

Joonas Heinonen

Taloteknisten tietomallien tiedonsiirto laitetietokantaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

12.4.2013

Tekijä Otsikko	Joonas Heinonen Taloteknisten tietomallien tiedonsiirto laitetietokantaan
Sivumäärä Aika	42 sivua + 5 liitettä 12.4.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	yliopettaja Juhani Eskelinen LVI-insinööri Tero Järvinen
<p>Insinööriyössä tutkittiin tietomallien tiedonsiirtokelpoisuutta talotekniseen laitetietokantaan. Tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin perusedellytys on toimiva tiedonsiirto ja kommunikaatio hankkeen eri osapuolten välillä. Työssä tarkastellaan IFC-tiedonsiirtostandardin tietosisältömääritelmän luontia, mitä tietoa tulisi siirtää laiteluetteloon ja miten tätä tietoa tulisi käsitellä ja hallita. Tavoitteena oli tarkastella tiedonhallintaan vaikuttavia tekijöitä laiteluettelon ylläpidon kannalta.</p> <p>Työ aloitettiin tarkastelemalla tietomallin kattavuutta suunnitteluprosessin eri vaiheissa ja kuinka tämä vaikuttaa tietomallien tietosisältöön ja laiteluettelon hyödynnettävyyteen. Tietomallien tiedonsiirron osalta tutustuttiin eri tiedonsiirtoa tukeviin standardeihin ja suunnitteluohjelmiin. Selvitettiin tietomallien objektien tietosisältömäärittelyä, positiotunnuksen jäsentelyä ja linkitystä laitetietokantaa varten. Näiden tietojen pohjalta tutkittiin laitetietokannan kehittämistä ja tiedonhallintaa tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa. Työtä voidaan hyödyntää selvitetäessä varteenotettavia tiedonsiirtomenetelmiä tietomalliperusteisessa suunnitteluprosessissa.</p> <p>Insinööriyön tutkimus toteutettiin perehtymällä aiheesta löytyvään kirjallisuuteen ja materiaaliin sekä haastatteleamalla alan asiantuntijoita. Haastatteluista saatiin ajankohtaista tietoa tietomallinnuksen nykytilasta, sillä osa lähteiden materiaaleista oli hieman vanhentunutta.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena kehitettiin ja ideoitiin suunnitteluprosessia parantavia tiedonsiirto- ja tietojenhallintatapoja. Suurin haaste tietomallintamisen kokonaisvaltaiselle hyödyntämiselle ovat hankkeen osapuolten ennakoasenteet ja vanhentuneet sopimusmallit.</p>	
Avainsanat	tietomallinnus, IFC, tiedonsiirto, laitetietokanta

Author Title Number of Pages Date	Joonas Heinonen Transfer of building information models to HVAC device database 42 pages + 5 appendices 12 th April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Juhani Eskelinen, Principal Lecturer Tero Järvinen, BEng
<p>The purpose of this thesis was to study whether the data from building information models could be transferred to a HVAC device database. In order for the data transfer to be efficient, the communication and teamwork must work flawlessly in a BIM based project. The final year project aimed, first, to define the information content of the IFC transfer standard, then, what data should be transferred, and also, how this data should be handled and managed.</p> <p>The project was started by examining the data of the information model at different stages of the planning process and the effects of the stages on the data content of the model. Various transfer standards and designing programs that support information modeling were studied.</p> <p>Background information for the project was collected from various literary sources, as well as by interviewing experts in the field. The interviews gave timely information of data modeling.</p> <p>As a result, the project offers ideas that can improve the ways of data transfer and management. However, the biggest challenge for utilizing the building information model to the fullest are prejudice of the parties and contract agreements that are out of date.</p>	
Keywords	BIM, IFC, data transfer, device database

Sisällys

Käsitteistö

1	Johdanto	1
2	Tietomallintaminen talotekniikassa	2
2.1	Tietomallintamisen tavoitteet	2
2.2	Tietomallinnuksen edellytykset	4
2.3	Vaikutukset eri osapuolille	5
3	Tietomalliperusteinen suunnitteluprosessi	7
3.1	Hankesuunnitteluvaihe	9
3.2	Yleissuunnittelun tietomalli	10
3.3	Toteutussuunnittelun tietomalli	11
3.4	Toteumamalli	12
3.5	Ylläpitomalli	12
4	Tietomallien tiedonsiirto	14
4.1	IFC-tiedonsiirtostandardi	16
4.2	COBie-tiedonsiirtostandardi	17
4.3	IFC-tiedonsiirtoa tukevat suunnitteluohjelmat	18
4.4	Tietomallien luettelointi	19
4.5	Tilatieto	19
4.5.1	Tilatiedon rakenne	19
4.5.2	Tilatietoesimerkki	19
4.6	IFC-tietosisällön määrittely MagiCADissa	24
5	Tutkimuksen lähtökohdat	28
5.1	Tietomallinnus Granlundilla	28
5.2	Laitetietokanta RAISU	28
5.3	RAISUn tavoite	29
5.4	Raisun kehitysehdotukset	30
5.4.1	Työmaa-aikaiset laitehyväksynät	31
5.4.2	Revisiohallinta RAISUn avulla	31
6	Tiedonsiirron tulevaisuus ja nykytilanne	32
6.1	Integroitu suunnitteluprosessi	32

6.2	Tietomallipalvelin	34
6.3	Tietomallin kattavuus	37
6.4	Tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeessa	37
7	Yhteenveto	38
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Ote COBiella tuotetusta taulukkonäkymästä	
	Liite 2. Ote MagiCADin IFC Property set manageriin koodatuista tilatiedoista	
	Liite 3. Näkymä RAISUn taulukkorakenteesta	
	Liite 4. Näkymä RAISUn attribuuttivalinnoista tuloilmapuhaltimen osalta	
	Liite 5. Näkymä Granlundin nykyisestä LVI-moduulista	

Käsitteistö

2D	Kaksiulotteinen malli (tasopiirustus).
3D-malli	Kolmiulotteinen tietomalli.
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli on rakennuksen koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus.
CAD	Computer aided design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
COBie	Construction operations Building Information Exchange. USA:ssa kehitetty avoin tiedonsiirtostandardi kiinteistön ylläpidon tietojen tallentamiseen.
CMMS	Computerized maintenance management system. CMMS-ohjelmisto ylläpitää tietokantaa organisaation huolto- toista.
DWG	Drawing. Autodesk Inc:n hallinnoima tiedostomuoto, muodostunut standardiksi rakennusalan 2D-tiedonsiirrolle.
GUID	Globally unique identifier on yksilöllinen viitenumero, jota käytetään tietojen tunnisteenä ohjelmistoissa.
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen rakennusalan rakentamisen ja kiinteistöpidon tiedonsiirtostandardi.
IPD	Integrated Product Delivery. Integroitu projektin toimitus. Yhteistyömalli, jossa hankkeen eri osapuolet työskentelevät saman sopimuksen alaisena.
PLM	Product Life Cycle Management. Tuotteen elinkaarihallinnalla pyritään hallitsemaan kaikki tuotteen käsittävät tiedot ja suunnitteluprosessit.

SQL	Structured Query Language. SQL on IBM:n kehittämä kyselykieli, jonka avulla tietokannassa voi tehdä erilaisia hakuja, muutoksia ja lisäyksiä.
Tietomallipalvelin	Keino tallentaa koko rakennuksen tietomalli yhteen sijaintipaikkaan, josta eri sovellukset voivat hyödyntää mallia ilman, että sitä joudutaan kopioimaan järjestelmästä toiseen.
XML	Extensible Markup Language. XML on merkintäkieli, jota käytetään tiedonvälitykseen eri ohjelmien välillä.
Yhdistelmämalli	Yhdistelmämallissa kaikki rakennuksen suunnittelualat ovat yhdistettynä samaan tietokantaan tai tiedostoon.

1 Johdanto

Tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin yleistyessä rakennusalalla rakennusten tietosisältö laajenee ja asettaa uusia haasteita rakennushankkeen aikaiselle tiedonsiirrolle. Tiedonsiirron tulee olla avointa ja vaivatonta hankkeen eri osapuolten välillä, jotta kommunikointi ja yhteistyö sujuisivat. Tämän insinööriyön tarkoitus on tutkia MagiCA-Dista tehtävien IFC-tiedostojen siirtokelpoisuutta laitetietokantaan ja selvittää, mitä tietoa tulee siirtää ja mitä jättää siirtämättä.

Insinööriyö on osa Granlund Oy:n tuotekehitystä, jossa on tavoitteena kehittää suunnitteluprojektiin tietomallipohjainen ohjausjärjestelmä nimeltä RAISU. RAISU eli rakennusten integroitu suunnittelujärjestelmä toimii tietokantana, joka kerää ja taulukoi kohteen laitteet sekä tietomallit ylläpidon aikaista käyttöä varten. Ohjelmistoa käytetään parhaillaan tietyissä pilottikohteissa, ja sitä on tarkoitus markkinoida asiakkaille jatkossa.

Perinteisessä suunnitteluprosessissa suunnittelija julkaisee malleja dokumenttienhallintasoventien avulla projektipankkiin ja täyttää käsin rakennusta koskevat järjestelmäluettelot. Laiteluetteloiden tilatietojen täyttö on aikaa vievä vaihe, etenkin jos kohde on laaja. Prosessi on syytä toteuttaa automaattisesti ja luotettavasti, mihin IFC-tiedonsiirtostandardi tarjoaa mahdollisen ratkaisun. Insinööriyötä voidaan hyödyntää myös selvittäessä eri tiedonjakotapoja rakennushankkeen osapuolten välillä.

2 Tietomallintaminen talotekniikassa

Perinteisestä kaksiulotteisesta suunnittelusta on siirrytty enemmän ja enemmän kolmiulotteiseen suunnitteluun. Nykyään markkinoille on tullut tehokkaita tuotemallinnusohjelmia, jotka mahdollistavat tietomallipohjaisen suunnittelun. Tietomallipohjainen suunnittelu tarkoittaa kolmiulotteisen muodon kuvauksen lisäksi tuotemalliin liittyvien rakennusosien ja laitetilatietojen kuvausta. Tietomallintaminen on kehittynyt viime vuosina voimakkaasti ja on käytössä sekä Suomessa että kansainvälisesti. Tuotemallista on yleistynyt termi *rakennusten tietomalli*, joka vastaa englanninkielistä termiä *Building information model* (BIM). BIM koostuu siis monista eri tuotemalleista, joista koostuu koko rakennuksen kattava tietomalli. (1, s. 3.)

Rakennushankkeiden suunnittelu tietomallipohjaisesti on tullut ajankohtaiseksi viime vuosikymmenellä, kun markkinoille alkoi tulla eri tietomallinnusta tukevia ohjelmistoja. Tietomallintaminen mahdollistaa rakennuksen koko elinkaaren tietojenhallinnan helposti saavutettavaksi. Puhutaan siis tuotteen elinkaarihallinnasta, PLM eli Product lifecycle management. Järjestelmä tukee verkostoitumista, jossa tuotetieto tuotetaan hajautetusti ja sitä hallitaan reaaliaikaisesti. Tämä on hyvä, sillä nykyään yritykset hajauttavat yrityksen eri prosesseja sisäisesti ja ulkoisesti ja niitä kaikkia voidaan käsitellä PLM-järjestelmän avulla. PLM-ohjelmistojen avulla voidaan myös määritellä tietty hierarkia eri käyttäjien käyttöoikeuksille, mikä lisää projektien tehokkuutta sekä nopeutta.

Tietomallintaminen on alun perin lähtöisin valmistavasta teollisuudesta, mutta se on levinnyt nopeasti myös rakennusalalle. Sen jälkeen kun Pro IT -hanke käynnistettiin vuonna 2002, on rakennusprosessien tiedonhallintatapa lähtenyt uuteen kehitykseen. Rakennusteollisuus RT ry:n lisäksi hankkeeseen osallistui laaja joukko eri rakennusalojen osa-alueiden ammattilaisia. (1, s. 3.)

2.1 Tietomallintamisen tavoitteet

Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteena on se, että rakennuksen koko tietokannan tiedot saadaan tallennettua digitaaliseen muotoon, mikä nostaisi rakennuksen laatua ja tuottavuutta. Tietomalleista on voidaan tuottaa muun muassa tarvittavat piirustukset, suunnitelmadokumentit, massa- ja materiaaliluettelot ja visualisoinnit rakennushankkeen kaikkien osapuolien saataville. Tämä parantaa osapuolten välisen tiedonsiirron

vaivattomuutta, mikä vaikuttaa myönteisesti koko suunnitteluhankkeen laatuun. (1, s. 9.)

Tietomallihankkeen tavoitteena ovat tilaajan toiveet täyttävä, tehokkaasti suunniteltu ja johdettu rakennushanke, joka on kannattava ja tuottava liiketoiminta. Tietomallintamisella saadaan monipuolista, luotettavaa ja analysoitavaa tietoa, joka tukee hankkeen kaikkien osapuolten toimintaa. Tietomallinnus mahdollistaa laajojen rakennushankkeiden tietojenhallinnan koko hankkeen elinkaaren ajan. (2, s. 3.)

Käytön ja ylläpidon aikaisten tietomallitavoitteiden pitäisi olla tiedossa jo suunnitteluvaiheen alussa, jotta tietomallivaatimuksissa voidaan ottaa huomioon tilaajan tarpeet hankkeen valmistumisen jälkeenkin. (3, s. 7). Jos kohteen tulevat loppukäyttäjät ovat tiedossa, myös heiltä on ensisijaisen tärkeää kerätä tilatarvevaatimuksia, jotka voidaan ottaa huomioon suunnitelmia luodessa.

Tietomallinnuksen onnistumiseksi on määriteltävä hankekohtaiset painopisteet ja tavoitteet. Tietomallipohjaiselle rakennushankkeelle on asetettu seuraavat yleiset tavoitteet (4, s. 5):

- Tuetaan hankkeen päätöksentekoa ongelmakohtissa.
- Sitoutetaan hankkeen osapuolet yhteisiin tavoitteisiin mallin avulla.
- Havainnollistetaan suunnitteluratkaisuja.
- Helpotetaan suunnitelmien yhteensovittamista.
- Varmistetaan rakennusprosessin ja lopputuotteen laatu.
- Tehostetaan rakentamisaikaisia prosesseja.
- Parannetaan turvallisuutta rakentamisen ja elinkaaren aikana.
- Tuetaan kustannus- ja elinkaarianalyyseja.
- Taataan tietojen siirtyminen ja hyödyntäminen käytönaikaisessa tiedonhallinnassa.

2.2 Tietomallinnuksen edellytykset

Edellytyksenä tietomallinnuksen yleistymiselle tarvitaan yhteisten nimikkeistöjen ja standardien käyttöönottoa kaikkien osapuolien välillä. Tietomallimuotoisten tietojen jakaminen edellyttää myös yhteensopivien tiedonsiirtostandardien ja tallennusformaattien käyttöä, jotta tiedonsiirto olisi mahdollisimman vaivatonta. Tätä varten on kehitetty muun muassa IFC- ja COBie-tiedonsiirtostandardit (ks. luvut 4.1 ja 4.2). Tällä hetkellä on käytössä tavanomaisia dokumenttien tallennus- ja hallintaohjelmia, jotka eivät tue tietomallipohjaista suunnittelua. Nykyään eletäänkin siirtymävaihetta, jossa rakennushankkeen tietoja käsitellään sekä piirustuksilla että tietomalleilla. (1, s. 9.)

Tietomallijärjestelmän tarjoamat hyödyt eivät kuitenkaan realisoidu hetkessä, vaan tarvitaan pitkäjänteistä kehitystoimintaa, johon kaikkien osapuolten tulisi osallistua. Hankkeen tilaajilta vaaditaan ennen kaikkea investointeja ja sitoutumista rakennuksen koko elinkaaren kattavaan tietomallihallinnan panostamiseen. Jos hankkeen omistaja ei sitoudu tietomallintamiseen eikä integroituun suunnitteluun, suunnittelijatkaan eivät sitoudu mallintamiseen. Tällöin suunnittelijat saattavat mallintaa hankkeen vain omiin tarkoituksiinsa. Lisäksi vaaditaan hankkeen yksityiskohtaista tietomallivaatimusten laadintaa jo ennen hankkeen aloittamista. Tavoitteet ja mallinnuksesta saatavat tulokset on kirjattava selkeästi. Tilaajan on myös suotavaa käyttää apunaan tietomallikoordinaattoria, koska mallintamisen toteutus vaatii teknistä erityisosaamista. (1, s. 10; 2, s. 3.)

Tietomallipohjainen tiedonhallinta vaatii enemmän työnohjausta, kuin perinteinen 2D-piirtäminen CAD-ohjelmalla. Suunnittelijoille kerääntyy kustannuksia ohjelmistojen hankinnasta, kouluttautumisesta sekä tietomallinnuksen tuomista uusista tehtävistä. Tietomallihanke on vietävä alusta loppuun mahdollisimman kattavasti, jotta sen tuomista eduista saadaan mahdollisimman paljon hyödynnettyä. (1, s. 11.)

Tietomallintaminen vaatii myös tietomalliselostusta, joka tulee laatia heti hankkeen alussa. Siinä kerrotaan mallin käyttötarkoitus ja tarkkuustaso, kun tietomalli julkaistaan muille osapuolille. Jos tietomalliselosteessa ei ole mainittu minkäänlaisia puutteita, selostetta voidaan pitää puutteettomana. Julkaisija on tällöin vastuussa suunnitelmiansa virheettömydestä.

Siirtyminen tietomallipohjaiseen projektiin edellyttää vanhojen toimintamallien uudistamista sekä uusien työtapojen opettelemista ja toimintaohjeiden laatimista. Tuotemalli-projektissa on tärkeää tunnistaa onnistumisen kannalta tärkeät seikat. Tämä on tärkeä asia nykyään, kun tuotemalliprosessien toimintatavat eivät ole vielä vakiintuneet hankkeen osapuolille. On syytä selvittää suunnittelijan tarvitsemat lähtötiedot hankkeen eri vaiheissa ja määrittellä selvä teknisen toteutuksen vastuualue. (1, s. 12.) Mallintavien osapuolien aikatauluihin tulisi varata riittävästi aikaa ja joustavuutta. Näin vähennetään houkutusta nopeiden perinteisten menetelmien käyttämiseen. Esimerkiksi se, että pienet suunnitelmamuutokset tehdään ainoastaan piirustuksiin, on joskus uudelleen mallintamista nopeampaa, mutta myöhemmässä vaiheessa nopea ratkaisu kostautuu suunnitelmien ristiriitaisena tietona. (2, s. 4.)

Nykyiset suunnitteluohjelmat eivät vielä mahdollista suunnittelijoiden toimimista samassa tietomallissa, elleivät suunnittelijat käytä samoja ohjelmia. Toistaiseksi eri suunnitteluohjelmista saadaan ulos samoja tiedonsiirtostandardeja noudattavat yhdistelmämallit, joiden avulla voidaan tarkastella visuaalisesti koko rakennuskohdetta (1, s. 11).

2.3 Vaikutukset eri osapuolille

Tietomallipohjainen suunnittelutapa on kehitetty tukemaan rakennuttajan, tilaajan, suunnittelijoiden, rakentajien sekä käyttäjien päätöksentekoa. Rakentamisen näkökulmasta muun muassa kokonaissuunnittelu-aika saadaan käytettyä tehokkaammin hyödyksi, suunnittelumallien yhteensovittaminen helpottuu ja havainnollisuus parantuu. Nämä helpottavat ja vähentävät etenkin rakennushankkeen aikaisten ristiriitojen selvittämistä. (1, s. 10.)

Suunnittelijoille siirtyminen tietomallipohjaiseen suunnitteluun on ollut luontevampaa kuin urakoitsijalle, koska suunnittelijat ovat tottuneet hahmottamaan omat tasopiirustuksensa kolmiulotteisesti. Näin saadaan siirrettyä suunnittelijoiden työpanostus piirto-, tulostus- ja tiedonsiirtorutiineista projektin kannalta merkittävämpiin suunnittelutehtäviin ja ongelmienratkaisemiseen. (2, s. 3.) Urakoitsijoiden ja tuotetoimittajien näkökulmasta kuitenkin määrälaskenta- ja kustannustiedonhallinta tehostuu ja tarkentuu (1, s. 10).

Kiinteistönomistajaa tietomalli palvelee ylläpidon kustannusten ja elinkaarivaikutusten arvioinnissa erilaisten ohjelmistojen raportointiominaisuuksien avulla. Kiinteistönomista-

ja voi hyödyntää myös toimintatilojohtamiseen tarkoitettuja vuokraustoiminnan sovelluksia. Kiinteistönomistaja hyötyy myös avoimesta tiedonsiirtotavasta. Sen avulla sovellusvaihtoehtojen määrä kasvaa, kilpailu kiristyy ja tietomalleja pystytään hyödyntämään laajemmin. Ajan tasalla pidetyt tietomallit tukevat toimintojen hallintaa ja korjausrakennushankkeiden suunnittelua. (3, s. 6.)

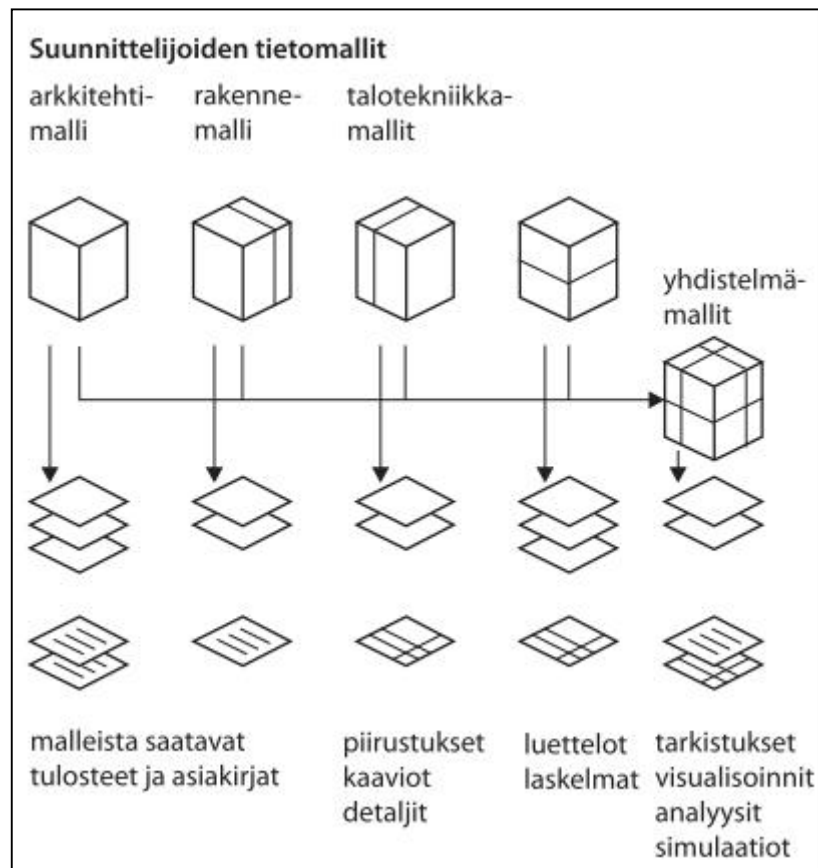
Palveluiden toimittajat voivat saada kilpailuetuja tehokkaamman tiedonhallinnan avulla. Asiakkaalle välittömät hyödyt ovat nopea reagointi ongelmiin ja pyyntöihin ja tätä kautta palveluiden laadun paranemiseen. (3, s. 6.)

Tietomallintamisen pääasiallinen tavoite on siis hyödyn aikaansaaminen hankkeelle. Tietomallit auttavat tilaajaa mainostamaan hankettaan ulkopuolisille toimijoille sekä potentiaalisille vuokralaisille. Mallien tarjoamien visualisointien avulla saadaan nostettua hankkeen toteutumisen varmuutta ja imagoa. (6.) Tätä kautta kohteen loppukäyttäjä eli asiakas saa sisänäköymien visualisoinnin avulla havainnollisen kuvan suunnitelluista tiloista ja rakenteista sekä myös mahdollisista tilavaihtoehtoista.

Tietomallipohjaisesti toteutetulla talotekniikkasuunnittelulla saavutetaan muun muassa seuraavia hyötyjä (1, s. 10):

- Urakoitsijan ja käyttäjän välinen päätöksenteko helpottuu.
- Mallin geometriavirheet vähenevät.
- Suunnitelmien visuaalisuus ja ymmärrettävyys paranevat.
- Suunnitelmien laatutaso paranee ja yhdenmukaistuu.
- Tilaolosuhteiden laatutaso ja viihtyisyys voidaan varmistaa analysointiohjelmilla.
- Elinkaarikustannuksia ja ympäristövaikutuksia voidaan hallita.
- Tietomallin sisältämä tieto säilyy.

Yhdistämällä arkkitehdin, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijan tietomallit yhteen saadaan yhdistelmämalli. Yhdistelmämallin kautta päästään tarkastelemaan virtuaalisesti koko rakennusta. Tämä helpottaa kohteen visualisointia, simulointia ja eri analyysieja. Näin eri osapuolten välinen vuorovaikutus ja ongelmakohtien ratkaisu helpottuu. Kuvassa 1 on havainnollistettu yhdistelmämallin kokonaisuutta.



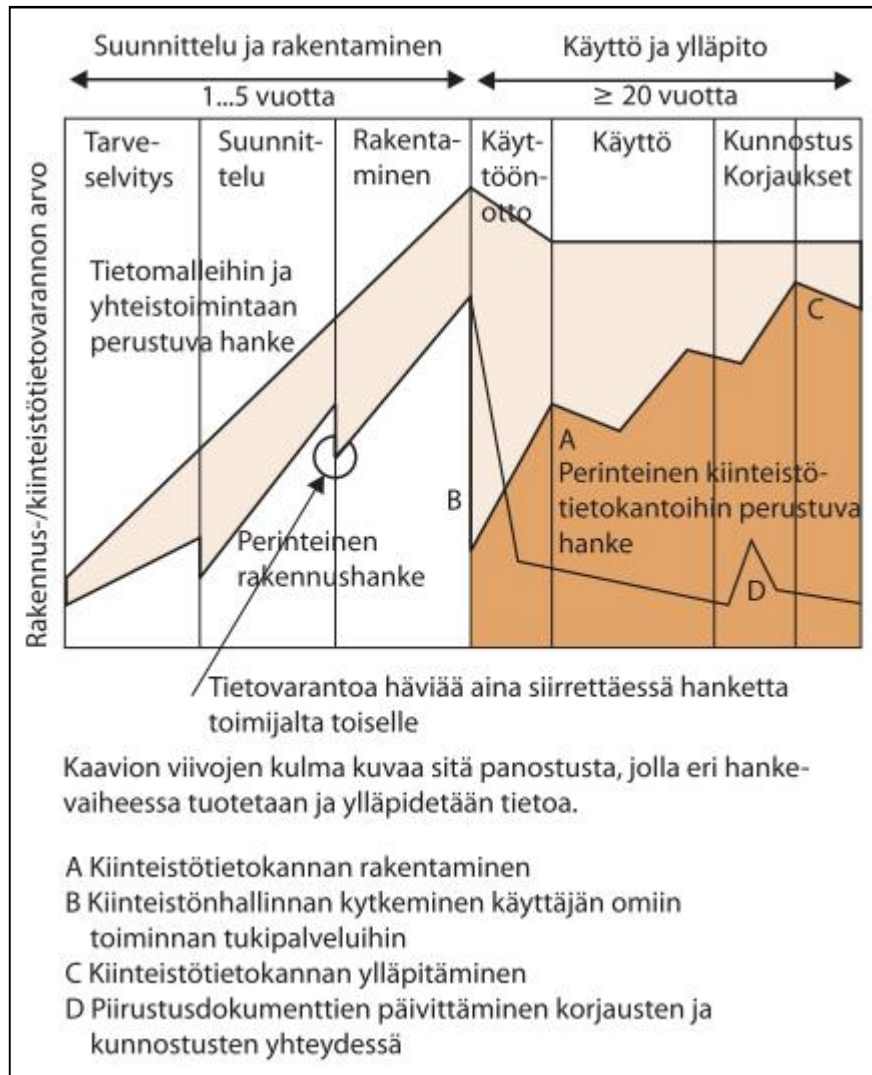
Kuva 1. Eri suunnittelijoiden mallit yhdistetään yhdistelmämalliksi, joilla koordinoidaan suunnitelmien sisältöä (4, s. 5).

3 Tietomalliperusteinen suunnitteluprosessi

Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa kaikkia rakennushanketta koskettavat aikataulut, suunnittelutavoitteet, tehtävämäärittelyt ja tietomallin laatutaso on määriteltävä ennen projektin aloittamista. Jotta tuotemalli saadaan toteutettua mahdollisimman tehokkaasti, jo heti hankkeen alussa, on lähtötiedot ja tehtävät sovittava yksityiskohtaisesti kaikkien suunnitteluryhmien kesken. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelun painopiste keskittyy enemmän projektin alkuvaiheisiin, jotta ennakkotarkastelut saadaan tehtyä ja mallintamisen hyödyt saavutetaan. (1, s. 11.)

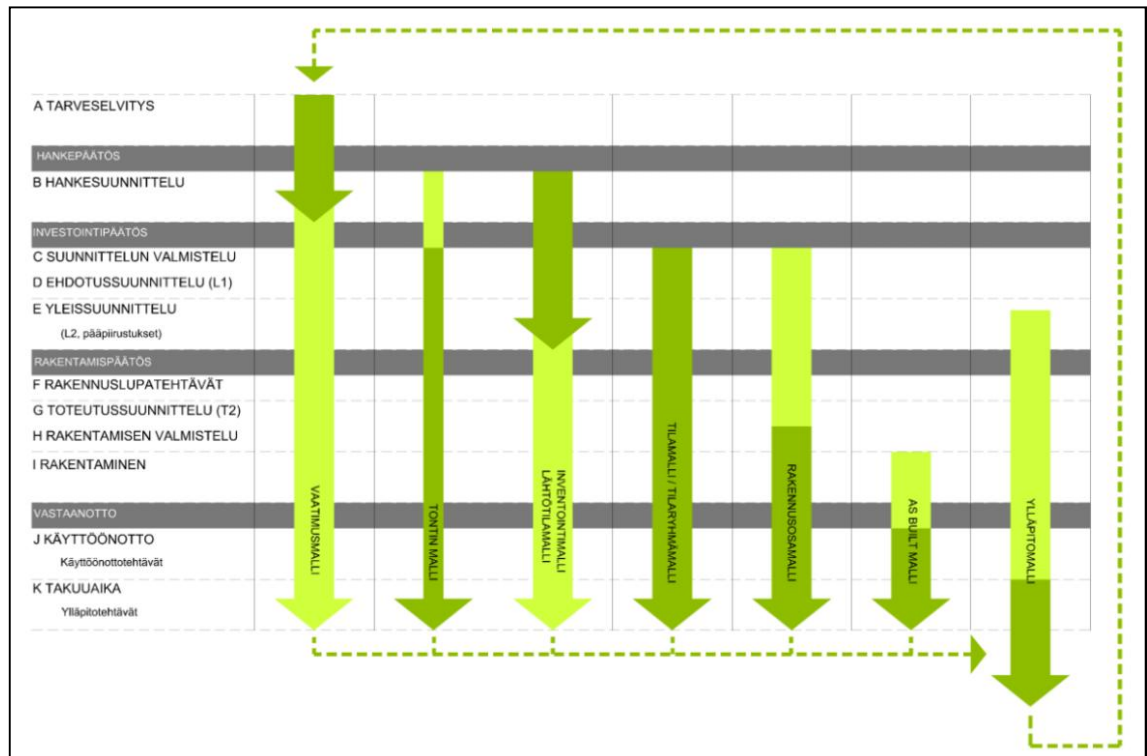
Tavanomaisiin piirustuksiin perustuvan rakennushankkeen suunnittelun ja rakentamisen edetessä tietovarantojen arvo ja merkitys kasvavat merkittävästi. Kuvassa 2 nähdään, kuinka tietovarannon määrää laskee aina, kun siirrytään hankevaiheesta toiseen. Tämä johtuu siitä, että tieto joudutaan muokkaamaan uuteen muotoon hankevastuun

siirtyessä toimijoilta toisille. Suurin osa tiedoista häviää, kun siirrytään rakentamisvaiheesta käyttöönottoon, jolloin suunnitelmat joudutaan kääntämään kiinteistön ylläpidon tietokantoihin ja huoltokirjoihin. Kiinteistön jokapäiväisessä käytössä ei kuitenkaan kaikkea tietoa tarvita, mutta sen tulee olla saatavilla tarpeen vaatiessa, esimerkiksi korjausten ja kunnostusten yhteydessä. (2, s. 2.)



Kuva 2. Rakennusvaiheita ja tietovarantoa kuvaava kaavio (2, s. 2).

Tuotemallinnusprosessi voidaan jakaa analysointeihin ja järjestelmämallinnukseen, joita hyödynnetään eri tavoin rakennusprosessin eri vaiheissa. Kuvassa 3 on havainnollistettu tietomallien tietosisällön kattavuutta eri hankevaiheissa. (1, s. 38.)



Kuva 3. Tietomallien riippuvuus hankevaiheesta (7).

Tietomallintamisen laajuus ja tarkkuus sovitaan projektin eri vaiheissa suunnittelijakohtaisesti ennen mallintamista. Suunnittelijan ja tilaajan on yhdessä sovittava tuotemallin laadusta ja sen hyödyntämisestä jatkossa. (1, s. 11.)

Tietomallihankkeen organisoinnissa on tärkeää panostaa sujuvaan yhteistyöhön ja yhteisen tiedon integrointiin. Hankkeen analyysit ja simuloinnit tehostuvat, jos tietomallinnusta hyödynnetään jo projektin alusta alkaen. Tietomallien havainnollisuus auttaa projektijohtoa arvioimaan suunnitelmia vaivattomammin. (2, s. 4.)

3.1 Hankesuunnitteluvaihe

Rakennushankeprosessissa tilaaja on tehnyt tarvittavat tarveselvitykset jo ennen hankesuunnitteluvaihetta, eikä siinä vaiheessa juurikaan tarvitse hyödyntää tietomallinnusta. Tarveselvityksessä tarkastellaan kohteeseen kohdistuvia vaatimuksia kuten tilantarvetta, rakennuksen sijaintia, rakentamisen aikataulua, toteutustavan valintaa, kartoitetaan sopivat urakoitsijat ja selvitetään hankkeen rahoitus. Näiden pohjalta voidaan määrittellä kustannusarvio ja aikataulu. (6.) Arkkitehtikin voi tehdä karkeita visualisointe-

ja rakennuksen ulkonäöstä, ilman muita suunnitelmia. Yleensä tehdään myös alustava massoittelu. (1, s. 38.)

Tietomallipohjaisen suunnittelun painopiste on rakennusurakan alkuvaiheessa, silloin määräytyvät hankkeen suurimmat kustannukset. Tämä mahdollistaa sen, että tavoitteenmukaiset arvioinnit voidaan tehdä varmemmin jo ennen rakentamispäätöksen tekemistä. (1, s. 11.) Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus- ja aikatavoitteet. Tässä vaiheessa palkataan myös pääsuunnittelija, vastaava työnjohtaja tai kokenut rakennuttaja suunnitelmien laatimisen avuksi. (8.)

3.2 Yleissuunnittelun tietomalli

Yleissuunnittelu- tai ehdotussuunnitteluvaiheessa alkaa itse tietomallin luonti, johon sisältyvät tilakohtaiset tavoitteet, palvelualueet ja vyöhykkeet, alustavat energia-analyysit, tilapohjainen kustannusarvio ja tyyppiratkaisujen visualisointi. Kohteen tilat voidaan siis jo mallintaa kolmiulotteisesti, jolloin pysytään visuaalisesti näkemään esimerkiksi ilmanvaihdon, savunpoiston ja palonsammutuksen palvelualueet. Kohteisiin voidaan määrittellä eri tilavaraukset, kuten tekniset tilat, tekniikkakanaalit ja -kuilut sekä poistumistiet.

Tässä vaiheessa voidaan myös ruveta luomaan taloteknistä laitetietokantaa eri järjestelmistä. Järjestelmät jaetaan yleensä lämmitykseen, käyttöveteen, viemärointiin, ilmanvaihtoon, kylmätekniikkaan, palontorjuntaan ja savunpoistoon.

Tietomalliperusteisessa suunnitteluvaiheistuksessa on alettu käyttää luonnossuunnitteluvaiheesta termiä ehdotussuunnitteluvaihe. Käytännössä siis nämä tarkoittavat samaa asiaa. Ehdotussuunnitteluvaiheessa taloteknisestä suunnitelmasta ei tehdä koko rakennusta kattavaa järjestelmämallia, vaan keskitytään enemmän järjestelmävalintoihin, palvelualuekaavioihin ja taloteknisiin tilavarauksiin. Tietomalli tehdään tilauskohtaisesti riittäväällä tarkkuudella ja siinä otetaan huomioon kyseisessä kohteessa vaadittavat tietotarpeet. Olennaisimpia tarvittavia tietotarpeita ovat simulointi, visualisointi, toiminnalliset tarkastelut, kustannusvertailut, elinkaarikustannukset ja rakennettavuus. (1, s. 11.) Talotekninen suunnittelija määrittelee tietomallia varten tilavarausmallin, jossa esitetään pääkulkureitit, huoltoalueet ja tilantarpeet. Myös arkkitehti ja rakennesuunnittelija osallistuvat tilavarausmallin luomiseen. Tilavarausmallia voidaan tällöin käyttää varmis-

tamaan tarvittavat tilat teknisille järjestelmille. Tilavaraukset voidaan esittää joko laati-koilla tai putkilla, jotka esittävät komponenttien tarvitsemaa tilaa. (3, s. 4.)

Hankkeen tilaajaa varten voidaan mallintaa mallihuoneita, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin lopullista ratkaisua. Mallitiloista voidaan tehdä olosuhdesimulointeja, energiasimulointeja, valaistussimulointeja ja taloteknisten ratkaisujen simulointeja. (1, s. 38.)

Laitetietokannan järjestelmät jaetaan omiin osa-alueisiin niiden palvelualueiden perusteella. Esimerkiksi lämmitysverkostot jaetaan kaukolämpöön, IV-verkostoon, patteriverkostoon, lumensulatukseen, lattialämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen. Tietoa voidaan myös linjata alustavia laitevaatimuksia, jotka tarkentuvat sitten toteutus-suunnitteluvaiheessa. Luonnosvaiheesta luetellaan myös kaikki tilat omine tilaposition-merkkeineen, ja näin laiteluettelosta käy ilmi, missä kukin laite sijaitsee. LVI-järjestelmät jaetaan projektikohtaisesti päätettävän järjestelmänumeron mukaan. Jokaisesta järjestelmää koskevasta laitteesta kerrotaan mitoituksen kannalta oleelliset tiedot, esimerkiksi lämmitysjärjestelmän pumpuista nämä ovat virtaama, nostokorkeus, sivuvirtasuodattimen virtaama, mitoitusvaraus virtaaman tuottoon ja nostokorkeuteen, mitoituslämpötila ja sähkötekniset liitännät ja erityisvaatimukset.

3.3 Toteutussuunnittelun tietomalli

Toteutussuunnitteluvaiheessa mallintavan suunnittelun alkuvaiheeseen on varattava enemmän aikaa kuin perinteisessä suunnittelussa, sillä vaadittava tietomäärä on suurempi. Kun malli on saatu mallinnettua, tarvittavat tulosteet saadaan tehtyä vaivattomammin, sillä koko suunnitteluryhmän tiedonsiirron vaiheistus lyhenee ja tehostuu sekä rutiinit automatisoituvat. (1, s. 11.)

Järjestelmät mallinnetaan virtausteknisesti toimivina, jotta mahdollisia laskenta- ja analysointitoimintoja voidaan hyödyntää. Konehuoneissa ei esitetä yksityiskohtaisesti jokaisen laitteen paikkaa, vaan ne esitetään toimintakaaviossa. Tietomalliselostuksessa pitää tällöin mainita järjestelmän ulkopuoliset komponentit, jotka esitetään erillisissä kaavioissa. (4, s. 6.)

Laiteluettelo on tässä vaiheessa suurimmilta osin täytetty, eikä ainakaan suunnittelija esitä enää oleellisia järjestelmä- ja vaatimusmuutoksia. Kun tietomalli on saatu luotua, on tarvittavien määrä- ja kustannuslaskelmien luonti vaivatonta. Mitä tarkemmin tietomalli on luotu, sitä tarkemmin rakennuttaja voi arvioida materiaali-, tuote- ja tarviketiedot oikealla tarkkuustasolla.

3.4 Toteumamalli

Toteumamalli (engl. As Built Model) eli rakentamisen aikainen tietomalli tehdään täydentämällä toteutussuunnitteluvaiheessa tuotettua tietomallia, jolloin se vastaa täysin rakennettua rakennusta. Toteumamallia on ylläpidettävä rakennuksen koko elinkaaren ajan, jotta siitä saadaan täysi hyöty irti. Tämä edellyttää, että käyttötärpeiden muutostilanteissa tehdään tarpeelliset simuloinnit ja muutospäivitykset tietokantaan. Toteumamallin täysi hyöty saadaan, kun rakennuksen käyttäjät ja suunnittelijat ylläpitävät mallia työnaikaisten muutosten aikana. Tämä voi viedä yllättävän paljon aikaa ja resursseja. Voi olla kannattavaa nimetä rakennuttajakonsultti, joka valvoo tietomallinnussuunnitelman mukaisesti toteumamallin ja laiteluettelon ylläpitoa.

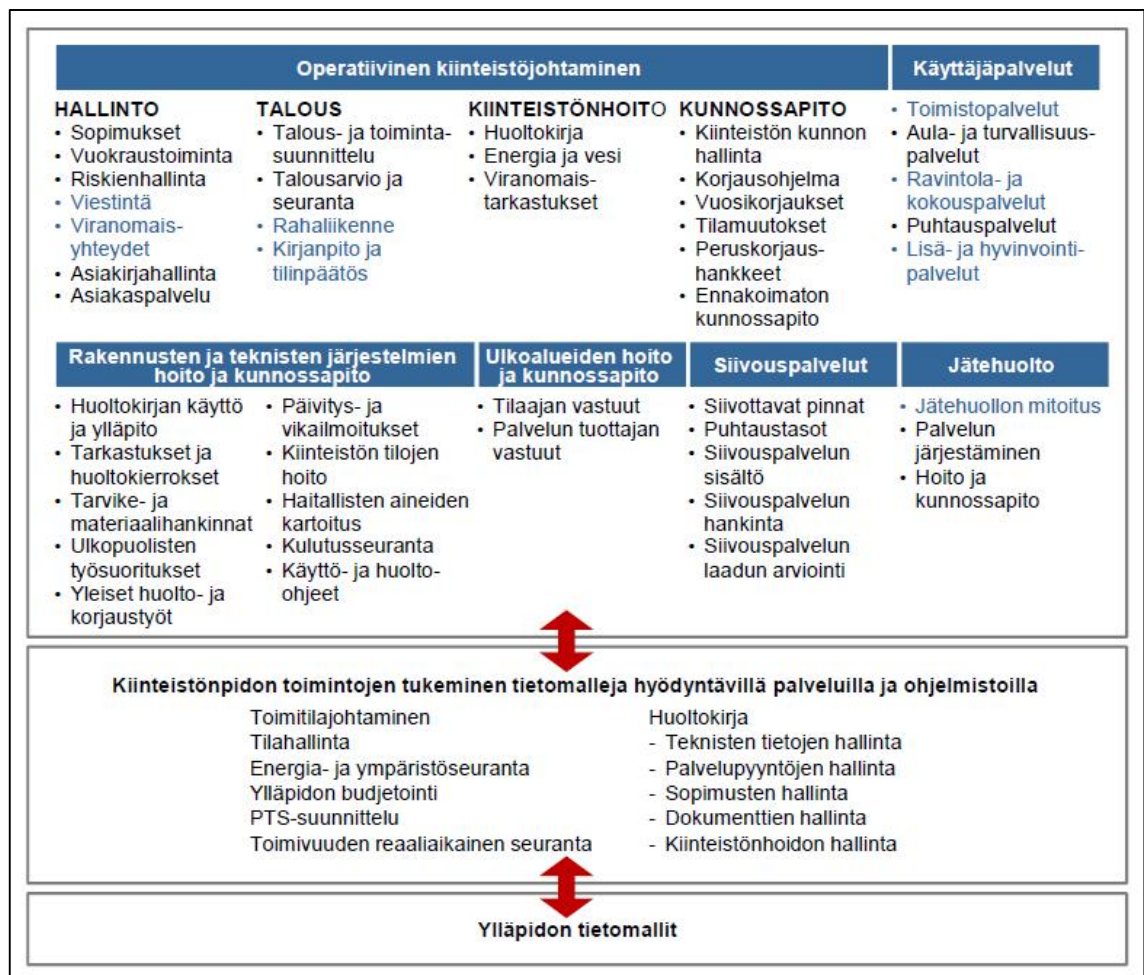
3.5 Ylläpitomalli

Talotekniikan järjestelmämallia voidaan hyödyntää ylläpidonaikaiseen tiedonsiirtämiseen ja toiminnan analysointiin. Ylläpito tarvitsee järjestelmätiedot ensisijaisesti huoltoa ja ylläpitoa vaativissa komponenteissa, kuten pääte- ja keskuslaitteissa. Toinen tärkeä käyttökohde ylläpidossa on järjestelmien havainnollistaminen sijainti- ja värikarttojen avulla. Tämä helpottaa laitteiden paikantamista ja huoltoa. (1, s. 37.)

Rakennuttaja päättää tietomallin pitkäaikaisesta hyödyntämisestä hankkeen päätyttyä. Hankkeen aikana tuotettua tietomallia ei aina osata, haluta tai pystytä hyödyntämään ylläpidon aikana. Siksi tiedon jatkohyödyntämisestä on päätettävä jo hankkeen alkuvaiheessa. Ylläpidon aikainen tietomalli on tallennettava sellaiseen muotoon, jonka arvelaan olevan käytössä mahdollisimman pitkään hankkeen jälkeen. Tietomallitiedostoja kannattaakin pitää ajan tasalla ohjelmistopäivitysten yhteydessä ja tallentaa mallit ajan tasalla oleviin tiedostomuotoihin. Päivitysten yhteydessä kannattaa varmistaa, että

kaikki tiedostoissa oleva tieto siirtyy uusiin tallennusmuotoihin. Samalla kannattaa varmistua siitä, että kaikki tieto siirtyy uudempaan versioon. (2, s. 5.)

Ylläpitovaiheen tietomalli on yhtä tärkeä kuin tarveselvityksen päätösten perusteella tehty tietomalli. Ylläpitomallin tietosisältöä hyödyntämällä tuetaan operatiivista kiinteistöjohtamista, palveluiden tuottamista ja kiinteistöhoidon käytännön tehtäviä ja muutostenhallintaa. (6.) Kuvassa 4 havainnollistetaan kiinteistöpidon toimialueita, joissa tietomalleja voidaan hyödyntää ylläpidon aikana. Toimialuejako noudattaa Kiinteistöpi-tonimikkeistöä 2009 sekä julkaisua KiinteistöRYL2209, Kiinteistöpalveluiden yleiset laatuvaatimukset. Kuvasta nähdään, että mahdollisuuksia on useammalla eri toimialal-la. (3, s. 6).



Kuva 4. Kiinteistöpidon toimialueet, joita voidaan tukea tietomallipohjaisten ohjelmistojen avulla (3, s. 5).

Tietomalleja voidaan hyödyntää muun muassa energiankulutuksen seurannassa ja kiinteistön toimivuuden seurannassa. Markkinoilla on olemassa myös huoltokirjasovelluksia, jotka hyödyntävät tietomalleja tarpeellisin osin. (5, s. 6.) Rakennuksen ylläpidon aikana tulisi siis varmistua siitä, että huolto- ja ammattimiehet osaavat ylläpitää rakennuksen tietomallin ja laitetietokannan käsittävää huoltokirjasovellusta. Ylläpidon aikaisista huolto- ja korjaustoimenpiteistä voidaan saada säästöjä hyödyntämällä tietomalleista saatavaa tietoa. Ensisijaisesti kuitenkin järjestelmien perussäätö ja vuosihuoltotarkastukset helpottuvat ja tehostuvat. Laiteluettelon pitäisikin olla yhteydessä käytössä olevaan huoltokirjasovellukseen, jolloin sen kautta pääsisi ohjaamaan järjestelmien automatiikkaa ja asetusarvoja ja käytönaikaisia huoltoilmoituksia. Markkinoilla on käytössä jo valmiita huoltokirjasovelluksia, mutta ne integroidaan toimimaan asennettujen LVI-laitteiden kanssa, eivätkä ne siis hyödynnä suunnittelun tietomalleja. Jos tietomalleja saadaan hyödynnettyä ylläpidon aikaisessa käytössä, kehittyvät varmaan myös huoltokirjasovellukset tukemaan niiden käyttöä.

Käyttöönottovaiheessa tietomallit siirretään tilaajalle ja tietomallinnuksesta laaditaan loppuraportti. Suunnittelijat luovuttavat toteumamallin mukaiset suunnitelmat. Samalla on hyvä varmistaa, että mallinnetut järjestelmät ovat kaikin puolin toimivia. Luovutuksen yhteydessä on hyvä varmistaa, että rakennuksen tulevat käyttäjät osaavat hyödyntää tietomalleja ja tarvittaessa antaa rakennuksen käyttöopastusta. Tietomallikoordinaattori tarkastaa, että tietomalleja pystytään hyödyntämään kiinteistön ylläpitojärjestelmässä. Lopuksi tilaaja tallettaa toteumamallit, sekä avoimessa että natiiviformaatissa (ohjelman alkuperäinen tallennusmuoto) olevat suunnittelutiedostot käytettävään ylläpitojärjestelmään. Mallien mukaan on hyvä tallentaa kaikenlaiset tarkastuslomakkeet ja tietomalliselostus, josta selviää tietomallien sisältö ja mallinnustarkkuus.

4 Tietomallien tiedonsiirto

Ennen hankkeen alkua eri osapuolet sopivat tiedostomuotojen yhteensopivuudesta, jotta tiedonsiirto olisi hankkeen aikana vaivatonta. Tietomallintaminen on lisännyt tiedon määrä rakennushankkeessa, mikä asettaa tiedonsiirrolle vaatimuksia. Eri osapuolten välinen kommunikointi ja tiedonsiirto tulee olla tehokasta ja nopeaa. Tietomallintaminen ja tiedonvaihdon tarve tulee oletettavasti vain lisääntymään, kun hankkeen eri osapuolet oppivat paremmin hyödyntämään tietomallin haku-, luettelointi- ja yhteenve-to-ominaisuuksia. (2, s. 5.)

Tietoja kuitenkin häviää aina, kun siirretään tietoja eri ohjelmistojen välillä, sillä eri ohjelmat käsittelevät tietoa eri tavoilla. Tällöin eri suunnitteluohjelmistojen tiedosto- ja tallennusmuotojen keskeinen yhteensopimattomuus voi olla vakava ongelma. Myös eri hankeosapuolien ohjelmien käytössä ja työtavoissa saattaa olla eroja, kun asiat on totuttu tekemään tietyllä tavalla. Ohjelmistopäivityksiä on syytä välttää hankkeen aikana, sillä niistä seuraa yleensä toimimattomuutta, yhteensopivuusongelmia tai käyttäjien kouluttamisesta johtuvia viiveitä. (2, s. 5.)

Kaikki mallit tulee julkaista projektin aikana sekä sovitussa tiedonsiirtomuodossa että alkuperäisessä muodossa. Tiedonsiirtotiedostotyypit eivät välttämättä siirrä kaikkea haluttua tietomuotoa mukanaan, ja siksi on hyvä säilyttää mukana myös tiedoston natiivimuoto. Työnaikaisesta mallien jakelutavasta sovitaan projektikohtaisesti (projektipankki, sähköposti, tietomallipalvelin). Ennen mallien julkaisemista muille osapuolille niistä on poistettava muut kuin suunnitelmaan kuuluvat tasot ja objektit. Suunnittelukohtaisiin tietomalleihin ei siis saa sisältyä muiden suunnittelualojen malleja, vaikka niitä olisikin käytetty referensseinä. Korjausrakentamiskohteissa arkkitehdin suunnittelumallin pohjana käytetty inventointimalli kuitenkin jätetään mukaan. (9, s. 18.)

Hankkeet tilataan, suunnitellaan ja rakennetaan usein eri osissa. Tällöin hankkeeseen osallistuu suuri määrä palveluntuottajia, joilla on käytössä eri järjestelmiä. Tämän takia olisi ensisijaisesti käytettävä avoimia tiedonsiirtostandardeja, jotta aineisto siirtyy osapuolten ja hankevaiheiden välillä mahdollisimman tehokkaasti. Projektikohtaisesti sovitaan myös tietomallien tiedonsiirrosta projektipankin kautta tietyllä tavalla ja sovittujen formaattien mukaisesti.

Ihannetiedonsiirtotapa tapahtuisi tietomallipalvelimen välityksellä, mutta ainakaan nykyisten tiedonjakomenetelmien takia tämä ei tule toteutumaan. Tietomallein koottu rakenne koostuu yksittäisistä kerros- ja järjestelmäkohtaisista tiedostoista, eikä niistä rakenneta virtuaalirakennusta. Tämä mallinnustapa on yleisempää muualla Euroopassa. Toisaalta taas eräät suunnitteluohjelmat mahdollistavat koko rakennuksen työstämisen yhdessä natiivitiedostossa, mutta Suomessa on yleisempää koota tiedostot yksittäin projektipankkiin.

Tietomallipohjainen tiedonvaihto tekee suunnitelmista selvempiä, ymmärrettävämpiä, läpinäkyvämpiä ja tarjoaa paremman tiedonsiirron. Tiedonvälitys ja kommunikointi projekteissa tapahtuvat pääsääntöisesti projektipankkien välityksellä, mikä takaa ajan-

tasaisen tiedonsiirron hankkeen osapuolten kesken. Hankkeissa tulee pitää pääsuunnittelijan ja tietomallikoordinaattorin johdolla tietomallikokouksia, joissa huomioidaan hankkeen tilanne. Ennen kokouksia tietomallit tulee ladata projektipankkiin sellaisina kuin ne sinä hetkenä ovat. Kokous voidaan pitää esimerkiksi ennen suunnittelukokousta.

4.1 IFC-tiedonsiirtostandardi

Toistaiseksi eri tietomallinnusohjelmat sisältävät tietoa monissa eri tietformaateissa. Jotta käyttäjien eri ohjelmistot ymmärtäisivät eri mallien tietoja, tarvitaan yleinen tiedonsiirtoformaatti. Tämän takia tuli tarve kehittää ohjelmasta riippumaton tiedonsiirtoformaatti, jolla voitaisiin tehostaa eri osapuolten välistä yhteistyötä. Rakennusalalla tämä tarve havaittiin jo 1990-luvun jälkipuoliskolla. Joukko yrityksiä Autodeskin johdolla perusti IAI:n (Industry Alliance for Interoperability) Yhdysvalloissa vuonna 1994 kehittämään ratkaisua ongelmaan, joka selvittäisi eri osapuolten välisen tiedonsiirron kankeuden. Tämän seurauksena kehitettiin avoin tiedonsiirtostandardi IFC, joka on tällä hetkellä laajimmin levinnyt avoin tiedonsiirron standardi alalla. (6, s. 33.)

IFC eli Industry Foundation Classes on yhdenlainen tiedostomuoto, jolla pystytään luomaan visuaalisia yhdistelmämalleja suunnitteluohjelmistojen avulla. IFC-muoto pystyy määrittelemään ja tallentamaan halutun tiedon ja tietoa pystytään siirtämään eri ohjelmien välillä. Ohjelmien natiivitalennusmuodosta tallennetaan vain haluttu tieto IFC-tallennusmuotoon, jonka koko voi olla vain murto-osa alkuperäisen tiedoston koosta. Tämä tehostaa tiedon käsittelyä. Nykyajan suunnitteluohjelmiin on valmiiksi määritetty IFC-sisällön tarkat oletusarvot, jotta voitaisiin helposti siirtää tietoa kaikilta rakennusten suunnittelun konsulttialoilta toisille. (10, s. 9.)

Avoimen tiedonsiirron malleja käytetään suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon ohjelmistoissa sekä mallien katseluohjelmissa. Avoimen tiedonsiirron standardeja ovat IFC sekä uudempi USA:ssa kehitetty COBie. (3, s. 9.) Suunnittelijoiden yhteistyön kannalta edistyneisin tiedonsiirtostandardi on IFC, joka pyrkii olemaan avoin koko rakennuksen elinkaaren kattava tietorakenteen malli, ja COBie on enemmän ylläpidon aikaisen tiedonsiirron formaatti. Näitä tiedonsiirtomalleja pidetään tietomallinnuksen perustana, jota ilman tiedonsiirto ei onnistuisi eri osapuolten välillä.

Suomalainen tietomallinnus tukee IFC-tiedonsiirtostandardia. Nykyään IFC:tä kehittää kansainvälinen organisaatio buildingSMART, jonka tavoitteena on tukea avointa tietomallinnusta. IFC-standardia kehitetään koko ajan, uusien versioiden kehittyessä saadaan yhä monipuolisempia ja laajemmin käytettävissä olevia tuotetietomalleja. IFC pyrkii kattamaan rakennushankkeen ja koko elinkaaren eri osapuolien näkökulmat. IFC-mallissa riittää vielä kehitettävää, sillä esimerkiksi järjestelmämallin komponenttien toiminnallisuutta (esimerkiksi pumpun toimintakäyrä) ei pystytä kuvaamaan IFC-muodossa, vaan tuotetieto säilyy vain ohjelman omassa tallennusmuodossa. (10, s. 40.) IFC-tiedonsiirtomuoto ei myöskään pysty kääntämään kaikkea ohjelmakohtaista natiivimuotoista tietoa.

4.2 COBie-tiedonsiirtostandardi

COBie eli Construction Operations Building Information Exchange on avoimen tiedonsiirron standardi, joka on kehitetty kiinteistön ylläpidossa tarvittavien tietojen tallentamiseksi. Se pystyy tukemaan ja täydentämään IFC-muotoisia tietomalleja ja on sen kanssa yhteensopiva. COBie kehitettiin USA:ssa, eikä sen hyödyntäminen markkinoilla ole vielä niin laajaa kuin IFC:n, mutta useat merkittävät suunnittelu- ja ylläpito-ohjelmistojen toimittajat USA:n markkinoilla ovat kehittäneet ohjelman yhteensopivaksi työkalujensa kanssa. (3, s. 22.)

COBien tavoite on sen käytön yksinkertaisuus ja yhteentoimivuus minkä tahansa ohjelman kanssa. COBie:lla ei ole tarkoitus siirtää geometriamalleja osapuolten välillä, vaan lähinnä siirtää tiedot tietomallista ylläpidon aikaiseen tietokantaan. Tero Järvinen kuvaa standardin tarkoitusta seuraavasti (6): ”Käytännössä standardi on kehitetty siirtämään tietomallin tietosisältö luettavaksi muodoksi johonkin taulukkolaskentaohjelmaan esimerkiksi excel-taulukkoon” (ks. liite 1). Tähän päätökseen tultiin, jotta saataisiin järjestelmästä kustannustehokas, ympäristöystävällinen, helppokäyttöinen ja että saataisiin täydennettyä jo käytössä olevaa IFC-tiedonsiirtostandardia. Tätä varten on kehitetty myös monia CMMS eli Computerized Maintenance Management Systems -ohjelmia, joiden tarkoitus on esittää ja jaotella COBie:sta saatua tietoa. (11.)

Tyypillisen BIM-projektin tietosisältö on malleissa, määrälaskelmissa ja teknisissä tiedostoissa. Näiden tietojen kokoaminen esitettävään muotoon vaatii yhteistyötä eri osapuolten kesken. Nämä tiedot kootaan asiakkaalle tai urakoitsijalle esimerkiksi

pdf-muotoon. COBie:n idea onkin kerätä vaivattomasti keskeisimmät tiedot yhteen ja esittää ne eri osapuolille yksinkertaisessa ja selvässä muodossa. COBie on vielä kaukana koko rakennuksen kattavasta BIM-tietokannasta, mutta siihen suuntaan ollaan kehitystä ohjaamassa. (11.)

4.3 IFC-tiedonsiirtoa tukevat suunnitteluohjelmat

Tällä hetkellä markkinoilla olevista suunnitteluohjelmista on saatu tuotettua IFC 2x3-version mukaisia tiedonsiirtoformaatteja jo helmikuusta 2006 lähtien. Granlundilla tuotetaan IFC-malleja enimmäkseen MagiCAD-ohjelmalla, mutta mainittavan arvoisia ohjelmia ovat myös Revit MEP ja CADS Planner Hepac, sillä ne on myös yleisesti todettu hyväksi BIM-mallinnusohjelmiksi ja ovat käytössä laajalti.

MagiCAD HPV on suomalainen CAD-ohjelmisto, jonka on kehittänyt Progman Oy. HPV-lyhenne tarkoittaa MagiCAD-versiota Heating, Piping ja Ventilation. MagiCAD toimii AutoCADin ja Revit MEPin liitännäisenä. MagiCADin E- eli Electrical-versiolla pystytään myös tekemään sähkösuunnitelmia. Ohjelma mahdollistaa tietomallinnuksen todellisilla tuotteilla, risteilytarkastelut, leikkauskuvat sekä tarkat massaluettelot. Talotekniikan tuotemallit sisältävät tuotteen 3D-geometrian ja valmistajan ilmoittaman teknisen tiedon. (12).

Autodeskkin kehittämä Revit MEP -ohjelma mahdollistaa koko rakennuksen LVI- ja sähkösuunnittelun tekemisen yhteen ja samaan projektitiedostoon. Revit tukee rakennuksen tietomallinnusta tarkoilla mallinnus-, analysointi- ja dokumentointiliitännäisillä. (13.) MagiCADista eroten Revit on itsenäisesti toimiva ohjelma, ja se on laajemmin käytössä Keski-Euroopassa kuin Suomessa.

Revit MEP -ohjelmisto omaa IFC export- ja IFC import -toiminnot. MagiCAD tukee vain IFC export -toimintoa toistaiseksi. Nämä ohjelmat tukevat tällä hetkellä yleisesti käytössä olevaa IFC 2x3 -versiota. Ohjelmistojen kehittäjät ovat olleet aktiivisesti mukana yhteistyössä tietomallisuunnittelun kehitystä koordinoivan buildingSMARTin kanssa.

4.4 Tietomallien luettelointi

Tietomalleista voidaan tuottaa luetteloita ja laitetietokantoja erilaisin menetelmin. Tietokantojen tulee olla selkeästi jäsenneltyjä ja helposti ymmärrettäviä, jotta tietosisältö selviäisi helposti kaikille osapuolille. Tietokannasta tiedon etsiminen pitäisi olla vaivatonta, mikä tarkoittaa, että käyttäjä voisi itse jaotella objektit tiettyihin ryhmiin ja tehdä itse hakuja tiedonhaun tehostamiseksi. Tietokannassa täytyy myös ottaa huomioon projektivaiheen mallinnustarkkuus, jotta voidaan arvioida tietokannan todenmukaisuutta. Tämä koskee etenkin kustannuslaskijan tekemiä arvioita.

4.5 Tilatieto

4.5.1 Tilatiedon rakenne

Taloteknisen tilatiedon hallinta sisältää tilakohtaisten tavoitearvojen sopimisen, taloteknisen vyöhykejaon teon ja visualisoinnit sekä tavoitteenmukaisuusvertailut rakennusprosessin eri vaiheissa. Tilakohtaisista tavoitteista tärkeintä on määrittellä sisäilmasto, valaistus ja varustetaso. (1, s. 17.)

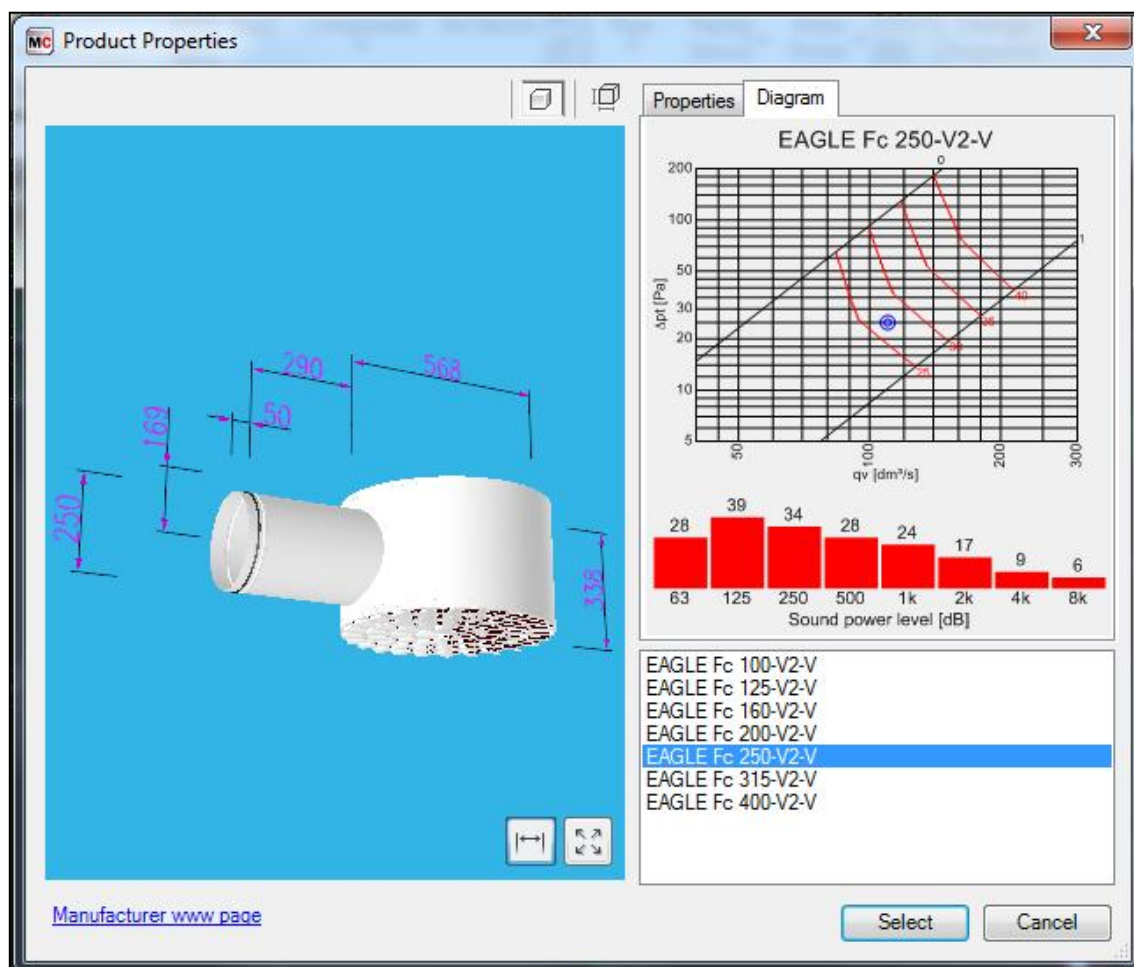
LVI-järjestelmämallit eritellään pääsääntöisesti neljään eri malliin: ilmanvaihto-, lämmitys-, jäähdytys- sekä vesi- ja viemärijärjestelmä. LVI-tekniikan tilatietojen määrittelyminen pohjautuu analysoinneissa määriteltyihin tilakohtaisiin ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytystarpeisiin. (1, s. 28.)

Talotekniikan järjestelmämalli mallinnetaan 3D-muodossa ja siinä käytetään älykkäitä komponenttien objekteja. Mallinnus tehdään kerroskohtaisesti ja kerrosten korkeus-asetat määrittellään erikseen. (1, s. 27.) Jokaiselle arkkitehdin mallintamalle tilalle määrittellään tilaposition, jonka avulla saadaan paikannettua tietyllä positiolla sijaitseva tekniikka. Ylläpidon aikaista toimintaa helpottaa, kun tiedetään, mitkä laitteet ovat tietyn järjestelmän takana ja missä ne sijaitsevat.

4.5.2 Tilatietoesimerkki

Tilatiedon tarkoitus on kuvata mallinnettava LVI-järjestelmän osa mahdollisimman todenmukaisesti. Kaikki talotekniset osat mallinnetaan kuviin objekteina, jotka sisältävät

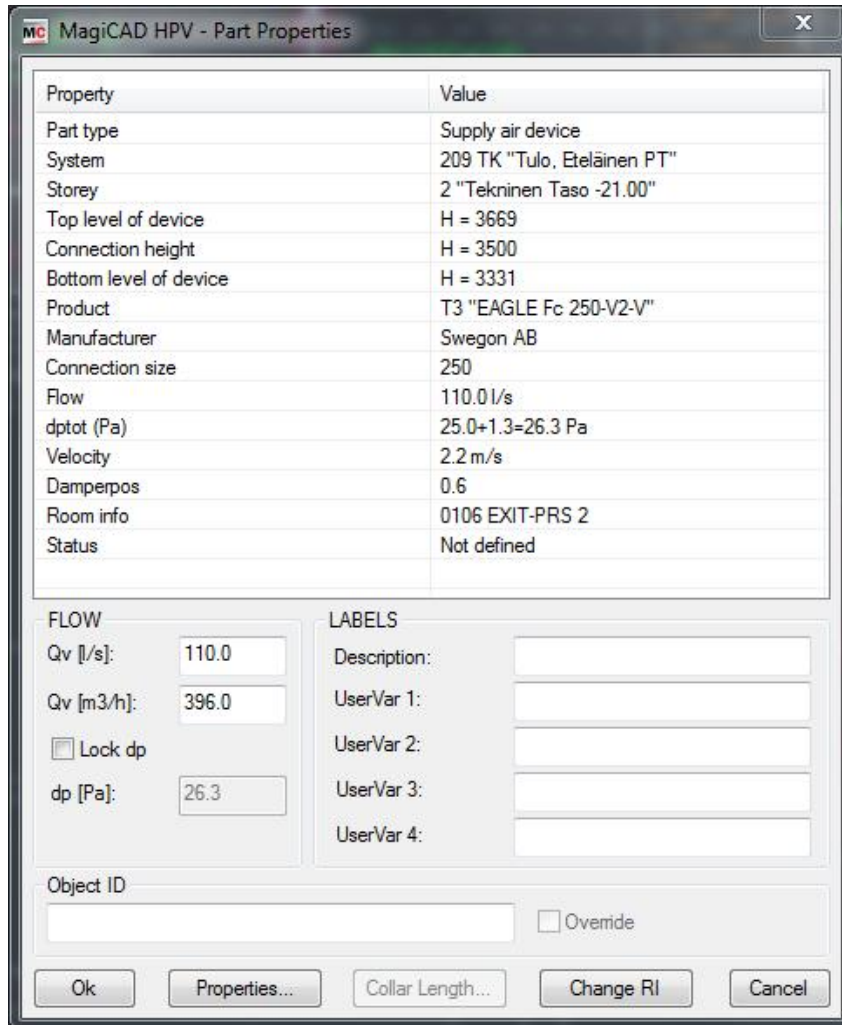
kaiken olennaisen tiedon LVI-tekniikan kannalta. Laitteen tai komponentin tilatieto sisältää yleensä ainakin seuraavat kuvassa 5 esitetyt ominaisuudet: kolmiulotteisesti esitetyn kehikorakenteen todellisine mittoineen, visuaalisesti mahdollisimman todenmukaisen 3D-mallin objektista materiaaleineen sekä valmistaja- ja mallitiedot. Kuvassa 5 on kuvakaappaus MagiCAD-ohjelmassa avatusta tuloilmalaitemallin tuotetieto-ominaisuuksista, joka sisältää laitteen ominaiskäyrästä ilmavirtoineen, painehäviöineen sekä ääni- ja säätöarvoineen.



Kuva 5. Tuloilmalaitemalli avatussa ominaisuusikkunassa, jossa esitetään valitun kokoluokan dimensiot, ominaiskäyrästä ja äänitehontasot.

Ikkuna antaa käyttäjälle mahdollisuuden muuttaa päätelaitteen kokoa, jolloin käyttäjä voi verrata äänentuottoa ja painehäviötä samoilla mitoitusarvoilla. Muita esimerkkejä käyttäjän määrittämistä tiedoista ovat lämmitysradiaattorin teho ja säätöventtiilin esisäätöarvo. Näiden tuoteominaisuuksien lisäksi komponentille on varattu tietokenttiä virtaama-, mitoitus- ja äänilaskennasta saatuja tietoja varten. Kuvassa 6 on edellä esi-

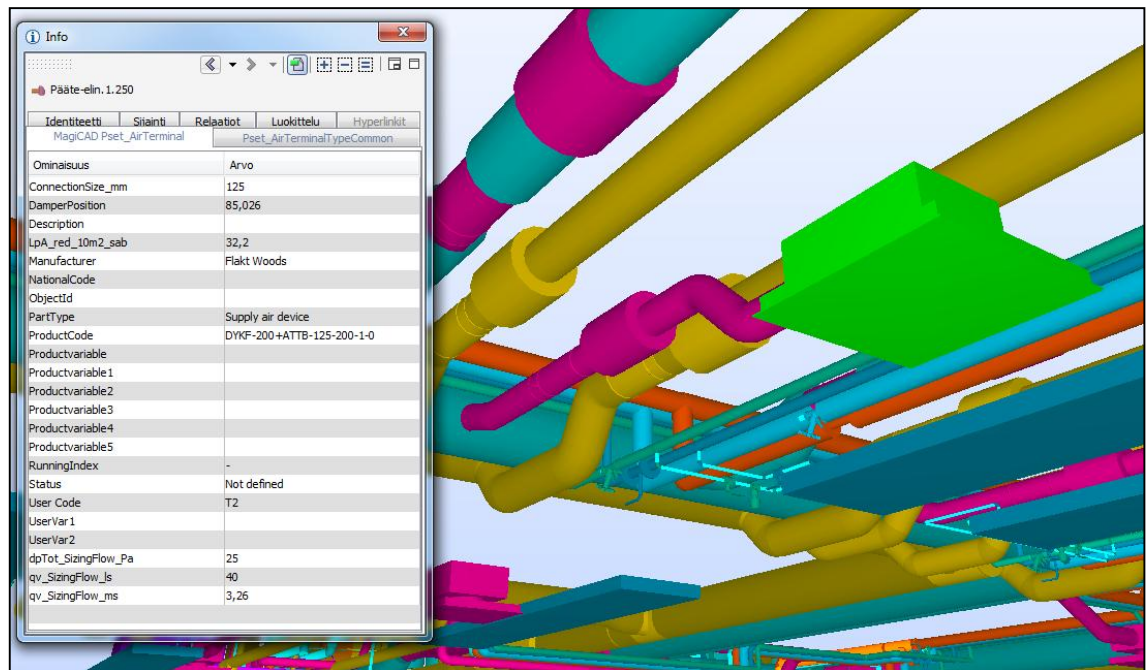
tetyt tuloilmalaitteen osaominaisuudet virtaama- ja mitoituslaskennan sekä verkoston tasapainotuksen jälkeen. Näitä laitteen tuotetietoja voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi määrälaskennassa, ääniteknisessä laskennassa tai verkoston mitoituksessa. Tuoreimpana ominaisuutena ikkuna näyttää myös objektin systeemin ja kerroksen mukaisen sijainnin, jonka avulla pystytään helposti paikantamaan kyseinen komponentti.



Kuva 6. Tuloilmalaitteen tuote- ja mitoitustiedot

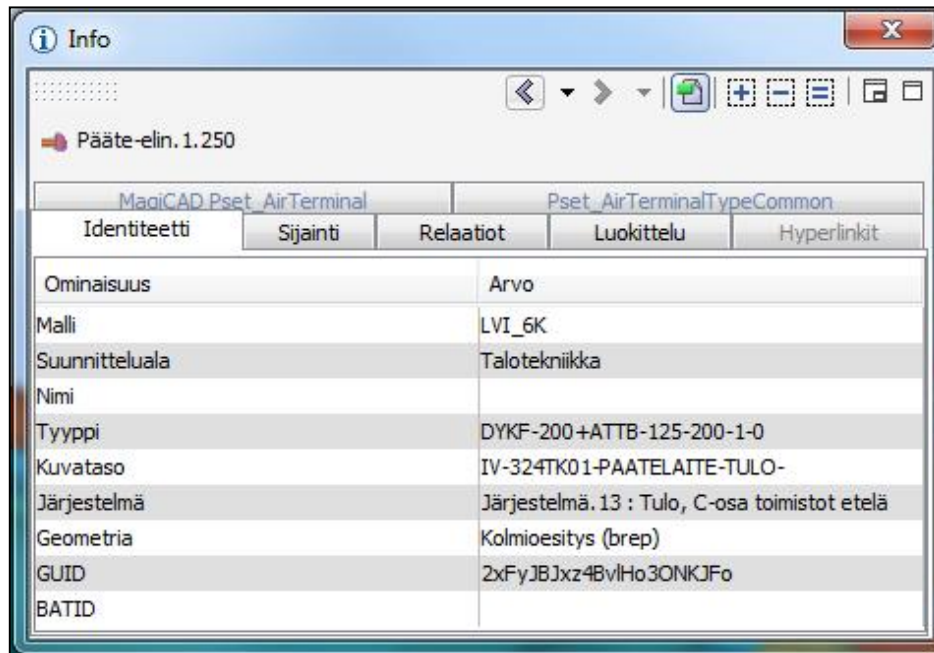
Kuvissa 7, 8 ja 9 näkyy katseluohjelma Solibrilla avatun IFC-tiedoston erään pääte-elimien eri property-tietoja. Kuvista nähdään, kuinka kaikilla objekteilla on oma xyz-positionsa ja ne on järjestelty omalla GUID-referenssinumerolla. Objektista näkyy myös mallin tiedostonimi ja se, mihin järjestelmään laite kuuluu. Kuvissa harmaalla näkyvät tietolaatikot "MagiCAD Pset_AirTerminal" ja "Pset_AirTerminalCommon" ovat MagiCADista tuotetun IFC-tiedoston tietosisältömääritykset (ks. luku 4.6 ja liite 2), ja

tummalla näkyvät identiteetti, sijainti, relaatiot ja luokittelut ovat Solibrin omat määrittämät tietomallin objektille, jotka se luo IFC-tiedoston linkityksen perusteella.



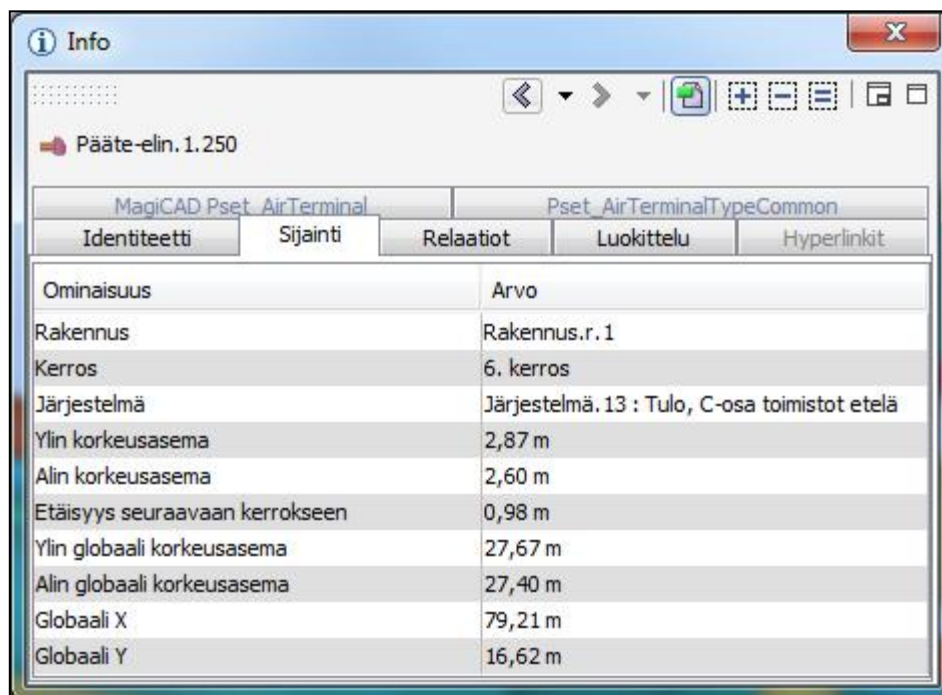
Kuva 7. MagiCADilla tuotetun IFC-tiedoston näkymästä valitun päätelaitteen property-set-tietosisältö Solibri-katseluohjelmassa. Valittu päätelaite on osoitettu vihreällä.

Kuvassa 8 näkyvä GUID (ks. luku 5.2.1) tarkoittaa IFC-standardin määrittämää linkitystä, jonka avulla identifioidaan jokainen laite oman tunnuksen mukaan. Tämä on tärkeää RAISUn laiteluettelon linkitysten kannalta, joista kerrotaan myöhemmin lisää.



Kuva 8. Saman pääte-elimien identiteettitiedot Solibri-katseluohjelmassa.

Solibri määrittelee myös xyz-koordinaatit kaikille laitteille, jonka avulla voidaan myös helpottaa laitteiden paikantamista. Kuvassa 9 on kuvakaappaus Solibrin määrittelemistä sijaintitiedoista samalle pääte-elimelle.

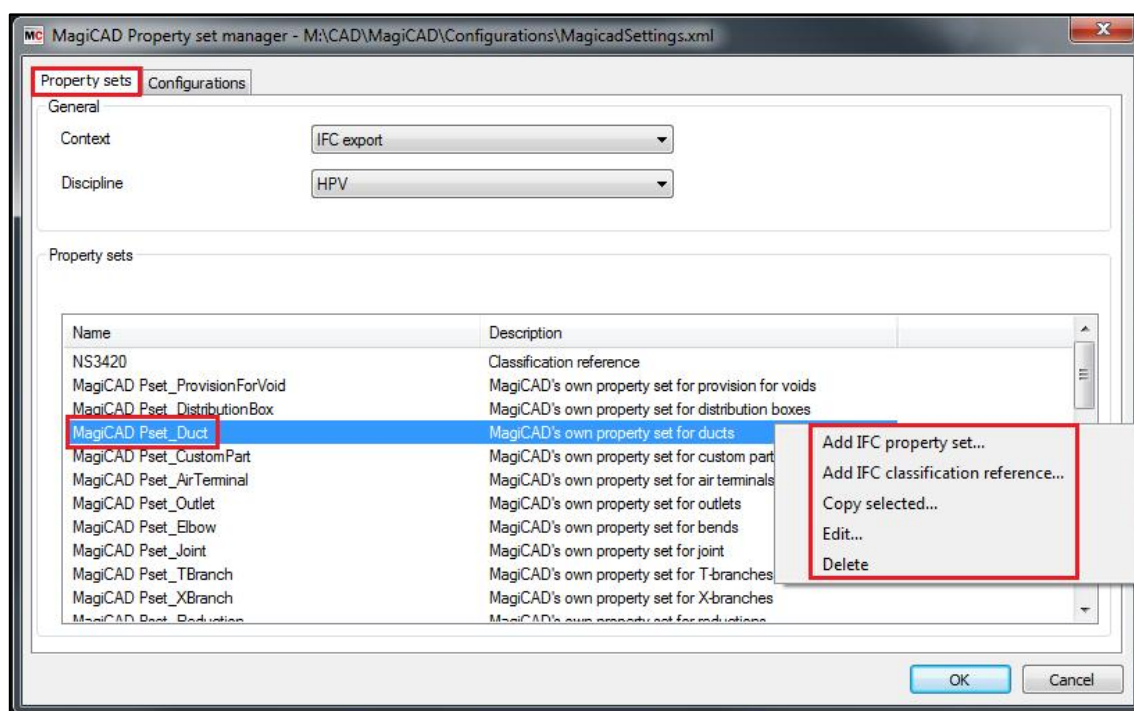


Kuva 9. Saman pääte-elimien sijaintitiedot Solibri-katseluohjelmassa.

4.6 IFC-tietosisällön määrittely MagiCADissa

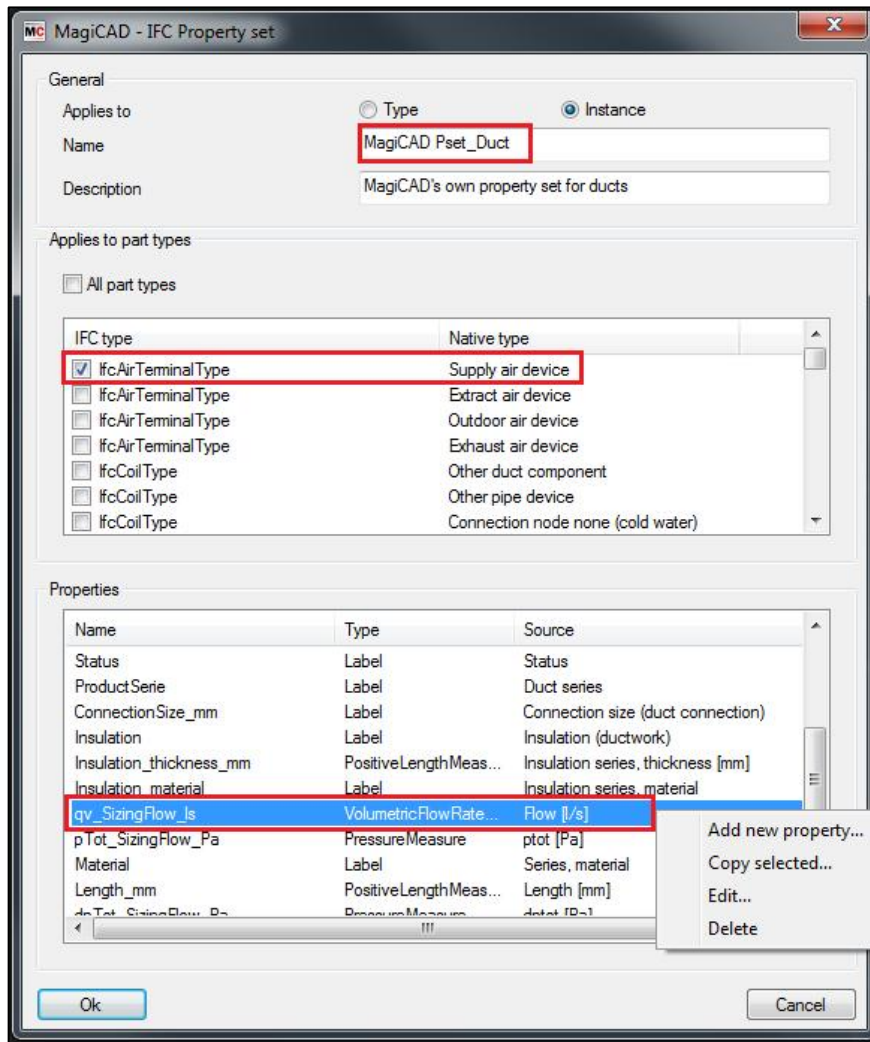
Granlundilla suunnitelmamallit luodaan MagiCAD-ohjelmistolla. Ohjelmassa on MagiCADin IFC Property set manager -toiminto, jolla voidaan määrittellä tietty tietosisältö IFC-tiedostolle. Yleensä IFC:n tietosisältö on jo valmiiksi määritelty yleisesti käytettävien mitoitus tietojen mukaan, mutta tätä voidaan kuitenkin muokata vapaasti käyttäjän vaatimusten mukaisesti. Tietosisällön määrittelyn jälkeen asetukset voidaan tallentaa eri profiileiksi, joista käyttäjä voi valita haluamansa.

Kuvissa 10–15 on käyty kohta kohdalta läpi IFC export -toiminnon asetusten määrittely. MagiCAD HPV:n Property set manager käynnistetään General-kentästä. IFC-tietosisällön määrittely on esitetty kuvassa 10. Esimerkissä muokataan MagiCADin tuloilmalaitteen IFC-tietosisältöä. Käyttäjä voi siis vapaasti muokata valitusta kohteesta esitettävää tietoa.



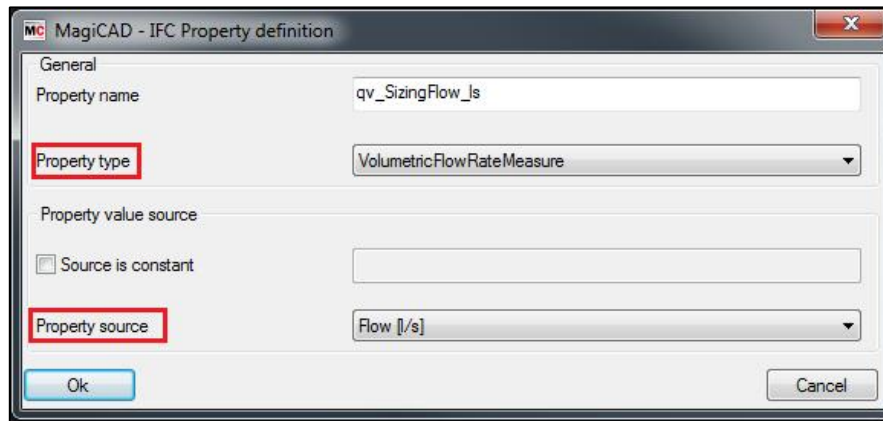
Kuva 10. MagiCAD HPV:n Property set manager -tietokenttä.

Kuvassa 11 ilmanvaihtokanavien muokkauksesta valitaan aktiiviseksi tuloilmalimet, jolloin tietopalkkiin tulee näkyviin kaikki IFC-tiedoston tuloilmalimeen liitettävät tiedot. Kuvassa muokataan esimerkin vuoksi virtaaman property-tietoja.



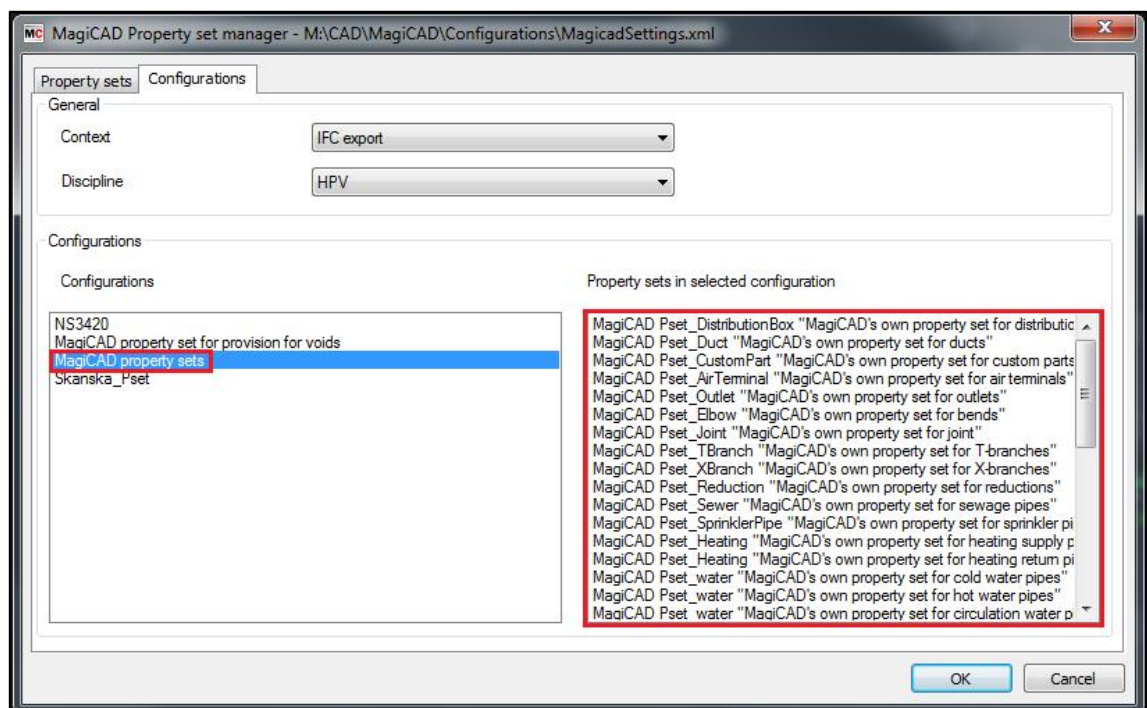
Kuva 11. Tuloilmaelimen IFC-tilatietojen tietosisältö.

Tuloilmaelimen virtaama tietoon voidaan määrittellä Property type eli ominaisuustyyppi ja Property source eli ominaisuuden lähde. Ominaisuustyyppin valintaan on valittu nyt VolumetricFlowRateMeasure, joka tarkoittaa kanavaosan virtaamaa. Tämä on tietosisältöasetus MagiCADille, jonka avulla se hakee ilmanvaihtokanavien mitoituksesta saatavan virtaama tiedon pääte-elimelle. Ominaisuuden lähteestä valitaan attribuutin nimi, joka näkyy pääte-elimien part properties -ikkunassa.



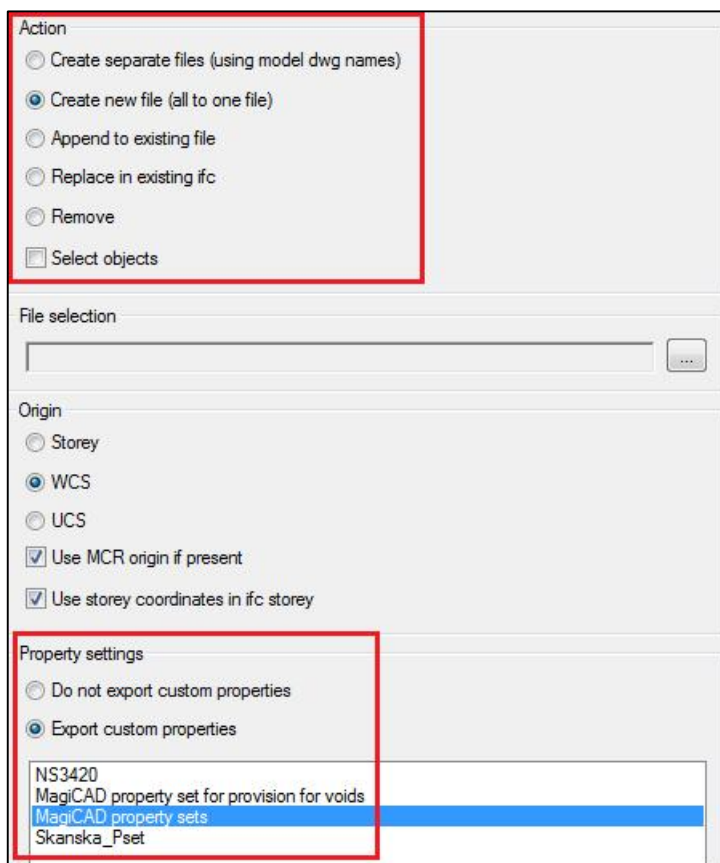
Kuva 12. IFC:n pääte-elimien virtaamaominaisuuden määrittelyt.

Luotuaan oman IFC-tietosisältöpakettin käyttäjä näkee, mitä property-tietoja IFC-tiedostoon sisällytetään. Kuvassa 13 on lista asetusprofiilin sisältämistä tietoattribuuteista.



Kuva 13. MagiCADin IFC-asetusprofiilin tietolista.

Kun haluttu IFC-profiili on luotu, voidaan IFC export-toiminnosta valita tarvittava profiili, jonka mukaan MagiCAD luo IFC-tiedoston suunnittelumalleista.



Kuva 14. IFC export -toiminnon eri profiilivalinnat, jonka tietosisällön mukaan IFC-tiedosto tuotetaan.

Näin käyttäjä on saanut luotua IFC-tiedonsiirtostandardin mukaisen tietomallitiedoston MagiCAD HPV -ohjelmalla, jonka hän voi avata yhteensopivilla katselu- tai laiteluettelohjelmilla. IFC-tiedoston voi myös avata toisella CAD-perusteisella suunnitteluohjelmalla ja jatkaa tiedoston muokkaamista.

Liitessä 2 on kuvattu Granlundin käyttämä excel-taulukko, joka on perustana tilatietojen määrittelyssä Property set managerin avulla IFC-tiedostoon. Näitä tilatietosisältöjä pidetään samoina projektista riippumatta. Eri suunnittelutoimistojen välillä voi kuitenkin olla eroja IFC-profiilien määrittelyssä, sillä jokainen on luonut omien vaatimustensa mukaisen IFC-tietosisällön.

5 Tutkimuksen lähtökohdat

Tässä osiossa keskityn Granlundilla kehitetyn RAISU-laitetietokannan jatkokehittämisen ideointiin. Tutkittavina asioina Granlundin toiveesta RAISUa varten ovat työmaa-aikaisen käytön laitehyväksyntöjen tekeminen järjestelmän kautta, tietokannan hyödyntäminen käytönaikaisissa huoltokirjoissa, revisioiden hallinta hankkeen aikana ja tarpeenmukainen tiedonsiirto eri osapuolten välillä laitetietokannan kautta.

5.1 Tietomallinnus Granlundilla

Kaikki Granlundin LVI-osastolla tehtävistä suunnittelukohteista mallinnetaan tietomalliperusteisesti asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Tietomallintamiseen käytetään Progran Oy:n kehittämää MagiCAD-ohjelmaa, josta voidaan tuottaa IFC-malleja eri tarkasteluohjelmilla visualisoitavaksi. Ohjelmaan on kytketty laaja valikoima eri tuotevalmistajien tuotteita, mikä mahdollistaa todelliset verkostojen mitoitus ja tilatietojen täytön. Yhdistelmämallien tarkasteluohjelmina Granlundilla käytetään NavisWorks Simulate -ohjelmaa ja suomalaisen Solibri Oy:n Solibri Model Checker -ohjelmaa.

Ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon käytetään IFC-tiedonsiirtostandardia. Nykyisin käytössä on versio IFC 2x3, vaikka sen seuraaja IFC 4 on jo julkaistu.

5.2 Laitetietokanta RAISU

Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa syntyvä tieto ei saa hävitä missään projektin siirtymävaiheessa, vaan sen tulee lisääntyä. Granlund on kehittänyt tietomallinustaan koko talotekniikan kattavaa PLM-järjestelmää kohti ottamalla käyttöön SQL-pohjaisen suunnittelujärjestelmän nimeltä RAISU. RAISU tulee olemaan markkinoilla myytävä tuote; nyt sitä kuitenkin testataan vielä sisäisesti. (14.)

RAISU (rakennusten integroitu suunnitteluohjelma) on laitetietokantaohjelma, jolla voidaan esittää talotekniset kaaviot ja laiteluettelot (liite 3). Raisu toimii selainympäristössä, mikä mahdollistaa projektin muidenkin osapuolien suoran tiedon syöttämisen talotekniseen laitetietokantaan. RAISU tukee tietomallipohjaista suunnittelua, sillä siihen

voidaan suoraan IFC-mallista yhdistää laitetietokanta, toimintakaaviot, palvelualuekartat sekä kohteen talotekninen tietomalli. (15.)

Ohjelmistolla voidaan hallita historia- ja muutostietoja uudella tavalla, mikä luo pohjan PLM-tiedon käsittelylle. Tietokannan sisältämillä kaaviomalleilla suunnittelija pystyy luomaan järjestelmäratkaisuja aiempaa helpommin. Suunnittelutietoja on myös tarkoitus pystyä täyttämään työmaalta käsin samaan tietokantaan järjestelmähyväksyntöjen kautta. Esimerkiksi voidaan tarkastella työmaalla mitattujen tilakohtaisten ilmavirtojen tai jäähdytystehon toteutumista tilaan simuloituilla arvoilla. (14; 16.)

5.3 RAISUn tavoite

RAISU on avainasemassa IPD-pohjaisessa projektissa. Se helpottaa projektin seuranta, kun kaikki kohteen laitetiedot kerätään samaan tietokantaan. Myös valituista komponenteista pystytään saaman vuokaavio, josta näkee visuaalisesti laitteen mitoitusarvot. Tilojen tilatietoja voidaan myös määrittellä, ja ne tallentuvat historiatiedon hallintaan. Näin voidaan vertailla tilanteita eri roolien ja vanhojen laitevalintojen välillä. Myös eri osapuolet pääsevät vaikuttamaan laitemuutoksiin, jolloin eri osapuolten välinen yhteistyö kanssa on helpompaa. Laitehyväksynät voidaan suorittaa RAISUn laitetietokannassa www-sivujen kautta antamalla rajatut oikeudet urakoitsijalle. Myöhemmin voi olla mahdollista hyväksyttää myös massalistat RAISUn kautta.

Kun talotekniset IFC-mallit siirretään RAISUn tietokantaan, pitää tehdä toimiva linkitys, joka perustuu laitteiden tietosisältöön. Laitetiedot on tarkoitus linkittää GUID eli Globally Unique Identifier -menetelmällä, joka antaa jokaisella laitteelle oman referenssinumeron, jonka avulla objektit saadaan tunnistettua IFC-mallista. Objektien linkityksen avulla tietokantaa voidaan päivittää automaattisesti, eikä tietokantaa tarvitse käsin täyttää. Toisaalta GUID-linkityksessäkin on oma ongelmansa, sillä kun natiiviohjelmassa suunnittelija poistaa tietyn laitteen ja korvaa sen uudella, niin IFC määrittelee sille uuden GUID-referenssinumeron. Tämä voi vaikeuttaa revisiomuutosten hallintaa, kun tuotetaan muutoslistoja revisioiden vaihtuessa. Voi tulla väärinkäsityksiä esimerkiksi siitä, että tuloilmaelin on poistettu mallista ja on lisätty uusi laite toiseen paikkaan, vaikka sama tuloilmaelin on vain piirretty uudestaan. Tästä syystä on hyvä olla myös muita linkitystapoja laitteita varten, kuten huonenumeroon tai laitekoodiin perustuvia linkityksiä. RAISUn tietokanta onkin kehitetty paljon laajemmaksi kuin esimerkiksi perinteinen

excel-pohjainen laiteluettelo, se kertoo laitteiden mitoitus tietojen lisäksi sijaintitiedot: kerrosnumeron, tilanumeron, järjestelmäkoodin ja xyz-koordinaatit. Sijaintitiedot saadaan määritettyä jokaiselle laitteelle MagiCADin Room -työkalulla. Roomilla mallinetaan ensin kaikki rakennuksen tilat käyttämällä jokaiselle huoneelle omaa positiotunnusta, mikä näkyy myöhemmin tilaan mallinnetussa laitteen Part Properties Room Infossa. Roomin pohjalta luodaan myös eri järjestelmien palvelualuekaaviot. Näin laitetietokanta pystyy jaottelemaan eri järjestelmät tilaposition ja järjestelmän mukaan. Tällä hetkellä huoneiden tilat määritellään MagiRoomin avulla, mutta tulevaisuudessa tilapositioniot voidaan saada suoraan arkkitehdin IFC-mallista.

Kun LVI-mallit on siirretty laitetietokantaan IFC-tiedonsiirrolla, voidaan esimerkiksi ilmanvaihdon päätelaitteille antaa suoraan mitatut ilmavirrat ja säädetyt painetasot. RAISU vertaa työmaalla urakoitsijan mittaamia arvoja säätöpöytäkirjasta suunnitteluohjelman mitoittamiin matemaattisiin arvoihin ja ilmoittaa mahdollisista poikkeamista. Tämän avulla myös tilaaja pystyy seuraamaan verkoston toimivuutta käytännössä. Myös suunnittelija näkee tietokannassa ilmanvaihtokoneen todellisen ilmavirran ja voi päivittää energialaskelmiaan sen perusteella.

Perinteiseen laitetietokantaan verrattuna RAISU mahdollistaa täysin uudenlaisen tavan työskennellä urakoitsijan kanssa. Käyttäjät voivat helposti verrata suunnittelutavoitteita, -tietoja sekä urakoitsijan tietoja ja mitattuja tietoja. Laitteen tietosisältöhistorian avulla voidaan tehdä laitehyväksynät koska tahansa. Myös ylläpito pystyy hyödyntämään www-pohjaista RAISUa, jossa on valmiiksi yhdistettynä kohteen tietokannat ja vuokaa- viot. Tietokannan laskelmien optimointi ja tulosten laskeminen vie enemmän aikaa, mutta näin saavutetaan haluttu lopputulos varmalla tavalla. Tästä hyötyy eniten tilaaja, sillä hän saa luotettavan ja vaatimustensa mukaisen lopputuloksen.

5.4 Raisun kehitysehdotukset

Tässä osiossa keskityn ideoimaan RAISUa varten oleellisia parannuksia nykyiseen laiteluettelo-ohjelmaan verrattuna. Näiden parannuksien kautta voidaan vaikuttaa hankkeen aikaiseen tiedonhallintaan ja tiedonsiirtoon laiteluettelon kautta eri osapuolten kesken. RAISU on ensisijaisesti kohdistettu parantamaan hankkeen aikana tapahtuvia laitevalintoja, jotka usein tuottavat päänvaivaa suunnittelijan ja rakennuttajan välil-

lä. Myös revisioiden ja muutosluetteloiden hallintaa pyritään parantamaan, sekä tarvittavien tulosteiden tekemistä helpottamaan.

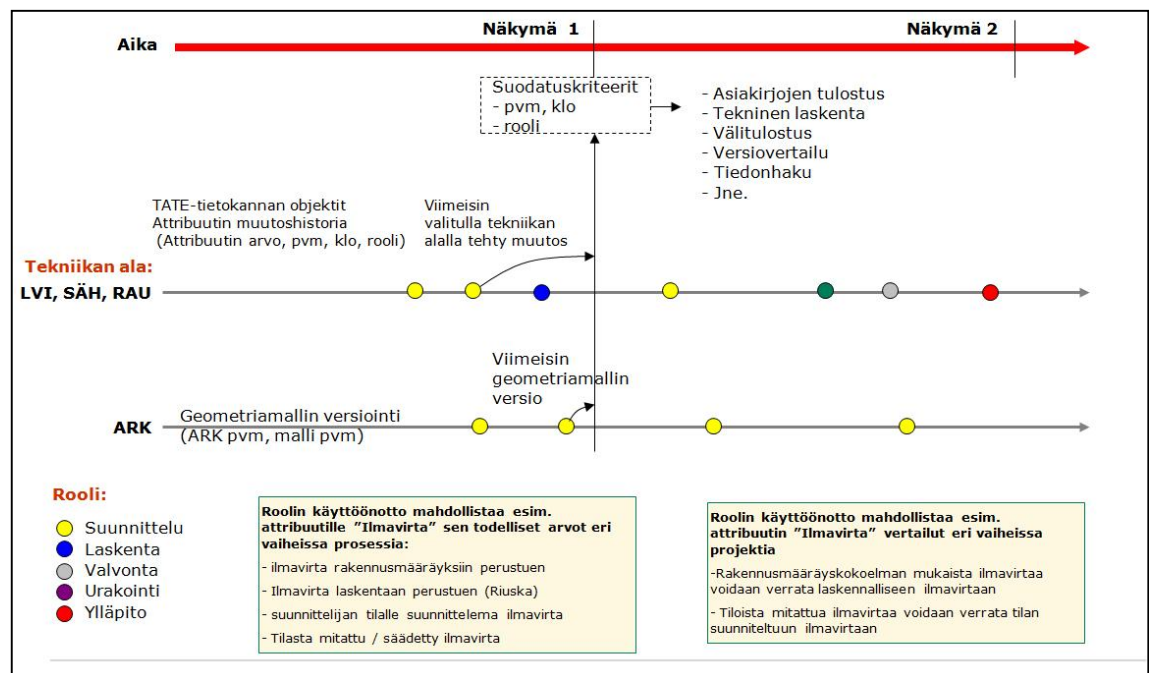
5.4.1 Työmaa-aikaiset laitehyväksynät

Suunnitteluprosessin edetessä rakennuttaja yleensä ehdottaa tiettyä yritystä ja laite-toimittajaa, jolta osa taloteknisistä laitteista tilataan. Tilaajan ja pääsuunnittelijoiden kesken päätetään, hyväksytäänkö rakennuttajan ehdottama laitevalmistaja. Tämän jälkeen urakoitsija ehdottaa tiettyä laitevalintaa suunnittelijan hyväksyttäväksi tämän antamien mitoitusvaatimusten perusteella. RAISUn kautta suunnittelijalle tulee valinta, mistä hän voi joko hyväksyä tai olla hyväksymättä tiettyä laitevalintaa. Jos rakennuttajan ehdottamaa laitevalintaa ei hyväksytä, hän joutuu ehdottamaan uutta laitevalintaa suunnittelijan antamien perusteluiden mukaisesti. Tämä RAISUn kautta tapahtuva käytäntö helpottaa rakennuttajan ja suunnittelijan välistä työskentelyä, eikä hyväksymättömiä laitevalintoja enää tapahdu. Tämä säästää aikaa ja rahaa, sillä usein rakennuttaja tekee laitevalinnat ilman suunnittelijan hyväksyntää, minkä seurauksena voi syntyä ristiriitoja ja suunnitelma-aikataulusta myöhästymisiä. Menetelmän kautta saadaan mitoitusta vastaavat laitteet järjestelmiin, ja ne toimivat todennäköisesti luotettavammin ja tehokkaammin kuin rakennuttajan itse tekemät rahaa säästävät laitevalinnat ja ratkaisut. Kuvassa 15 on esitetty, kuinka esimerkiksi ilmapirran mitoitusarvoa voidaan verrata eri lähteistä saatuihin arvoihin kuten rakentamismääräyksiin, Riuskan olosuhdelaskennan mukaisiin, suunnittelijan suunnittelemiin ja työmaalla mitattuihin arvoihin.

5.4.2 Revisiohallinta RAISUn avulla

Hankkeen suunnitelmien muuttuessa, joudutaan mallit merkitsemään eri revisiomerkinnoin, joiden avulla voidaan nähdä, mikä on viimeisin voimassaoleva suunnitelma. Revisiomuutosten hallinta voi osoittautua vaikeaksi, jos ei tiedetä, mitä kaikkea on muutettu uusimmassa suunnitelmassa. Tällä hetkellä Granlundilla kirjataan manuaalisesti kaikki muutoksen muutoslehteen, joka tulostuu jälkeenpäin muutosasiakirjana. Asiakirjan täyttö vie kuitenkin kohtuuttomasti työaikaa, jos sitä ei ylläpidetä jokaisen muutoksen yhteydessä. Tähän ongelmaan RAISU tarjoaa ratkaisun tallentamalla jokaisen laitteen laitetietojen muutokset muistiin. Näin revisioiden muuttuessa voidaan suoraan verrata, mitä suunnitelmista on muutettu ja mitä on tullut lisää. Tämä helpottaa etenkin lisä- ja muutostyölaskituksen tekemistä revisioiden vaihtuessa. Muuttuneet laitetiedot on tar-

koitus jäljittää GUID-referenssinumeron avulla automaattisesti. Myös jokaisen laitteen attribuuttimuutokset on tarkoitus tallentaa muistiin, jotta voidaan paremmin hallita urakoitsijan ja suunnittelijan tekemiä muutoksia. Attribuuttimuutokset tallentuvat muistiin projektin eri vaiheista, ja niitä voidaan verrata esimerkiksi ilmavirtojen osalta rakentamismääräyskokoelman ja laskennallisen arvon välillä ja tiloista mitattua ilmavirtaa voidaan verrata tilaan suunniteltuun ilmavirtaan. Näiden historiatietojen avulla pyritään helpottamaan tehokkaimman ja parhaimman ratkaisun saavuttamista. Kuvassa 15 on havainnollistettu, kuinka syötettyjä attribuutteja voidaan verrata keskenään projektin edetessä.



Kuva 15. Laitetiedon historiahallintaperiaate RAISUssa. (7).

6 Tiedonsiirron tulevaisuus ja nykytilanne

6.1 Integroitu suunnitteluprosessi

IPD:n eli Integrated Project Delivery päämääränä on integroida ihmiset, järjestelmät, toimintamallit ja toimintatavat sujuvaan yhteistyöhön. Tätä periaatetta on lähdetty kehittämään rakennusalan heikon tuottavuuden takia. Kaikki projektin osapuolet allekirjoittavat yhteisen sopimuksen, jolloin projektikustannukset tai -katteet jaetaan ryhmän

kesken. Ainutlaatuista tässä on, että riskit voidaan jakaa eikä korvauksia ole sidottu yhden osapuolen suorituskykyyn, vaan koko ryhmän tulokseen. Integroidulla projektin toimituksella voidaan optimoida projektin tuloksia ja näin kasvattaa sen arvoa omistajalle sekä vähentää turhan työn määrää. (17, s. 2.)

Integroidut projektiryhmät osoittavat huomattavasti parempia tuloksia kuin hajautettu urakaluontoinen hanke. Integroimalla hankkeen eri osapuolet työskentelemään yhdessä saadaan koko ryhmä keskittymään hankkeen yhteiseen edun mukaisuuteen. Integroidusta projektin toimituksesta on tulossa tehokas projektin toimitusmuoto rakennusteollisuudessa, mikä tukee rakennuksen tietomallintamista. Rakennusteollisuudessa eletäänkin nyt siirtymävaihetta, jossa projektin toimitustapa kehittyy, jolloin voidaan paremmin hyödyntää kokonaisvaltaista tietomallinnusta. Tietomallinnusta tukemaan voidaan kehittää BEP eli BIM Execution Plan. BIM-toteutus suunnitelma pitäisi tehdä heti projektin alussa tiedon jakamista varten. Suunnitelma määrittelee käyttötarkoitukset rakennuksen tietomallille, esimerkiksi hyödynnetäänkö tietomallia määrälaskennassa, kustannuslaskennassa tai materiaalierittelyssä. (17, s. 3.)

Ryhmän käyttäytyminen on elintärkeää integroidussa projektin toimituksessa. Kaikkien on oltava halukkaita osallistumaan ja työskentelemään yhtenäisenä joukkueena. Luottamus on tärkeää vahvalle ryhmälle, ja se pitäisi saada aikaan heti projektin alussa. Myös vaivaton kommunikointi on tärkeää; tätä varten voidaan kehittää erilaisia raportointimekanismeja. (17, s. 16.)

Vaikein haaste integroidun projektin toimituksessa on uudenlaisen vastuunjaon käyttöönotto perinteisten toteutustapojen tilalle. Vastuut ja edut jaetaan koko projektinryhmän kesken. Vastuunjaon tarkoituksena on saada osapuolet yhteisvoimin tavoittelemaan hankkeelle asetettuja tavoitteita. Vastuu tulee jakaa kuitenkin oikeudenmukaisesti, sillä toiminnan tulee kannustaa yhteistyöhön, tukemiseen ja tehokkuuteen. Tarkkojen vastuualueiden määrittely onkin integroidun projektin perusedellytys.

Integroitu projekti toimii tehokkaasti vain silloin, kun sen tavoitteet ja vastuualueet on määriteltä hyvin ja työ on koordinoitua. Perinteisessä suunnitteluprosessissa suunnittelijat tekevät suunnittelunsa yksin ja jakavat tietoa pyydettyä vain maksajalle. Tällöin kommunikoidaan vain piirustusten kautta, kun taas integroidussa projektissa tietoa jaetaan tietomallipohjaisesti. Integroidussa tietomallisuunnittelussa sopimukset kannustavat yhteistyöhön ja tukevat avointa tiedonsiirtoa, kun taas perinteisessä suunnittelussa

sopimukset kohdistuvat yksittäisiin henkilöihin. Riskit integroidussa suunnitteluprosessissa jaetaan tarkoituksella osapuolten kesken, ja niitä on helpompi hallita organisoimnin parantuessa. (2, s. 2.) Kuvassa 16 on esitetty keskeisimpiä eroja perinteisen ja integroidun suunnittelun välillä.

Perinteinen suunnittelu	Mallintava integroitu suunnittelu
Tiimit <ul style="list-style-type: none"> • hajautuneita • perinteiseen hankeosapuolijakoon keskittyneitä • tottuneet toimittamaan ainoastaan pyydettyä tietoa (toimivat "pienimmän vaivan" periaattella) • painottavat toiminnassa osapuolten välistä työnjakoa • hierarkisesti johdettuja • perustuvat eriytyneeseen ammattitaitoon 	<ul style="list-style-type: none"> • aikaisempien hankkeiden perusteella muodostuneita • muodostetaan hankkeen keskeisistä toimijoista ja osaajista • toimittavat tarvittavaa tietoa oikea-aikaisesti • painottavat toiminnassa yhteistyökykyä • parhaiden käytössä olevien kykyjen perusteella avoimesti johdettuja • perustuvat eri osapuolten osaamisen yhdistämiseen
Prosessit <ul style="list-style-type: none"> • vaiheittaisia, erillisiä, eriytyneitä • tietoa "hamstrataan" ja se kootaan viime hetkellä • tietoa jaetaan vain pyytäjälle (maksajalle) ja vain pyydettyä 	<ul style="list-style-type: none"> • samanaikaisia, päällekkäisiä, monitasoisia • tiedon kokoamisessa ennakoidaan tulevia hankevaiheita • tietoa jaetaan avoimesti ja vapaasti tiedon tarvisijoille
Riskit <ul style="list-style-type: none"> • kohdistuvat yksittäisiin osapuoliin 	<ul style="list-style-type: none"> • kohdistuvat kaikkiin osapuoliin ja jaetaan tarkoituksenmukaisesti • pienenevät hankkeen hallittavuuden parantuessa
Hyödyt ja voitot <ul style="list-style-type: none"> • mahdollisimman paljon hyötyä itselle mahdollisimman pienellä vaivalla • toiminta perustuu yleensä nopeimmin saavutettaviin voittoihin 	<ul style="list-style-type: none"> • mallintaminen hyödyttää kaikkia hankeosapuolia • suurimmat hyödyt koituvat hankkeen omistajalle ja keskeisille toimijoille • toiminta on arvoperusteista
Kommunikaatio <ul style="list-style-type: none"> • piirustus pohjainen 	<ul style="list-style-type: none"> • tietomallipohjainen (3-, 4-, 5-ulotteinen)
Sopimukset <ul style="list-style-type: none"> • kannustavat yksipuoliseen toimintaan • pyrkivät kohdentamaan riskejä 	<ul style="list-style-type: none"> • kannustavat yhteistyöhön • edistävät ja tukevat avointa tiedonjakoa

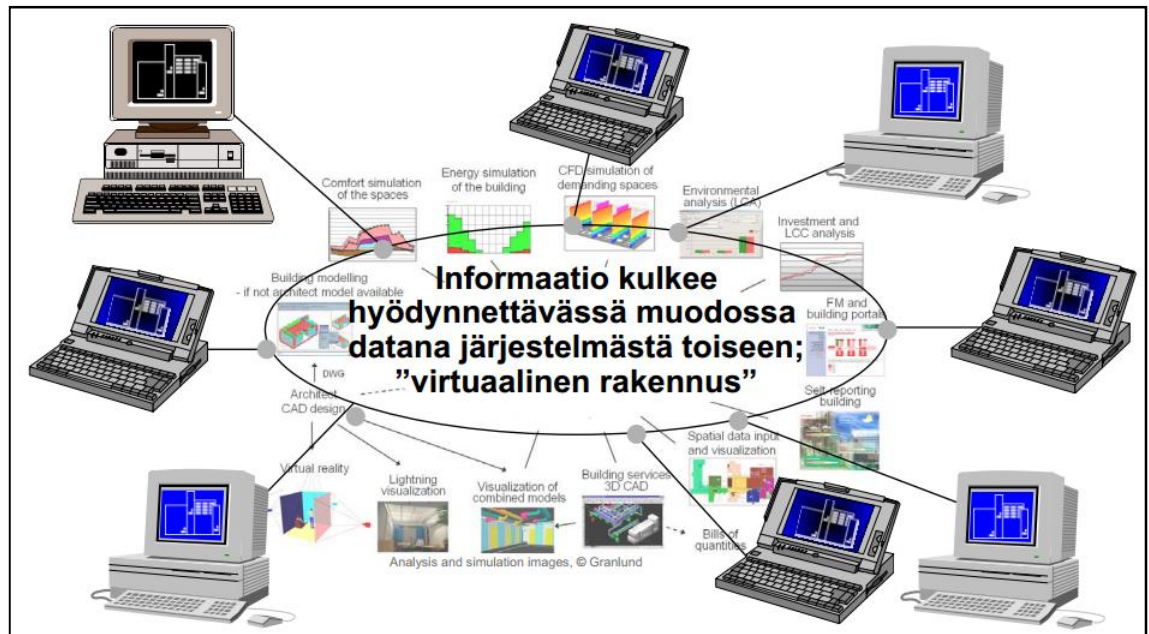
Kuva 16. Perinteisen rakennushankkeen ja tietomallihankkeen eroja (2, s. 2).

6.2 Tietomallipalvelin

Perinteisessä rakennushankkeessa rakennuttaja järjestää hankeasiakirjojen säilytystä varten erillisen projektipankin. Projektipankeissa säilytetään mallitiedostot, piirustukset, muistiot, selostukset ynnä muut asiakirjat. Täysipohjaisen tietomallisuunnittelun kannalta projektipankit ovat kuitenkin tiedonsiirron kannalta hankalia. Mallien lataaminen projektipankkiin vie ylimääräistä työaikaa, kun mallien tietosisältö joudutaan täyttämään manuaalisesti.

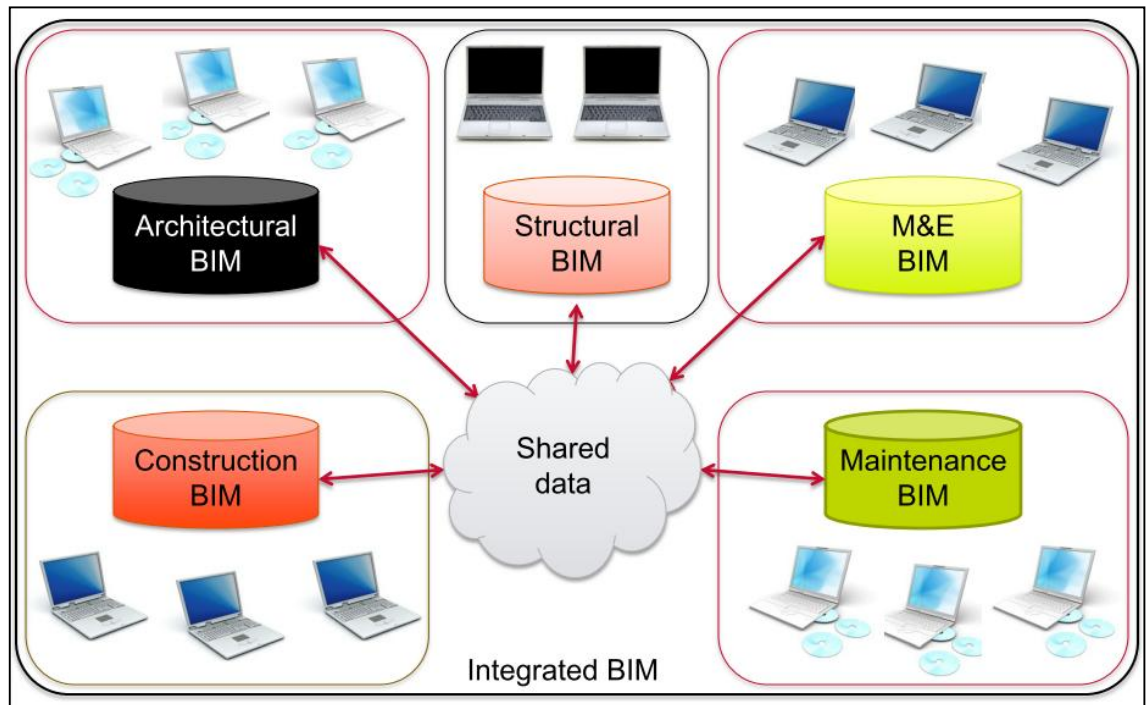
Tietomallin ideaalinen muoto on tietomallipalvelin, joka sisältäisi kaiken tietomalliin liittyvän tiedon natiivimuodossa. Se on siis tietokanta, joka sijaitsee erillisellä serverillä, johon hankkeen kaikilla osapuolilla on ennalta määrätty oikeudet tehdä muutoksia.

Käyttäjät pystyvät lataamaan tietoja palvelimesta ja lähettämään tietoja palvelimeen. Tietomallipalvelinten tarkoitus on tarjota tukea yhteistyölle rakennuksen mallinnuksessa, mutta se voi myös parantaa projektin koordinoitua, projektin elinkaarihallintaa ja käyttäjien tietojen hallintaa. (6, s. 14.) Kuvassa 17 on esitetty, kuinka tietoa siirretään osapuolelta toiselle tietomallipalvelimen kautta.



Kuva 17. Integroitu tietomalliprosessi (12, s. 21).

Edellä esitetyn tietomallipalvelimen tiedonsiirtotapa onkin muodostunut suurimmalle osalle yleiseksi harhaluuloksi. Tietomallipalvelimen sisältämää tietoa ei koota yhdeksi suuressi tiedostokokonaisuudeksi. Tiedostoja on järkevämpi ja nopeampi hallita kerros- ja järjestelmäkohtaisesti, jokaisen eri osapuolen tarpeiden mukaisesti. Kuvasta 18 nähdään, kuinka jokainen osapuoli ylläpitää oman alansa BIM-järjestelmämallia ja jakaa siitä tarpeellisen muuta osapuolia koskevan tiedon. Kuva havainnollistaa paremmin sen, että vain tarpeellinen tieto jaetaan osapuolten kesken, ja esimerkiksi rakennesuunnittelija työskentelee yhdessä omaa malliaan ja jakavat siitä vain tarpeellisen osan yhteiseen projektipankkiin.



Kuva 18. Integroidun tietomallin toiminta käyttökohtaisen tiedon perusteella (18, s. 16).

Moni muukin CAD-ohjelma tarjoaa oman ratkaisunsa rakennusmallien jakamiseen. Esimerkiksi tietomalli sisältää sarjan linkattuja tiedostoja, mikä mahdollistaa monen käyttäjän työskentelyn samaan aikaan, mutta kutakin tiedostoa voi muokata vain yksi käyttäjä kerrallaan. Jotkin CAD-ohjelmat perustuvat yhteen tietokantaan, joka kattaa koko mallin. Näitä ohjelmia ovat ArchiCAD, Tekla Structures ja Autodesk Revit, jotka tukevat monen ihmisen samanaikaista työskentelyä. ArchiCAD Teamwork perustuu natiiviin ArchiCAD-mallin tiedostomuotoon. Teamwork-ominaisuus mahdollistaa sen, että monet eri jäsenet työstävät eri osia samasta tiedostosta. Jokainen jäsen varaa itselleen mallista tietyn osan, mitä hän työstää, ja muut ryhmän jäsenet näkevät tämän varauksen reaaliaikaisesti. Työryhmän hierarkiaa voi myös muokata ja voidaan määrittellä, mikä osa-alue kenellekin kuuluu. Ohjelmasta saa suoraan myös listan siitä, mitä muutoksia kukin käyttäjä on tehnyt, ja vanhat muutokset tallentuvat ohjelman muistiin.

Konkreettisesti ajateltuna tietomallipohjaisessa tiedonjakamisessa aletaan enemmän ja enemmän hyödyntää pilvipalvelimen tuomia mahdollisuuksia. Granlundillakin ollaan uudistamassa dokumenttienhallintaohjelmaa siirtämällä suunnittelutiedostot ulkoiselle serverille sen sijaan, että tieto säilöttäisiin yhtiön sisäverkon levyille. Toisin sanoen kaikki suunnitelmien natiivi- ja IFC-tiedostot ja dokumentit tullaan tulevaisuudessa tallentamaan pilvipalveluun. Tätä kautta myös projektin muut osapuolet pääsevät hel-

pommin hyödyntämään projektitiedostoja. Nyt kun myös RAISUn laitetietokanta toimii www-pohjaisesti, tiedon siirto ja täyttäminen yhteistyössä on vaivattomampaa.

6.3 Tietomallin kattavuus

Tietomallinnuksessa tulee muistaa, että se tehdään tilaajan ehtojen mukaisesti. Tilaaja siis määrittelee itse, kuinka tarkan ja kattavan mallin se haluaa kohteesta. Suunnittelijoiden tehtävänä on siis toimia tilaajan tietomallivaatimusten mukaisesti. Tilaajalta ei voida odottaa koko rakennuksen elinkaaren kattavaa täydellistä tietomallia, vaan tietomalliin täytetään vain ne osa-alueet, joista on sovittu. Toisaalta jos sopimusta varten kehitetään tarkkoja tietomallimääräyksiä, jotka kohteen tulee täyttää valmistuessaan, saadaan kattavampi tietokanta koko kohteesta.

Toistaiseksi tuotemallinnuksen laadusta sovitaan hankekohtaisesti. Tällöin tietomallivaatimuksia sovelletaan vain niihin osiin, jotka on päätetty tehdä rakennuksen tietomallin avulla. (5, s. 4.) Kun hanke pilkotaan urakkakohtaisiin osiin, on kokonaisvaltaisen tietomallin ylläpito vaikeaa. Tarvittaisiin uudenmallinen hankesopimuskäytäntö, joka sitouttaisi hankkeen osapuolet tekemään tiiviimpää yhteistyötä. Järvisen (7, s. 50) ehdottamassa mallissa korvattaisiin vanhat TATE95-ohjeeseen perustuvat tilauskäytännöt ja otettaisiin käyttöön amerikkalainen yhteistoimintamalli IPD, Integrated Project Delivery. Se on eräänlainen allianssimalli, jossa projektin eri osapuolet muodostavat yhteisen tavoitebudjetin hankkeelle. Tavoitehinnan ylittyessä tai alittuessa sopimuksen osapuolet saavat sopimuksenmukaiset katteet. TATE95-ohjeista on myös uudempi nykyaikaista tietomallinnusta tukeva sopimus pohja TATE12, jota tilaaja voi myös käyttää halutessaan.

6.4 Tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeessa

Työmailla tietomallien hyödyntäminen on edennyt vastahakoisesti, vaikka tietomallipohjaista suunnittelua tukevat ohjelmat otettiin Granlundilla käyttöön jo viime vuosikymmenen puolivälissä. Urakoitsijat toteuttavat tietomallin tarkkana kopiona, kun se on nykyajan tekniikalla tarkoitettu vain havainnollistamisen apuvälineeksi. Mittatarkan tietomallin luominen edellyttäisi tarkkaa geometriamallinnusta, jossa urakoitsijan tulisi olla myös

mukana. Mallia kannattaa kuitenkin hyödyntää kokonaisuuden ja vaikeiden risteilyjen selvittämiseksi. (19, s. 50.)

Tietomallianalyysit ja -simulaatiot koetaan hyväksi apuvälineiksi rakennushankkeissa. Ohjelmien yhteensopivuudessa on vielä ongelmia ja ohjelmien käytön osaaminen on vähäistä. Tilaajat eivät tiedä analyysisimulointien tarjoamista eduista ja tämän takia eivät vaadi niiden käyttöä. Myös tiedonsiirto koettiin vielä yhdeksi isoksi ongelmaksi. Tiedon siirtäminen käyttövaiheen järjestelmiin ja huoltokirjoihin on ollut jo ratkaistavissa. Tärkeintä olisi saada tieto kulkemaan suunnittelijoiden välillä projektin aikana vuorovaikutteisesti. Kun analyysien pohjana voidaan hyödyntää arkkitehtimallia, suunnitelmien väärintulkitseminen vähentyy. Ideaalitapauksessa tieto kerättäisiin tietomallipalvelimelle, jossa se olisi kaikkien toimijoiden hyödynnettävissä. Tietomallipalvelimia on testattu jo joissakin pilottiprojekteissa, mutta aika näyttää, kuinka niitä päästään tulevaisuudessa hyödyntämään. (20.)

Tietomalliin pohjautuvassa rakennushankkeessa arkkitehdin tuottamaa mallia pyritään soveltamaan mahdollisimman moneen eri tarkoitukseen. Tämä asettaa suuret vaatimukset tietomalliin sisältyvälle tiedolle ja laadulle. Yleispätevän mallin luominen on työläistä, jos sitä hyödynnetään muiden osa-alueiden tarpeisiin. Ongelma onkin, että nykyiset mallivaatimukset ja ohjeet eivät takaa tiedonsiirron onnistumista, koska niitä on vaikea soveltaa tapauskohtaiseen mallinnustarkkuuteen.

Eri analyysien tekoon tarvitaan tavallisesti murto-osa tietoa yleispätevästä mallista. Ongelmana onkin oikean tiedon suodatus isosta kokonaisuudesta yhtä analyysia varten. Toimivin tapa tällä hetkellä on ensin luoda tietynlainen malli arkkitehdin mallin pohjalta ja hyödyntää sitä tapauskohtaisesti tiettyyn analyysiin. Tässä arkkitehti, joka tuntee yleispätevän mallin, voi auttaa rajaamaan oikeanlaisen tietosisällön analyysin tekijälle, jolloin saadaan käyttökelpoista materiaalia analyysin tekijälle.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin tietomallin tiedonsiirtokelpoisuutta talotekniseen laitetietokantaan. Työn alussa kirjoitin tietomallintamisesta ja sen hyödyntämisestä rakennushankkeen aikana. Kirjoittamisen aikana opin hahmottamaan paremmin koko aihealueen, minkä seurauksena oli haastavaa rajata sisältö oikein. Työn aihealue olisi pitänyt

rajata tarkemmin alusta alkaen, sillä käsittelemistäni aiheista olisi riittänyt vielä lisää kirjoitettavaa. Vaativinta tämän ajan puitteissa oli löytää varteenotettavia kehitysehdotuksia RAISU laitetietokantaa varten ja sen sijaan käsittelin enemmänkin tietomalliprojektin aikaista tiedonhallintaa ja -siirtoa. Insinööriyön kehitysosuus jäi tämän takia kaipaaksi. Työtä voidaan hyödyntää selvitetessä eri tiedonsiirto- ja hallintatapoja tietomallihankkeen aikana ja sitä, miten tietosisältöä ja positiotunnuksia on syytä käyttää tietomallihankkeessa.

Insinööriyön tärkeimpiä tuloksia olivat tieto siitä, kuinka tarkasti tulisi mallintaa kussakin hankkeen vaiheessa ja miten laiteluettelon hallinnalla voidaan tukea suunnitteluprosessia, miten tuotemallien tietosisältö siirtyy ja linkittyy IFC-tiedonsiirron avulla laitetietokantaan, miten tiedonsiirtoa tulisi kehittää eri osapuolten välillä ja mitä on vaivaton tiedonhallinta tietomallihankkeessa.

Tietomalliperusteinen suunnitteluprosessi on ajankohtainen aihealue rakennusalalla, eikä sen kehityssuunnasta voida olla varmoja. Suurimmat vaikuttajat kehityksen ohjaamiseen ovat yleiset tietomallivaatimukset ja muuttuvat hankesopimuskäytännöt. Suunnitteluohjelmistot mahdollistavat jo täysipohjaisen tietomallintamisen, mutta ihmisten asenteet ja toimintatavat eivät ole muuttuneet ohjelmistojen mukana. Hankkeen eri osapuolet ajavat omien etujensa mukaisia päätöksiä, sillä vain raha ratkaisee. Tietomallinnusta ei myöskään hyödynnetä täysimittaisesti, sillä hankkeet toteutetaan vanhojen sopimusehtojen mukaisesti. Niin kauan kuin hankkeet toteutetaan pieninä osaurakoina, ei kokonaisvaltaista rakennuksen elinkaaren kattavaa tietomallia pystytä luomaan. Yhdysvalloissa hankkeet tuotetaan integroidusti, ja hankkeen eri osapuolet työskentelevät yhdessä saman sopimusmallin alaisena. Näin hankkeen aikana saadaan luotua yhteistyössä kattava tietomalli, joka tukee hankkeen onnistumista ja tehokkuutta. Toisaalta pitää pohtia tietomallin tarpeellista tuottamista myös hankkeen kannattavuuden ja tilaajan ehtojen kannalta. Asia vaatii syvällisempää tutkimusta, mutta Suomessa olisi hyvä kokeilla tätä toimintatapaa pilottikohteiden yhteydessä.

Tietomallien tehokkaassa ja vaivattomassa tiedonsiirrossa on myös kehitettävää. IFC-tiedonsiirtostandardi on tukenut kehitystä hyvään suuntaan pakkaamalla suunnittelutiedostot helposti siirrettävään muotoon. Pieniin tiedostomuotoihin pakkaaminen tiedon häviämättä on tärkeä ominaisuus nykyisessä sopimuspohjassamme, jossa kukin suunnittelutiedosto tai -osuus ladataan erikseen projektipankkiin. Viime aikoina on otettu käyttöön pilvipalvelimia, johon suunnittelutiedostot tallennetaan oman sisäisen palve-

limen sijaan. Tämä mahdollistaa suunnittelutiedostojen helpomman jakamisen eri osapuolten kesken, eikä ratkaisu kuormita yritysten omaa sisäistä verkkoa turhaan. Ohjelmistokehityspuolella ArchiCAD- ja Autodesk Revit -ohjelmat tukevat monen suunnittelijan työskentelemistä samassa mallissa, samaan aikaan. Tätä ominaisuutta kaivattaisiin myös MagiCAD for AutoCADiin, jota käytetään Granlundissa, mutta Suomen tarpeet eivät vaikuta tarpeeksi maailmanmarkkinoilla.

Rakennusala tarvitsee suuria muutoksia tehokkuutensa parantamiseksi. Yksi suuri muutos tulisi olla tietomallinnukseen siirtyminen. Nykyteknologiamme mahdollistaa nyt jo tämän. Enää tarvitsemme vain asennetta, pitkäjänteisyyttä ja osaavia ihmisiä, jotta tietomallinnuksesta saadaan rakennushanketta parantava prosessi. (21.)

Lähteet

- 1 Laine, Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 12: Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Rakennustietosäätiö RTS.
- 3 IFC-tiedonsiirto. 2011. Verkkodokumentti. ArchiCAD. <<http://www.mad.fi/mad/tiedostot/pdf/kasikirja14/YS.IFC.pdf>>. Luettu 31.1.2012.
- 4 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4: Talotekniikkasuunnittelu. 2012. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Rakennustietosäätiö RTS.
- 5 Tietomallivaatimukset 2007. Osa 4: Talotekniikkasuunnittelu. 2007. Senaattikiinteistöt.
- 6 Lemponen, Mika. 2011. Tietomallin analyysit ja simulaatiot rakennushankkeessa. TTY - Arkkitehtuuri Osasto: Diplomityö.
- 7 Järvinen, Tero. 2013. Tietomallikoordinaattori. Granlund Oy, Malmi. Keskustelu ja referenssiaineisto. 15.2.2013.
- 8 Use of IFC Model Servers. 2008. Verkkodokumentti. Aalborg University, Aarhus School of Architecture. <<http://vbn.aau.dk/files/14804119/ReportIfcModelServer-Final.pdf>>. Luettu 13.2.2012.
- 9 Integrated Project Delivery For Public and Private Owners. 2010. Verkkodokumentti. National Association of State Facilities Administrators (NASFA). <<http://www.agc.org/galleries/projectd/IPD%20for%20Public%20and%20Private%20Owners.pdf>>. Luettu 11.2.2013.
- 10 IFC Support. 2012. Verkkodokumentti. Graphisoft <<http://www.graphisoft.com/support/ifc/>> Luettu 1.3.2012
- 11 Hamil, Stephen. 2011. What is COBie?. Verkkodokumentti. NBS. <<http://www.thenbs.com/topics/BIM/articles/whatIsCOBie.asp>>. Luettu 20.2.2012.
- 12 IFC on MagicAD. 2012. Verkkodokumentti. Progman Oy. <<http://www.magicad.com/en/content/ifc-magicad>>. 19.2.2013.
- 13 Revit for MEP Engineering. 2012. Verkkodokumentti. Autodesk, Inc. <<http://usa.autodesk.com/revit/mep-engineering-software/>>. Luettu 1.3.2013.

- 14 Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmät. 2012. Verkkosivut. Granlund Oy. <<http://www.granlund.fi/innovaatiot/uuden-sukupolven-suunnittelujarjestelmat/>>. Luettu 8.2.2012.
- 15 RAISU – uuden ajan suunnittelujärjestelmä pilottikäyttöön Granlundilla. 2012. Verkkosivut. Granlund Oy. <<http://www.granlund.fi/ajankohtaista/raisu-uuden-ajan-laitehallintajarjestelma-pilottikayttoon-granlundilla/>>. Luettu 8.2.2012.
- 16 RAISU. Verkkosivut. Granlund Oy. <<http://www.granlund.fi/ohjelmistot/raisu/>>. Luettu 7.2.2013.
- 17 Kiviniemi, Arto. 2005. Requirements Management Interface to Building Product Models. Stanford University: dissertation.
- 18 Kiviniemi, Arto. 2011. Drivers and Trends of Integrated BIM. Stanford University.
- 19 Valli, Matti. 2013. Suunnittelijat innoissaan, urakoitsijat epäilevät. Talotekniikka 1/2013, s. 48–50.
- 20 Suunnittelijat ovat melko tyytyväisiä tietomalleihin. 2011. Verkkodokumentti. Rakennuslehti <<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/23975.html>>. 10.2.2011. Luettu 13.2.2012.
- 21 Pientalo rakennuttaminen: tarveselvitys ja suunnittelu. 2012. Verkkosivut. Rakennustieto Oy. <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/kodinrakentaminen_remontointi/pienalonrakennuttaminenjasuunnittelu/tarveselvitysjasuunnittelu.html.stx>. Luettu 13.2.2013.

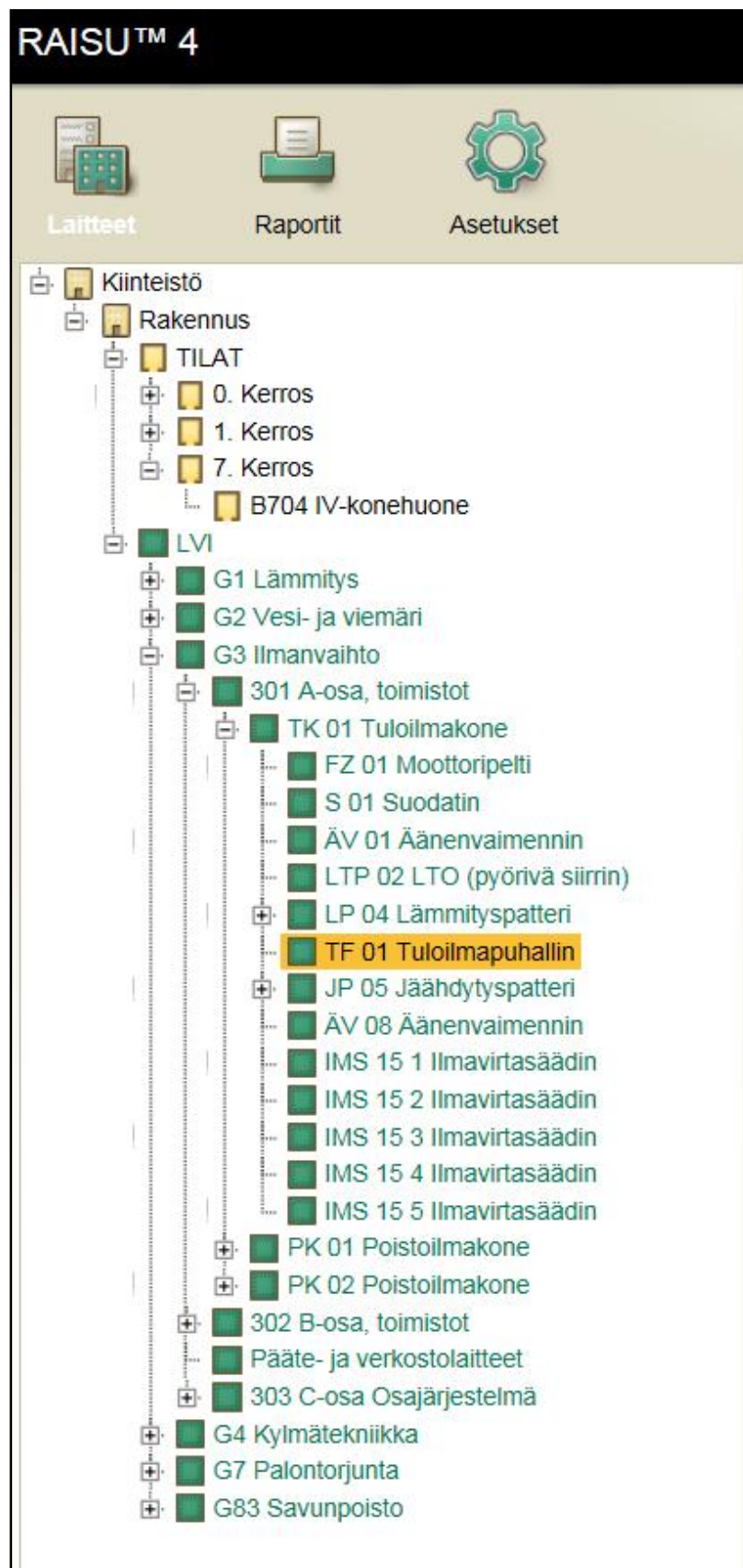
Ote COBiella tuotetusta taulukkonäkymästä

Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ComponentNames	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description
Circuit 1	jjohnston	2012-01-19T12:27:24	4A1 : Fittings and Fixtures and	TFT Monitor:TFT Monitor:TFT Monitor:211790	Autodesk	lfcProper	n/a	Small power circuit for Level
Circuit 1	jjohnston	2012-01-19T12:27:24	4A1 : Fittings and Fixtures and	TFT Monitor:TFT Monitor:TFT Monitor:211812	Autodesk	lfcProper	n/a	Small power circuit for Level
Circuit 1	jjohnston	2012-01-19T12:27:24	4A1 : Fittings and Fixtures and	Mirror:Mirror:Mirror:211825	Autodesk	lfcProper	n/a	Small power circuit for Level
Circuit 1	jjohnston	2012-01-19T12:27:24	4A1 : Fittings and Fixtures and	Mirror:Mirror:Mirror:211826	Autodesk	lfcProper	n/a	Small power circuit for Level
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2H1 : Internal Doors	Generic Int DD:1810 x 2110mm:1810 x 2110mm:211798				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2H1 : Internal Doors	Generic Int D Cell Door:790 x 2110mm 3:790 x 2110mm 3:211814				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2H1 : Internal Doors	Generic Int D Cell Door:790 x 2110mm 3:790 x 2110mm 3:211815				Internal fabric for Level 1
Plumbing 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	5C1 : Internal Drainage	Plumbing SVP 1:Plumbing SVP 1:Plumbing SVP 1:211824				Plumbing for Level 1
Plumbing 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	5A1 : Sanitaryware	WC Pan:510 x 510mm:510 x 510mm:211788				Plumbing for Level 1
Plumbing 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	5A1 : Sanitaryware	Wallgate ALS180 Basin:470w x 300d:470w x 300d:211813				Plumbing for Level 1
Plumbing 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	5A1 : Sanitaryware	WC Pan:510 x 510mm 2:510 x 510mm 2:211807				Plumbing for Level 1
Plumbing 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	5A1 : Sanitaryware	Wallgate ALS180 Basin:470w x 300d:470w x 300d:211808				Plumbing for Level 1
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Cell Bed family:Cell Bed family:Cell Bed family:211786				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Cell Desk:Desk Whitewood:Desk Whitewood:211787				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Cell Locker:Cell Locker:Cell Locker:211789				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Safer Seat:Safer Seat:Safer Seat:211791				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Safer Seat:Safer Seat:Safer Seat:211803				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Cell Bed family:Cell Bed family:Cell Bed family:211804				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Cell Desk:Desk Whitewood:Desk Whitewood:211805				FFE
FFE	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	4A1 : Fittings and Fixtures and	Cell Locker:Cell Locker:Cell Locker:211806				FFE
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211792				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211793				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211794				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211795				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211796				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211797				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 80mm:211799				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 80mm:211800				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 80mm:211801				Internal fabric for Level 1
Internal fabric 1	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2G1 : Internal Walls and Partit	Basic Wall:Generic Ext - 80mm:211802				Internal fabric for Level 1
External envelope	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2E1 : External Enclosing Walls	Basic Wall:Generic Ext - 340mm 2:211809				External envelope for Level 1
External envelope	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2E1 : External Enclosing Walls	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211829				External envelope for Level 1
External envelope	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2E1 : External Enclosing Walls	Basic Wall:Generic Ext - 150mm:211830				External envelope for Level 1
External envelope	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2F1 : External Windows	Safer Cell 7 Bay FF:1275x1200h:1275x1200h:211810				External envelope for Level 1
External envelope	nn@aec3	2012-01-20T10:01:14	2F1 : External Windows	Safer Cell 7 Bay FF:1275x1200h:1275x1200h:211811				External envelope for Level 1

Ote MagiCADin IFC Property set manageriin koodatuista tilatiedoista.

MagiCAD HEATING & PIPING VENTILATION ELECTRICAL ROOM		
IFC PROPERTY SETS		
MagiCAD Parts	Part in IFC	Exported Psets
Supply air terminal	IfcAirTerminalType	AirFlowrateRange/Pset_AirTerminalTypeCommon
Exhaust air terminal	IfcAirTerminalType	NeckArea/Pset_AirTerminalTypeCommon
Radiator	IfcSpaceHeaterType	OutputCapacity/Pset_SpaceHeaterTypeCommon
Elbow	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
Outlet	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
Joint part	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
N-branch	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
Reduction	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
Plug	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
X-branch	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
Y-branch	IfcDuctFittingType	NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctFittingTypeCommon NominalHeight/Pset_DuctFittingTypeCommon
Segments (ductwork)	IfcDuctSegmentType	Shape/Pset_DuctSegmentTypeCommon NominalDiameterOrWidth/Pset_DuctSegmentTypeCommon Length/Pset_DuctSegmentTypeCommon
Elbow	IfcPipeFittingType	NominalDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon OutDiameter, InnerDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon
Distribution box	IfcPipeFittingType	NominalDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon OutDiameter, InnerDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon
Outlet	IfcPipeFittingType	NominalDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon OutDiameter, InnerDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon
Joint part	IfcPipeFittingType	NominalDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon OutDiameter, InnerDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon
N-branch	IfcPipeFittingType	NominalDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon OutDiameter, InnerDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon
Reduction	IfcPipeFittingType	NominalDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon OutDiameter, InnerDiameter/Pset_PipeFittingTypeCommon

Ote RAISUn taulukkorakenteesta



1 (1)

Ote RAISUn attribuuttivalinnoista tuloilmapuhaltimen osalta

301 TF 01 Tuloilmapuhallin

Huomautukset

Attribuuttien käyttötavan valinta

Käyttötapa

Attribuutit

Nimi		Arvo	Tarkenne
Toimittaa		<input type="text" value="IU"/>	
Asentaa		<input type="text" value="IU"/>	
Sijainti		Valitse	
Käyttötarkoitus		<input type="text" value="301TK01"/>	
Malli (alustava)		<input type="text" value="GOLD RX (Swegon Oy)"/>	
Taajuusmuuttaja		<input type="text" value="Integroitu laitteeseen"/>	
Puhallintyyppi		<input type="text" value="Radiaali"/>	
Ilmavirta	m ³ /s	<input type="text" value="2,35"/>	
Kokonaishyötysuhde	%	<input type="text" value="49"/>	
Äänentehotaso	dB	<input type="text"/>	
Kokonaispaineenkorotus	Pa	<input type="text" value="305"/>	
Liitäntäteho/P (alustava)	kW	<input type="text" value="5,5"/>	

Näkymä Granlundin nykyisestä LVI-moduulista

The screenshot displays the Granlund LVI-moduuli 3.10.12 software interface. The title bar reads "LVI-moduuli 3.10.12 -Projektipäällikön käyttöoikeudet". The menu bar includes "Tiedosto", "Näytä", "Muokkaa", "Linkit", and "Ohje". The interface features the Granlund Software Design logo and a "Vaihe:" dropdown menu set to "Luonnossuunnittelu". Below this, there is a "Tulostuskieli:" dropdown set to "Suomi" and a "Muutos:" field. A "Tilietokanta:" field is also present.

The main area is titled "TILAT" and shows a hierarchical tree structure under the "TATE" project:

- TATE
 - Kiinteistö
 - Rakennus
 - LVI
 - G1 Lämmitys
 - G2 Vesi- ja viemäri
 - G3 Ilmanvaihto
 - 201 TK/PK
 - TK Tuloilmakone
 - S 01 Suodatin
 - LTP 02 LTO (pyörivä siirrin)
 - TF 01 Tuloilmapuhallin
 - LP 11 Lämmityspatteri
 - P 11 Pumppu
 - FV 11 Moottoriventtiili
 - PK Poistoilmakone
 - S 19 Suodatin
 - PF 01 Poistoilmapuhallin
 - PP 1 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 2 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 3 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 4 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 5 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 6 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 7 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 8 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 9 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 10 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 51 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 52 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 53 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 54 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 55 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 56 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 57 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - PP 58 Palopelti, sulakemalli mikrokytkimellä
 - 202 TK/PK
 - 203 TK/PK
 - 204 TK/PK
 - 205 TK/PK Tekn. tilat