseen, jotta tiedetään tarkkaan mitä ollaan tilaamassa ja mitä tarkoitusta varten. Rakennuttajalle on projektin alussa esitettävä selkeästi yhdistelmämallin käyttötarkoitus ja millaista mallinnustarkkuutta mallin käyttötarkoitus edellyttää. Myös suunnitteluosapuolten keskeiset sopimukset ja vastuurajat kaipaavat päivittämistä paremmin tietomallipohjaista suunnittelua tukeviksi. Ratkaisuna näihin ongelmiin voisi olla esimerkiksi allianssipohjaiset sopimukset, joissa kunkin toimijan taloudellinen tulos riippuu koko allianssin saavuttamasta tuloksesta, ei pelkästään omasta suorituksesta. Tämä sitouttaa kaikki osapuolet tekemään työtä yhteisten tavoitteiden eteen tietomallinnuksen periaatteiden mukaisesti.

Kokonaisuudessaan esimerkkiprojekti toi esille tämänhetkisen tietomallipohjaisen suunnitteluprojektin hyvät ja huonot puolet. Projektin kuluessa arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja talotekniikan suunnittelijoiden on pidettävä järjestelmällisesti projektin muut osapuolet ajantasalla oman osamallinsa valmiusasteesta, jotta mallinnus on oikea-aikaista ja välttyään turhalta korjaustyöltä. Saumattoman ja järjestelmällisen kommunoinnin varmistamiseksi projektin alussa on nimitettävä tietomallikoordinaattori, jonka vastuulla on mallinnustyön ja etenkin mallin yhteensovituksen valvonta. Kun yhteistyö ja kommunikointi saadaan toimimaan saumattomasti kaikkien osapuolten kanssa läpi suunnittelu- ja rakennusprosessin, näyttää tietomallinnuksen tulevaisuus valoisalta.

11 LÄHTEET

AUTODESK OY, Navisworks tuote-esittely. [verkkosivu] [viitattu 23.2.2013] Saatavissa: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-navisworks-family/features>

BUILDING SMART FINLAND, Info. [verkkosivu] [viitattu 20.2.2013] Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/>

GRANLUND OY. Yritysesittely. [verkkosivu] [viitattu 25.3.2013] Saatavissa: www.granlund.fi

GRANLUND OY, 2012. Tietomallipohjainen suunnittelu.

HENTTINEN, Tomi 2012. BuildingSMART Finland, Mihin tietomallinnus on menossa? [verkkodokumentti] [viitattu 14.3.2013] Saatavissa: <http://www.solibri.fi/documents/suomenkielinen-materiaali/mihin-tietomallintaminen-on-menossa/view.html>

JÄRVINEN, Tero 2012a. Granlund Oy, BIM suunnittelussa [powerpoint]

JÄRVINEN, Tero 2012b. Tietomalli-blogi. [verkkosivu] [viitattu 1.4.2013] Saatavissa: <http://tietomalli.blogspot.fi/>

JÄRVINEN, Tero 2012c. Granlund Oy. Mallipohjaisen kokonaissuunnittelun näkökulma talotekniikassa 2012. [powerpoint]

JÄRVINEN, Tero 2012d. Granlund Oy. BIM työmaalle [powerpoint]

KETTUNEN, Kalle. 2011. Tietomallin käyttö määrälaskennassa. Savonia-ammattikorkeakoulu. [opinnäytetyö]

MCGRAW & HILL, 2012. Smartreport. [verkkodokumentti] [viitattu 12.3.2013] Saatavissa: http://bradleybim.files.wordpress.com/2012/12/2012_bim_smartmarket_report_business_value_of_bim_in_north_america.pdf

PALOS, S. 2010. Tietomalliprosessi, tietomallitiedon käyttö suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa. Tampereen teknillinen yliopisto. [diplomityö]

PROGMAN OY, 2013. MagiCAD tuote-esittely. [verkkosivu] [viitattu 23.2.2013] Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi>

SOLIBRI OY, Model Checker tuote-esittely [verkkosivu] [viitattu 6.3.2013] Saatavissa:
www.solibri.com

WSP GROUP OY. 2013. BIM Around the world 2013. [verkkosivu] [viitattu 16.4.2013] Saatavissa: <http://www.wspgroup.com/en/wsp-group-bim/BIM-around-the-world/>

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012, osa 1. Yleinen osuus. [verkkodokumentti] [viitattu 18.3.2013] Saatavissa:
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012, osa 4. Talotekninen suunnittelu. [verkkodokumentti] [viitattu 18.3.2013] Saatavissa:
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_4_tate.pdf

Taloteknisen tietomallin mallinnettavat komponentit, tietosisältö ja geometrian tarkkuustaso suunnitteluvaiheittain

2D: esitetään tasokuvasa ja/tai kaaviossa

BIM: mallinetaan suunnittelun aikaisella geometriatiedolla

Tyhjä kenttä = ei mallinnus- tai tietosisältövaadetta

Vaikka jotain komponenttia ei ole vaadittu mallinnettavaksi, ei niiden mallinnus ole silti kiellettyä.

Kts. taulukon loppuosan selvitys tietosisällöstä

Kaikkilla komponenteilla oltava verkosto-/ järjestelmätunnus

Tietosisältövaatimusten laajuus on riippuvainen käytetystä sovellusohjelmistosta

Edellytykset verkostogeometrian tarkkuustason saavuttamiselle: RAK ja ARK 3D-malli käytettävissä ennen TATE-mallinnuksen aloittamista.

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutus suunnittelu		Tietosisältö	Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta	
	2D	BIM	2D	BIM		2D	BIM
TATE							
TATE-vaatimusmalli			kts. Tekstiosuuden kappale 3		kts. Tekstiosuuden kappale 3		kts. Tekstiosuuden kappale 3
2D-leikkaukset	x		Putkistojen, kanavien, kaapelihyllyjen, valaisinten jne. komponenttien toleranssi 1cm. Kannakointi esitettävä. Eristyspakkaus mukana.		Putkistojen, kanavien, kaapelihyllyjen, valaisinten jne. komponenttien toleranssi 1cm. Kannakointi esitettävä. Eristyspakkaus mukana.	x	Leikkaukset tehdään vähintään peruskäytävistä, LVI-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset
Reikävarausobjektit						x	Mitat, urakoitsijatieto, abs.korkoasema
Näkyvät alakattoasennukset						x	kts. Taulukon muut kohdat. Onnistuneeseen mallinnukseen tarvitaan arkkitehdin alakatto mallinnettuna sekä alakattoruutuajako ja laitesijoitus 2D-alakattopiirustuksessa
Mallihuoneet ja -alueet		x	kts. Tekstin kappale 4.3, toleranssi 5cm		kts. Tekstin kappale 4.3	x	kts. Taulukon muut kohdat. Onnistuneeseen mallinnukseen tarvitaan arkkitehdin sekä rakennesuunnittelijan malli
Palvelualuekaaviot	x		Tilojen mukaisesti. Jos tilaobjekti pitää jakaa useampaan palvelualueeseen, tekee TATE suunnittelija sen omana työnä		Palvelualueiden tunnistetilityrhmäkohtaisesti (esim. "IV-kone 30ITK01, Toimistot 1-3, krs")	x	Tilojen mukaisesti. Jos tilaobjekti pitää jakaa useampaan palvelualueeseen, tekee TATE-suunnittelija sen omana työnä

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutussuunnittelu		Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
	2D	BIM	2D	BIM	
	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	
Tietomalliselostus					kts. Tekstiosuuden kappale 2.2
Huololukut rakenteissa (Alakatto, seinät, laatat jne.)			x		Vitteellinen sijainti. Todellinen sijoitus työmaalla ARK-piirustusten mukaisesti huomioiden työmaa-ajaiset muutokset (luukusta päästävä käsihuolto- / tarkistuskohteeseen)
Tuotannon esivalmisteen					kts. Tekstiosuuden kappale 8.5
Sovellusohjelmistojen ulkopuoliset ns. "itsemaillinnut 3D-objektit"			x	x	Tunnus, järjestelmätieto

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu			Toteutussuunnittelu		
	Geometrian tarkkuustaso		Tietosisältö	Geometrian tarkkuustaso		Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
	2D	BIM		2D	BIM	
Putkistot						
Runkoputkistot DN20 - DN32 Cu18 - Cu35	x	x	Laattaobjektin alapuolella (esim. katto), ilmaisemassa reittiä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmassa eikä materiaalistauksissa.	x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella
Runkoputkistot DN40 -> Cu42 ->	x	x	Laattaobjektin alapuolella (esim. katto), ilmaisemassa reittiä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmassa eikä materiaalistauksissa.	x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella
Kytkentäohdot				x	x	Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella. DN10-25 putkistojen risteytyt sallitaan
Putkistoeristeet					x	Eristyksen tyyppi ja paksuus. Metalliset / selvästi kustannuksiin vaikuttavat pinnotteet kerrottava mittavivassa ja tietosisällössä.
Sulkuventtiilit				x	x	Malli, DN-koko, painehäviö
Esisäädettävät venttiilit				x	x	Malli, DN-koko, tilavuusvirta, painehäviö, esisäätö, tunnus
Moottoriventtiilit				x	x	DN-koko, tilavuusvirta, painehäviö, tunnus
Muut venttiilit				x	x	DN-koko, painehäviö
Ilmanpoistimet				x	x	DN-koko, tunnus (esim. IP1)
Suodattimet				x	x	DN-koko, tunnus (esim. SU1)
Joustavat liittimet				x	x	DN-koko
Varoventtiilit				x	x	DN-koko, tunnus (esim. VV1)
Paisunta-astiat				x	x	Tilavuus
Lämmönsiirtimet				x	x	Teho tai tilavuusvirta, painehäviö
Lämmönjakokeskus	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus	x	x	Liittyvien verkostojen teho, tai tilavuusvirtaus ja painehäviö
Vedenjäähdytyskone	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus	x	x	Liittyvien verkostojen teho, tai tilavuusvirtaus ja painehäviö
Vesikatolle tai julkisivuun tulevat laitteet ja komponentit	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus	x	x	Tunnus
Muut pääkoneikat	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus	x	x	Tunnus
Nestetankit				x	x	Tilavuus
Jakotukit				x	x	Tunnus
Lattialämmityspotkistot				x	x	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso. Kts. Kappale 5.4
Radiaattorit ja konvektorit				x	x	Malli, Teho (kts. myös: "Esisäädettävät venttiilit")

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutussuunnittelu		Tietosisältö	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
	2D	BIM	2D	BIM			
	Kiertolamaineet (puhallinkonvektorit, vakioilmastointikoneet, tuulikaappikoneet jne.)			x			
IV-kanavistopatterit				x			Tehon- tai tilavuusvirtauksen tarve, painehäviö, tunnus
Käyttövesikalusteet				x		ARK-kuvan osoittamassa paikassa	Malli, normivirtaus, painehäviö, tunnus (esim. PA1, WC1). Käyttövesikalusteiden tunnuksen perusteella kerrotaan erillisessä dokumentissa muut hankintatiedot (WC-istuin-, pesuallastyypit jne.)
Pesualtaat, WC-istuimet yms. kalusteet				x		ARK-kuvan osoittamassa paikassa	Ei esitysapavaadetta, ARK-suunnitelmiin mukaisesti
Pikapalopositit				x		ARK-kuvan osoittamassa paikassa, Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, mitoitusvirtaus, painehäviö, tunnus (esim. PPP1)
Runkoviemärit ilman kaatoa	x	x					Materiaali, DN-koko
Viemärit kappaleen 5.2 mukaisesti				x		2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella. Ks. Kohta 5.1.3	Materiaali, DN-koko
Palomansetit				x			DN-koko, tunnus (esim. PM1)
Purkiston tarkastus-/puhdistusluukut				x			DN-koko, tunnus (esim. PL1)
Lattakaivot				x		ARK-kuvan osoittamassa paikassa	Malli, DN-koko, normivirta, tunnus (esim. LK1)
Kattokaivot				x		Vesikattokuvan osoittamassa paikassa	DN-koko, tunnus (esim. SVKK1)
Piha-alueen sade- ja jätevesikaivot				x		Sijainti pihasuunnitelman mukaisesti	Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. SVK1)
Piha-alueen erotuskaivot (HEK, REK jne.)	x			x		Sijainti pihasuunnitelman mukaisesti	Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. HEK1)
Piha-alueen tarkastusputket ja -kaivot				x		Sijainti pihasuunnitelman mukaisesti	Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. TP1)
Perusmuurin sisäiset sade- ja jätevesikaivot / pumppaamot				x			Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. JVP1)
Perusmuurin sisäiset erotuskaivot	x			x			Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. HEK1)
Perusmuurin sisäiset tarkastusputket ja -kaivot				x			Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. TP1)
Verkostojen tyhjiennykset						Esitetään minimissään kaavioissa	
Anturit (TI, PI, TE, PE, PDE jne.)						Esitetään minimissään kaavioissa	
Anturitaskut						Ei esitystapaa	
Putkistokannakkeet						Esitetään 2D-leikkauksissa	
Sprinklerisuuttimet				x		Sijoiutus alakattopiirustuksen mukaisesti	K-anvo, DN-koko, tunnus (esim. SPR1)

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu			Toteutussuunnittelu			Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta	
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM		Geometrian tarkkuustaso
Putkistojen liitostavat (kierteet, laipat jne.)							Ei esitystapaavaadetta, esitetään muissa dokumenteissa	
Lämmönjakohuoneen putkistot					x	x	Mallinnetaan minimissään runkoputkistot	
VJK-huoneen putkistot					x	x	Mallinnetaan minimissään runkoputkistot	
VJK-huoneen pumput					x	x	Mallinnetaan viitteellinen sijoituspaikka	
VJK-huoneen sekoitusryhmät ja komponentit					x		Esitetään kaaviossa	
IV-konehuoneen runkoputkistot						x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	
IV-konehuoneen kytkentäputkistot						x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	
IV-koneiden pumput ja sekoitusryhmät					x		Sisältö esitetään kaaviossa. Arvioitu sijoitus esitetään mallinnettuna esim. laatikko-objekti	
Muut tekniset tilat					x	x	Mallinnetaan minimissään runkoputkistot	
Muun teknisen tilan sekoitusryhmät ja komponentit					x		Sisältö esitetään kaaviossa. Arvioitu sijoitus esitetään mallinnettuna esim. laatikko-objekti	
Kuulut ja hormit			kts. Tekstin kohta 4.1 Tilavaraukset, tilat		x	x	Putkistot mallinnetaan kuiluun eristeineen. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	
							Kuten runkoputkistot.	

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutussuunnittelu		Tietosisältö	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta		
	2D	BIM	2D	BIM					
	Geometrian tarkkuustaso		Geometrian tarkkuustaso						
Ilmanvaihto									
Runkokanavistot	x	x				Laattaobjektin alapuolella (esim. katto), ilmaisemassa reittä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmissa eikä materiaaliilmauksissa.	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, koko, tilavuusvirtaus, parietaso. 2D-kuvissa absoluuttinen korkoasema (keskilinja) mittavivassa)	
Kytkentäkanavistot							2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, koko, tilavuusvirtaus, parietaso	
Kanavistoeristeet							Ei vaadetta erilliselle eristysobjektille kanavassa.	Eristyksen tyyppi ja paksuus. Metalliset / selvästi kustannuksiin vaikuttavat pinnotteet kerrottava mittavivassa / tietosisällössä.	
Koteloidut IV-koneet	x	x				Arvioitu sijainti ja ulkomitat	x	Suunnittelija määrittää koneen laitevalmistajan ohjeistolla ja käyttää ensisijaisesti ohjelmiston tuottamaa koneobjektia	Tunnus, esim. 301TK01
Huippuimurit	x	x				Arvioitu sijainti ja ulkomitat	x	Julkisivukuvan ja vesikatokuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Tunnus, esim. 301PK02, koko
Kanavapuhaltimet							x		Tunnus, esim. 301PK02, koko
Ulospuhallushajottajat	x	x				Arvioitu sijainti ja ulkomitat	x	Julkisivukuvan ja vesikatokuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Tunnus, esim. UPH1, koko
Ulkosäleiköt	x	x				Arvioitu sijainti ja ulkomitat	x	Julkisivukuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Tunnus, esim. US1, koko
Päätelaitteet							x	Alakattokuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, tunnus (esim. T1), ilmavirta, painehäviö, äänitaso, esisäätöarvo
Siirtolimasäleiköt							x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, tunnus (esim. S1)
Säätöpelit							x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, tunnus (esim. SP1), ilmavirta, painehäviö, esisäätö
Ilma- / vakiovirtasäädin							x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, ilmavirta, painehäviö, yksilöity tunnus (esim. 301IMS1000.1 (järjestelmä-IMS-sijainti-juokseva nro.))
Palopelti							x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, painehäviö, tunnus (esim. PP1)
Moottoroitu palopelti							x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, painehäviö, yksilöity tunnus (esim. 301PP1000.1 (järjestelmä-PP-sijainti-juokseva nro.))
Kanaviston äänenvaimentimet							x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, ilmavirta, painehäviö, tunnus (esim. ÄV1)
Puhdistusluukut							x		Tunnus (esim. PL1)
IV-kanavistopatterit	x						x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset, vaadittu otsapintanopeuden perusteella	Koko, tunnus (esim. 301JLP1)
Ilman laatuun vaikuttavat kanavistokomponentit (suodatus, kostutus jne.)	x						x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset, vaadittu otsapintanopeuden perusteella	Koko, tunnus (esim. SU1)

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutussuunnittelu		Tietosisältö -järjestelmien osalta
	2D	BIM	2D	BIM	
Joustavat liittimet			x		Tunnus (esim. JLI)
Kannakkeet					LVI-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset
Anturit					Esitetään 2D-leikkauksissa Esitetään minimissään RAU-kaavioissa
Kanavistojen liitostavat (listallitos jne.)					Ei esitystapavaadetta, esitetään muissa dokumenteissa
Kulut ja hormit			x	x	Kanavat ja komponentit mallinnetaan kuluun eristeineen. Komponenttien ja kanavistojen tietosisältö kuten tässä taulukossa mainittu

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutussuunnittelu		Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta
	Geometrian tarkkuustaso		Geometrian tarkkuustaso		
	2D BIM	Tietosisältö	2D BIM	Geometrian tarkkuustaso	
Sähkötekniikka					
Muuntajat	x	x	x	x	Tunnus, esim. T1
Koleistot	x	x	x	x	Tunnus, esim. SJK1
Pääkeskukset	x	x	x	x	Tunnus, esim. PK1
Virtakiskot			x	x	Koko
Kompensointiparistot	x	x	x	x	Tunnus, esim. Q1
Akustot	x	x	x	x	Tunnus, esim. AK
Jakokeskukset	x	x	x	x	Tunnus, esim. JK1
Ristikytkentälaitteet	x	x	x	x	Tunnus, esim. RKT1
Telejärjestelmien keskuslaitteet	x	x	x	x	Tunnus, esim. KJ
Turvajärjestelmien keskuslaitteet	x	x	x	x	Tunnus, esim. PIK
Kaapeliyhdyt ja ripustuskiskot	x	x	x	x	Koko, tyyppi (tikas-/levyhyly). 2D-piirustuksissa absoluuttinen korkoasema mittavivussa (alareuna)
Johtokourut	x	x	x	x	Koko
Lattiakanavat ja -rasiat	x	x	x	x	Koko
Pystynousut			x	x	Koko
Kannatukset ja ripustukset					LV-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset
Valaisimet	x		x	x	Positio
Poistumisvalaisimet			x	x	Positio
Vara- ja turvavalaisimet			x	x	Positio
Kytkimet			x		Laitetyyppi, esim. 6-kytkin
Pistorasiat			x		Laitetyyppi, esim. Maadoitettu pistorasias 2-os.
Liike- ja läsnäolotunnistimet			x		Tunnus, esim. PIR
Turvakytkimet			x		Laitetyyppi, esim. Turvakytkin
Jako- ja kytkentärasiat			x		Laitetyyppi
Kaluttimet			x	x	Laitetyyppi
Kamerat			x		Laitetyyppi, osoite
Paloilmaisimet			x		Laitetyyppi, osoite
Palopainikkeet			x		Laitetyyppi, osoite
Merkinantokoljeet			x		Laitetyyppi
Muut telejärjestelmien anturit ja käyttölaitteet			x		Laitetyyppi
Muut turvajärjestelmien anturit ja käyttölaitteet			x		Laitetyyppi
Telepistorasiat			x		Laitetyyppi, tunnus/osoite
Nousujohtot					Esitetään minimissään kaaviossa
Telerunkojohdot					Esitetään minimissään kaaviossa
Sähköpisteiden kaapelointi			x		

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu		Toteutussuunnittelu		Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
	2D	BIM	2D	BIM	
	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	
Telepisteiden kaapelointi			x		Tähtimäiset verkot kaaviossa
Turvajärjestelmien kaapelointi			x		Tähtimäiset verkot kaaviossa
Käyttäjän aktiivilaitteet					Ei suunnittelun piirissä, huomioidaan liittynössä
Sähköurakan ulkopuoliset laitteet, kuten esim. oviohjauskeskukset			x	x	Laitetyyppi
Rakennusautomaatio					
RAU-keskukset	x	x	x	x	Tunnus, esim. VAK1
Anturit tiloissa näkyvillä			x	x	Tunnus, esim. TE1
Anturit TATE-verkostoissa, ei näkyvillä			x	x	Tunnus, esim. TE1
Säätölaitte- ja muut kotelot			x	x	Tunnus, esim. TC1
Toimilaitteet			x	x	Tunnus, esim. FG1

Taulukon "2D" merkitsee seuraavaa:

- kaavioissa esitetään periaatteet halutuille toiminnallisuuksille
- tasokuvissa esitetään komponentin sijoitus
- symbolitasoinen esitys on hyväksytty

Taulukon "BIM" merkitsee seuraavaa:

- käytetään ensisijaisesti sovellusohjelmakirjaston 3D-komponentteja, IFC-yhteensopivina
- IFC-mallien tietosisältö minimissään taulukon mukainen

LIITE 2: TIETOMALLIKOORDINAATTORIN TEHTÄVÄT, MALLI

Tietomallinnusprojektiin sisältyvät tietomallinnukseen liittyvät tehtävät valitaan merkitsemällä rasti ruutuun

TARVESELVITYS

- Lähtötietomallin tilaamisessa avustaminen
- Maastomallin tilaamisessa avustaminen
- Alustavan vaatimusmallin laatimisesta huolehtiminen
- Muut tehtävät:

HANKESUUNNITTELU

- Vaatimusmallien laatimisesta huolehtiminen
- Alustavan tietomallinnussuunnitelman laadinta
- Projektiakataulun tarkastaminen
- Muut tehtävät:

SUUNNITTELUN VALMISTELU

- Tietomallintamisen riskitarkastelun laadinta
- Tietomallinnustehtävien valvonta
- Tietomallinnustilanteen raportointi
- Vaatimusmallien päivittämisestä huolehtiminen
- Tietomallinnussuunnitelman tarkentaminen
- Tietomallintamisen organisoinnin suunnittelu
- Tietomallintamisen laadunvarmistussuunnittelu
- Suunnitteluakataulun tarkastaminen
- Suunnittelun tietomallinnustehtävät
- Suunnittelijoiden valintakriteereiden tarkastaminen
- Suunnittelutarjouspyyntöjen tarkastaminen
- Suunnittelusopimusten tarkastaminen
- Dokumenttienhallintajärjestelmän määrittäminen
- Muut tehtävät:

EHDOTUS-, YLEIS- JA TOTEUTUSSUUNNITTELU

- Tietomallinnuksen aloituskokouksen järjestäminen
- Tietomallinnussuunnitelman tarkentaminen
- Vaatimusmallien päivittämisestä huolehtiminen
- Tietomallintamisen riskitarkastelun päivittäminen
- Tietomallinnuksen aikataulut
- Tietomallinnustehtävien valvonta
- Suunnittelun laadunvarmistuksen valvonta

- Tilaaajan laadunvarmistustehtävät
- Tietomallinnusdokumentoinnin valvonta
- Tietomallikokoukset ja -katselmukset
- Yhdistelmämallien laadinta ja tarkastaminen
- Tietomallinnustilanteen raportointi
- Muut tehtävät:

RAKENTAMISEN VALMISTELU

- Tietomallinnusdokumentoinnin valvonta
- Tietomallikatselmusten järjestäminen
- Tilaaajan laadunvarmistustehtävät
- Urakoitsijoiden tietomallinnustehtävät
- Urakoitsijoiden valintakriteerien tarkastaminen
- Urakkatarjouspyyntöjen tarkastaminen
- Urakkasopimusten tarkastaminen
- Tietomallinnustilanteen raportointi
- Muut tehtävät:

RAKENTAMINEN

- Tietomallialoituskatselmuksen järjestäminen
- Tietomallinnussuunnitelman päivittäminen
- Tietomallintamisen riskitarkastelun päivittäminen
- Yhteistyömenettelyiden sopiminen
- Tietomallikokousten järjestäminen
- Tietomallinnustehtävien valvonta
- Toteumatietojen päivittämisen valvonta
- Toteumatietojen päivittämisen valvonta
- Tietomallinnustilanteen raportointi
- Muut tehtävät:

KÄYTTÖÖNOTTO, TAKUUAIKA, YLLÄPITO

- Tietomallipohjaisen huoltokirjan varmistaminen
- Toteumamallien toimituksen varmistus
- Tietomallien ylläpidon siirto tilaajaorganisaatiolle
- Tietomallintamisen loppuraportti
- Muut tehtävät: