

Tero Tammisto

Hankkeen LVI-tietomallin hyödyntäminen työvälineenä suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

03.10.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tero Tammisto Hankkeen LVI-tietomallin hyödyntäminen työvälineenä suunnittelussa 31 sivua + 1 liite 25.10.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaaja(t)	yliopettaja Juhani Eskelinen diplomi-insinööri Timo Svahn
<p>Tässä insinööriyössä selvitettiin tietomallintamista LVI-suunnittelun näkökulmasta suuremman tietomallinnuskohteen rakennushankkeen aikana. Työn tarkoituksena oli selvittää tietomallien roolia työvälineenä suunnittelutyössä rakennushankkeen aikana.</p> <p>Erytispaino tarkastelussa annettiin suunnitteluvaiheen aikaiselle tietomallin mahdollistamalle integraatiolle ja yhteistyölle, mutta myös rakentamisvaiheessa tapahtuvalle tietomallin hyödyntämiselle annettiin katsaus. Työhön sisältyy suunnittelijoiden ja muiden toimijoiden haastatteluita, joiden pohjalta saatiin laajempi näkemys tietomallien käytöstä.</p> <p>Tutustumalla alan kirjallisuuteen ja tekemällä haastatteluita selvisi, että tietomallinnusta ei hyödynnetä Suomessa täyspainoisesti tällä hetkellä. Käyttö on yleistynyt huomattavasti viime vuosina, mutta tietomalleja käytetään käytännössä vain törmäystarkasteluihin ja muut tietomallin ominaisuudet jätetään käytännössä huomiotta.</p> <p>Työhön sisältyy kokoelma ehdotuksia tietomallien laajempaa ja parempaa käyttöä varten. Kokoelma on yhdistelmä alan kirjallisuudesta poimittuja ideoita, sekä haastatteluissa tulleita käytännön kokemuksista otettu toimintatapoja.</p>	
Avainsanat	tietomallinnus, BIM, tuotemallinnus, 3D-suunnittelu, IFC

Author(s) Title Number of Pages Date	Tero Tammisto The use of building information model (BIM) as an asset in planning 31 pages + 1 appendix 25 October 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Juhani Eskelinen, Principal Lecturer Timo Svahn, M.Sc
<p>The purpose of this thesis was to examine the current state of BIM design in Finland. Special focus was given to HVAC design engineering during the design phase of a projects life cycle. A cursory glance was given to the use of BIM during the construction phase. The goal was to establish an understanding of what is going on in the field with BIM.</p> <p>The methods used were research and interviews. An overall view was established by interviewing engineers who have worked with various BIM projects. The interviews showed that BIM is currently not used in an optimal way in Finland. Of all the aspects of BIM design, collision control and product modeling are used the most.</p> <p>The thesis shows how BIM could be used much more in a design project. A list of improvement ideas was collected from selected academic works and the interviews. The ideas from interviews are more hands down and have more to do with the actual work process when dealing with BIM projects.</p>	
Keywords	BIM, 3D planning, IFC

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
2	Tietomallinnuksen peruskäsitteet	2
2.1	Mikä on tietomalli?	2
2.2	Tietomallin rakennusprosessiin tuomat muutokset	5
2.3	Ohjelmistot	6
2.3.1	Tiedonsiirtomallien ja IFC:n lyhyt versiohistoria	7
2.3.2	Mallinnustohjelmat	10
2.3.3	Tarkasteluohjelmat	13
2.4	Tietomallinnus suunnitteluprosessin osana	14
2.5	Eri suunnittelualojen yhteensovittaminen	16
3	Case-tapaukset	19
3.1	Manskun Rasti, Helsinki	19
3.1.1	Taustaa	19
3.1.2	Työn kulku	20
3.1.3	Haasteet ja opittua	20
3.2	Musiikkitalo	20
3.2.1	Taustaa	21
3.2.2	Työn kulku	22
3.2.3	Haasteet ja opittua	23
3.3	Logistiikkakeskus PTDC, Sipoo	24
3.3.1	Taustaa	24
3.3.2	Työn kulku	25
3.3.3	Haasteet ja opittua	25
3.4	TEM	26
3.4.1	Taustaa	26
3.4.2	Työn kulku	26
3.4.3	Haasteet ja opittua	27
4	Ajatuksia ja parannusehdotuksia tietomallin käytöstä	28
5	Yhteenveto	29

Lyhenteet

BIM	<i>Building Information Model</i> , rakennuksen tietomalli. Rakennuksen tietojen kokonaisuus kolmiulotteisena geometriamallina.
CAD	<i>Computer-aided Design</i> , tietokoneavusteinen suunnittelu. Laaja termi, joka pitää sisällään useita eri vaihtelevan laajuisia ohjelmistoperheitä sekä itse käsitteen.
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> , kansainvälinen oliopohjainen standardi, jota käytetään erityisesti rakennussuunnittelussa.
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> , kansainvälinen standardoimisorganisaatio. Sen suomalainen edustaja on Suomen Standardisoimisliitto SFS.
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> , sertifiointijärjestelmä joka mittaa rakennuksen ympäristöystävällisyyttä. Sen on kehittänyt U.S. Green Building Council.
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i> , englanninkielinen lyhenne, joka tulee sanoista mekaaninen (konetekniikka), sähkö ja putkisto. Eli siis rakenne- ja talotekniikkasuunnittelu.
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product model data</i> , teollinen standardi tuotetietojen ohjelmistoriippumattomuudesta. ISO-organisaation tunnus on ISO 10303.
TATE	Talotekniikka
YTV2012	<i>Yleiset Tietomallivaatimukset 2012</i> , suomalainen tietomallinnuksen käyttöä koskevan kehityshankkeen julkaisusarja.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tämä insinööriyö on tehty Metropolia AMK:lle, tilaajana on Pöyry Finland Oy:n Ota-niemen toimipiste. Ohjaajana Pöyryllä on DI Timo Svahn ja koululta yliopettaja Juhani Eskelinen.

Rakennusten tietomallinnus on TATE-suunnittelussa uusin kehitysaste. Jos ajatellaan suunnitteluvälineiden kehitystä lineaarisena ketjuna, niiden alkupisteenä voisi pitää kaksiotteisia paperipiirustuksia. Nämä sittemmin digitalisoituivat ja muuttuivat edelleen vielä geometriamalleiksi. Informaatiosisältö sinänsä ei kuitenkaan juurikaan lisääntynyt. Ainoastaan 2000-luvulla laajempaan käyttöön noussut tietomallinnus on aidosti lisännyt suunnitelmiin esitystapamuutoksen lisäksi myös oikeaa tietosisältöä.

2000-luvun alussa julkaistiin ProIT-kehityshanke. Tämän kehityshankkeen käynnisti Rakennusteollisuus RT ry. Tavoitteena oli kehittää kansallinen tuotemallipohjainen tiedonhallintatapa. Tällöin puhuttiin vielä tuotemallintamisesta tietomallintamisen sijaan. Suomalainen julkaisusarja YTV2012 on ensimmäisiä laajamittaisia kehityshankkeita tällä saralla. Tietomallinnuksen määrän rakennusalalla kasvaessa valtavasti, on joukko suomalaisia rakennusalan toimijoita tuottanut yhteistyötä helpottamaan toimintaohjeet.

Tietomallinnus on Suomessa pitkälle kehittynyttä kansainvälisellä mittarilla mitattuna. Yksittäisiä suosituksia on vuosien varrella tullut useitakin. Kaikki Suomessa julkaistut tietomallinnusohjeet ovat kaikenlaisiin ja kokosiin suunnittelukohteisiin sopivia, eikä Suomessa ole alettu tehdä eroa pieniin ja suurin tai yksinkertaisiin ja monimutkaisiin suunnittelukohteisiin. Suunnitteluohjeet ovat yleispäteviä.

1.2 Tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, mitä uusia ulottuvuuksia tietomallinnus tuo kokoluokaltaan Suomen mittakaavassa suureen rakennushankkeeseen talotekniikan osalta. Aluksi selvennetään yleisesti, mitä tietomallinnus on ja tutkitaan haastatteluiden kautta jo tehtyjä tietomallinnuskohteita. On mielenkiintoista saada selville, kuinka hyvin tätä

kaikkea tarjolla olevaa tietoa hyväksikäytetään ja onko tietoa ylipäänsä tarjolla niin paljon kuin tietomallinnuskohteen tittelin omaavassa rakennuskohteessa pitäisi olla.

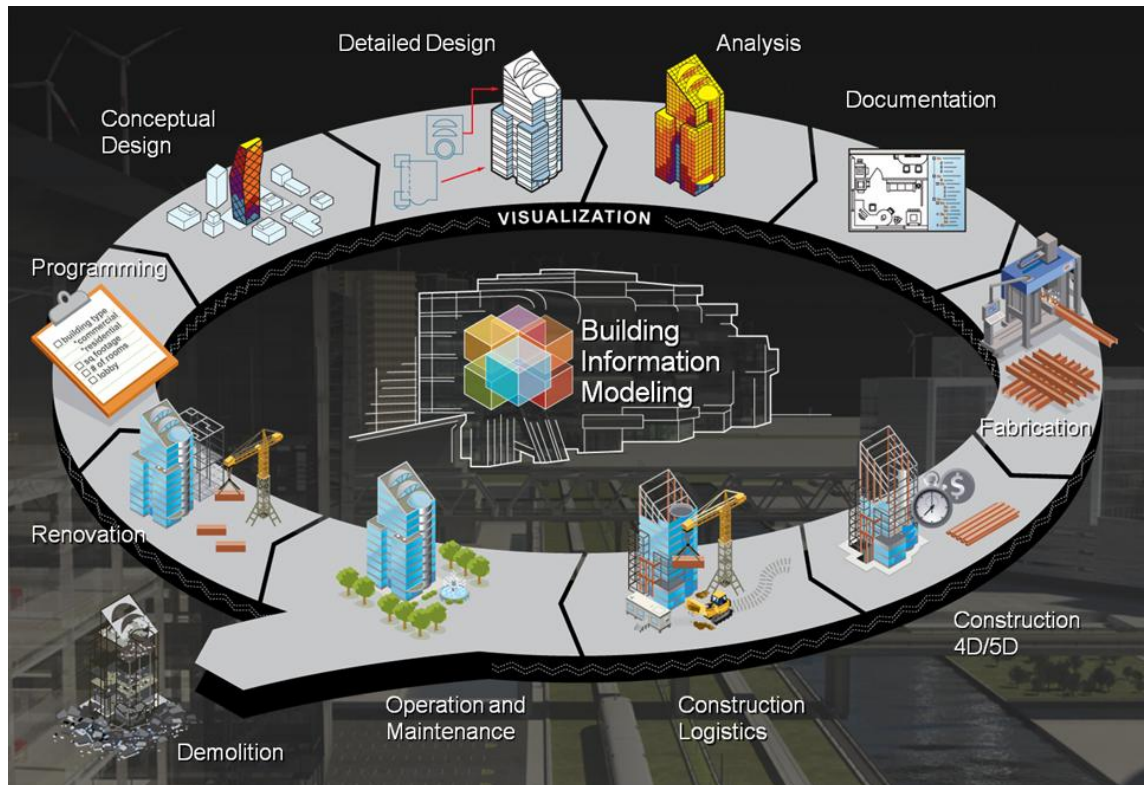
2 Tietomallinnuksen peruskäsitteet

Insinöörityön keskeisimpänä käsitteenä on rakennuksen tietomalli rakennushankkeessa, erityisesti rakennussuunnittelussa.

2.1 Mikä on tietomalli?

Rakennushankkeessa joukko eri alojen toimijoita kokoontuu yhteen, jolloin ajankohtaisen tiedon välitys ja kulku on erittäin tärkeä osa onnistunutta rakennusprosessia. Informaatioteknologian avulla voidaan nopeuttaa ja tarkentaa huomattavasti tiedonvälitystä. Tietomallinnus vaati asennemuutoksia koko alalla sen suhteen, miten ja millälaisia IT-työkaluja käytetään. Avoimen IFC-standardin ympärille rakennetut tietomallit mahdollistavat pelkän visuaalisen esityksen sijaan kokonaisvaltaisen oikeaa tietoa sisältävän prosessimallin. (1)

Rakennuksen tietomalli on kokoelma tuotettua tietoa, jota käytetään ideaalitapauksessa läpi koko rakennuksen elinkaarien päätöksenteon apuna. Määritelmään kuuluu myös sen olemassaolo ensimmäisestä hahmotelmasta rakennuksen purkamiseen. Elinkaari näkyy kokonaisuudessaan kuvassa 1.



Kuva 1. Tietomalli rakennuksen elinkaaressa (2)

Tietomallinnus on tietojenkäsittelylliseltä määritelmältään oliopohjainen, eli ohjelmassa olevat toiminnot muodostetaan toisiinsa yhteyksissä olevien olioiden kanssakäymisestä. Oliot myös sisältävät tietoa ja toimintoja. Esimerkkejä olioista rakennuksen tietomallissa ovat vaikkapa huonetiedot, ovet, ikkunat yms. Nämä sitten keskustelevat keskenään lähettämällä ja vastaanottamalla viestejä. Niihin liittyy myös paljon muita määritelmiä ja ominaisuuksia, jotka eivät ole tämän päättöyön kannalta oleellisia.

Tietomalli sisältää rakennuksen fyysisten komponenttien lisäksi myös muuta tietoa. Usein puhutaan eri ulottuvuuksista, ominaisuuksien monipuolistuessa järjestysnumeroa on lisätty 3D:stä eteenpäin 4, 5 ja 6 D:hen. Alla lyhyet kuvaukset.

- 3D – Kolmiulotteinen malli kohteesta. Joustava, ei rasita nykyaikaisten tietokoneiden prosessoritehoa kohtuuttomasti ja mahdollistaa tarkan kuvan muodostamisen rakennuksesta, vähentäen, muttei täysin poissulkien, inhimillisten erehdysten tuomia sijoitteluvirheitä

- 4D – Aikatiedot. Tästä on erityisesti hyötyä suurissa rakennuskohteissa kuten korkeissa tornitaloissa, sairaaloissa yms. Aikataulut on yhdistetty tuoterakenteisiin. Suurissa kohteissa visualisointi auttaa hahmottamaan aikataulua huomattavasti paremmin kuin perinteiset Gantt-kaaviot. 4D-animaatio ja 4D-aikataulu eivät ole sama asia, mutta monella on mielikuva siitä, että 4D-suunnittelu on sama asia kuin malli liitettynä aikatauluun animoituna videona. CPM-aikataulun päälleliimaaminen 3D-malliin on työlästä ja epäkäytännöllistä sen jatkuvan muuttumisen takia. Lyhenne CPM tulee sanoista *critical path method*, joka on aikataulun hallinnointitapa, jossa rakennetaan kriittinen polku peräkkäin suoritettavista asioista. Tämän jälkeen keskitytään tämän polun hallintaan.
- 5D – Kustannustiedot. Tämän avulla pystytään näyttämään esimerkiksi rakentajalle tai omistajalle, mitä tapahtuu sekä aikataululle että kustannuksille, kun projektiin tehdään muutos. Voidaan myös tehdä useita eri iteroituja arvioita hinnasta eri toteutusvaihtoehdoilla. Näitä voidaan sitten helposti verrata tavoitehintaan.
- 6D – Elinkaariajattelu. Kiinteistön elinkaaren hallintaan tarvittavat tiedot on lisätty 3D-malliin, jolloin rakennuksen mallista on tehty 3D-tietokanta. Malli sisältää kaiken tarvittavan tiedon rakennusta koskevaa päätöksentekoa varten. Valokuvia, huoltokirjoja, linkit tuotteiden valmistajien sivuille tuotetietoa varten jne.

5D- ja 6D-suunnittelu eivät ole vielä laajassa käytössä, mutta teoriapohja niille on hahmoteltu.

Tietomalleja voi olla eri tiedostomuotoina. Yleisin käytetty tiedostomuoto on IFC, josta kerrotaan enemmän luvussa 2.3. Muita jonkin verran käytettyjä tietomalliformaatteja on esim. COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*), josta löytyy myös IFC-yhteensopivia muotoja.

Yksi tietomallinnukseen kuuluva käsitejaottelu on erottelu suljetun ja avoimen tietomallinnuksen kanssa.

- Avoin tietomalli: Kaikki voivat käyttää omia työkalujaan, mutta kommunikointi tapahtuu avoimen standardin kautta. Koordinointi on hyvin helppoa, koska kaik-

ki voivat käyttää oman suunnittelualansa parhaita työkaluja, kunhan ne ovat standardiin sopivia. (3)

- Suljettu tietomalli: Kaikki käyttävät samaa ohjelmaa ja kommunikointi tapahtuu vain sen natiiviformaatin kautta. Tämän selkein ongelma on, että kaikki eri toimijat eivät yleensä käytä samaa ohjelmaa. (3)

Tietomalleilla on lukuisia kansallisia standardeja. Suomessa on tällä hetkellä yleisimmin käytössä YTV2012-suositus. Suomi on sinänsä hyvässä asemassa, että meillä on vain yhdet kansalliset tietovaatimukset, jonka pohjalta tosin on tehtyjä erilaisia täydennyksiä. Esimerkiksi Yhdysvalloissa on yli kaksikymmentä. Joillakin yliopistoilla on jopa omat standardinsa, kuten vaikkapa The Indiana University Architect's Office. (4)

2.2 Tietomallin rakennusprosessiin tuomat muutokset

Suomessa YTV2012:ssä on esitetty keskeisimpiä seikkoja, joista kunkin osapuolen tulee olla tietoinen suunnitteluprosessin alkaessa.

Kun käynnistetään tietomallipohjaista suunnitteluprojektia, tulee olla tietoinen siitä, että suunnitelman tulee olla heti alusta saakka oikeilla tiedoilla kaikissa suhteissa. Lähtötietojen oikeellisuuden ja suunnittelutarkkuuden rooli siis on korostuneen tärkeä. Tästä yhdestä suunnitelmasta on sitten mahdollista tuottaa useita eri dokumentteja, sen sijaan että tieto kirjoitettaisiin useaan kertaan ja ehkä jopa usean osapuolen toimesta, mikä luonnollisesti lisää inhimillisten erehdysten määrää.

Kohdetta ei ole mielekästä tietomallintaa, ellei sillä saavuteta jotain etua. Taulukossa 1 on käyty läpi tietomallinnuksesta saatavia hyötyjä projektin eri vaiheissa.

Taulukko 1. Tietomallinnuksen hyödyt [5]

Suunnitteluvaiheen hyödyt	Rakennusvaiheen hyödyt	Ylläpitovaiheen hyödyt
1) Suunnitelmien aikaisempi ja	1) Tietomallien käyttö ma-	1) Parempi tiedonsiirto

tarkempi visualisointi	teraaalien esivalmistuksessa	rakennusvaiheesta ylläpito-vaiheeseen
2) Suunnitelmamuutosten tekemisen helpottuminen	2) Nopea reagoiminen suunnitelmamuutoksiin	2) Tilojen parempi hallinta ja käyttö
3) Tarkkojen ja yhdenmukaisten 2D-piirustusten tuottaminen suunnittelun eri vaiheissa	3) Suunnitelmavirheiden ja puutteiden löytäminen ennen rakennusvaihetta	3) Tilojen käyttö- ja hallintajärjestelmien sekä mallien integraatio
4) Eri suunnitteluosapuolten varhaisempi yhteistyö	4) Rakennusvaiheen ajallinen ja tuotannollinen simulointi	
5) Suunnitteluvaatimusten täyttymisen tarkastaminen	5) Lean construction -menetelmien parempi käyttöönotto	
6) Kustannusarvioiden laatiminen mallitiedon avulla	6) Hankintojen yhteensovittaminen suunnittelun ja rakentamisen kanssa	
7) Energiatehokkuuden ja kestävän kehityksen paraneminen		

2.3 Ohjelmistot

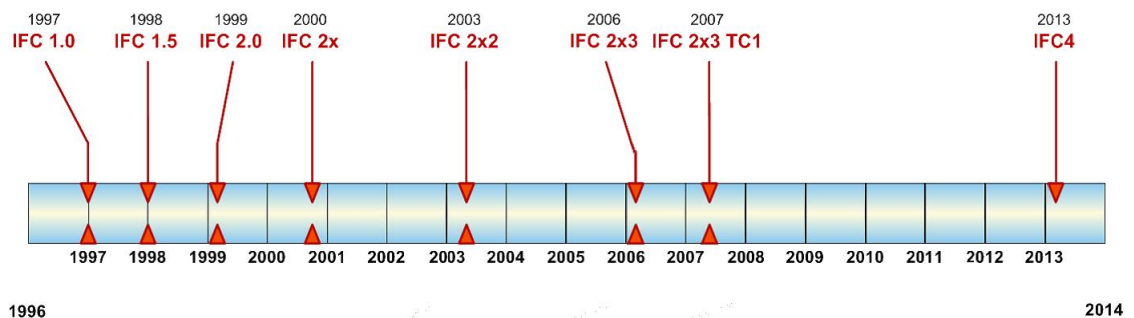
On tärkeää huomata, etteivät kaikki rakennuksen lopulliseen tietomalliin tuotetut komponentit ole tuotettu samoilla ohjelmilla. Suurin osa malleista on luotu erilaisilla yleensä AutoCADin pohjalle tehdyillä suunnitteluohjelmistoilla ja jotkut rajatut osat on voitu tehdä esimerkiksi pelkästään Blenderillä tai vaikkapa Googlen ilmaisella SketchUpilla.

Suomessa tulisi YTV2012:n mukaan käyttää vähintään IFC 2x3 -sertifioituja malliohjelmiä.

2.3.1 Tiedonsiirtomallien ja IFC:n lyhyt versiohistoria

CAD-teollisuus alkoi 1970-luvulla luoda tiedonsiirtostandardeja. Alun perin avoimet standardit kohtasivat vastarintaa, mutta valmistajat tajusivat pian niiden lisäävän myyntiä. STEP-standardin kehitys alkoi vuonna 1984. Kymmenen vuotta myöhemmin, vuonna 1994 julkaistiin STEP:n ensimmäinen versio, josta tuli sittemmin ISO-standardi 10303:1994. STEP standardisoi monen eri teollisuudenalan tiedonsiirtotapoja, täten nopeuttaen ja parantaen tiedonsiirtoa. Kuitenkin arkkitehtuurin, suunnittelun, rakentamisen ja toimitilajohtamisen piirissä heräsi halu omalle, erilliselle standardille. 12 amerikkalaista yritystä kokoontui vuonna 1994 yhteen pohtimaan mahdollisuutta omalle standardille. Tämän kokoontumisen seurauksena perustettiin IAI-konsortio (Industry Alliance for Interoperability, vuonna 1996 International Alliance for Interoperability, nykyisin buildingSMART.)

IFC perustui alkujaan hyvin vahvasti STEP-standardiin, joka puolestaan oli ensimmäisiä rakennusalan tietoisia ja yhteisiä yrityksiä saada yleinen tiedonsiirto- ja -jakotapa. IFC:n on tarkoitus olla korkean tason ohjelmistoriippumaton datamalli. Se tarjoaa laadukkaan tavan varastoida rakennuksen tietoa, muttei sinänsä ota kantaa siihen, miten sitä kaikkea tulisi käyttää tai miten sitä tulisi tuottaa. Huomionarvoista on, että STEP-standardi on myös vielä olemassa. Kyseessä ei siis ole lineaarinen kehitys, vaan rinnakkainen haarauma.



Kuva 2. IFC:n versiohistoria

IFC 1.0 - 1.5.1: IFC:n kehitys alkoi virallisesti syyskuussa 1995, ja versio 1.0 julkaistiin tammikuussa 1997. Tämä versio oli hyvin suppea ja keskittyi lähinnä rakennuksen arkkitehtuuriseen puoleen, ja sitä käytettiin vain prototyyppinä. 17 eri yhtiötä julkaisi im-

plementaatioita 1.0:n pohjalta, jotta saataisiin kokemusta tämän formaatin käytöstä ja kehitettäisiin toimivuutta seuraavaa julkaisua varten. IFC 1.5 kehitettiin melko nopeasti, se aloitettiin maaliskuussa 1997 ja julkaistiin marraskuussa 1997. 1.5:ssä oli kuitenkin ongelmia mallin kanssa. Tästä syystä julkaistiin heti perään uusi versio 1.5.1 sekä muutama opas käyttöä ja spesifikaatioiden kehittämistä varten.

IFC 2.0: Tämä oli ensimmäinen aidosti kansainvälinen julkaisu. Sen tavoite oli pääasiassa liittää mukaan mallit talotekniikalle, kustannuksille ja rakennussuunnittelulle. Sen kehitys alkoi joulukuussa 1996 ja se julkaistiin huhtikuussa 1999. Vaikkakin se oli hinnaltaan kohtalaisen halpa kehitysprosessi, uusia yrityksiä ei liittynyt kehitykseen toivotulla nopeudella ja osa vanhoista tekijöistä alkoi olla kärsimättömiä. Koska käytännön sovellusten keksiminen tämän standardin ympärille oli vain ja ainoastaan ohjelmistoyritysten harteilla, perustettiin yhtymä nimeltä Building Lifecycle Interoperability Software Group (BLIS) vuonna 1999 helpottamaan käyttöönottoa. (kuva 2)

IFC 2x: Koska IFC 2.0 oli lisännyt suuresti standardin sisältämää tietomäärää, oli 2x lähinnä vakautteen keskittynyt julkaisu. Siinä ei tullut niinkään uusia ominaisuuksia ja suurin osa työstä oli näkymätöntä, pinnan alla olevaa koodiarkkitehtuuriin liittyvää. 2x2 lisäsi taas ominaisuuksia, kuten rakenneanalyysin, 2D-mallin avaruusgeometrian jne. (kuva 2)

Aikavälillä 2000-2005 standardisointiprosessi koki monia tärkeitä muutoksia. Teollisuus ei ollut ottanut aikaisempia versioita kovinkaan innokkaasti vastaan, ja IFC:n käytettävyyttä oikean maailman projekteissa pidettiin huonona. Hupenevat resurssit yhdessä puuttuvan pitkän aikavälin suunnitelman kanssa tekivät tästä aikajaksosta yhden standardisointiprosessin heikoimmista hetkistä. Ennen vuotta 2000 ei oikeastaan edes ollut selkeitä kehityssuunnitelmia. Tämä johtui osittain konsensuksen puutteesta.

Suurena ongelmana tällä aikajaksolla oli se, että vaikka IFC sinänsä oli hyvin monikäyttöinen kaikkien mainittujen ominaisuuksien kanssa, suurin osa ohjelmistoista ei ollut pysynyt samassa tahdissa IFC:n itsensä kehityksen kanssa. Vaikka potentiaalia siis olisi ollut tarvittaviin ominaisuuksiin, ei niitä käytännössä voitu saada projekteihin. Luotettava tiedonsiirto eri ohjelmistojen välillä ei onnistunut toivotulla tavalla toteutetuissa projekteissa. Tämä vahvisti mielikuvaa, että IFC kokonaisuudessaan oli toimimaton.

Huomionarvoista on, että Suomessa aloitettiin tämän version aikana ProIT-hanke, joka vaikutti suoraan IFC-standardiin lisäämällä siihen mallin sisällä tiedonsiirtoa helpottavan ”IFC Aspect Card Libraryn”. Sen lisäksi ProIT on merkittävä siinäkin mielessä kansainvälisesti, että se oli ensimmäisiä täysin selkeitä yksityisen sektorin kiinnostuksenosoituksia IFC-standardia kohtaan

Vuonna 2006 IFC:n kehityssuunta muuttui. Alettiin puhua käsitteistä kuten ”the useful minimum”, joka tarkoittaa tässä yhteydessä minimalistista lähtökohtaa standardoimiselle. Pienentämällä tiedonsiirron vähimmäislaajuutta, ajateltiin rakennusteollisuuden lisäävän tukea standardille.

Maaliskuussa 2006 julkaistiin jälleen uusi versio, IFC 2x3. (kuva 2) Tämän version aikana myös uudistettiin IFC-sertifiointiprosessia. Ohjelmat voivat olla 2 vuotta IFC-yhteensopivia tiettyjen IFC:n MVD:ien (*Model View Definition*) suhteen. MVD on uusi käsite, joka lanseerattiin ”the useful minimum” -ajattelun mukana. Se on vain tietty käsitteellinen osa IFC-mallin kokonaisuudesta. Ohjelma ei siis voi olla täysin täsmällisesti IFC-yhteensopiva kokonaisuutena, vaan ainoastaan tiettyjen MVD:eiden osalta. MVD:t kertovat, koska ja miten ohjelmistokehittäjien tulisi käyttää IDM:eja (*Information Delivery Manual*), jotka puolestaan ovat prosessikuvauksia siitä, miten ja missä eri suunnittelualojen edustajat käyttävä tietomallinnuksen informaation sisältöä projektissa.

IFC 2x3 on se nimenomainen versio, jota YTV2012 edellyttää projekteissa.

IFC 4 toi mukanaan vuonna 2013 teknisten toimivuuspäivitysten lisäksi tuen työnkululle 4D- ja 5D-suunnitelmissa. IFC 4:n kehitystyö kesti kuusi vuotta. Sen tavoite on vaatimattomasti buildingSMARTin oman lausunnon mukaan seuraava: ”Single goal: secure IFC as the true openBIM standard worldwide.” [6] Kuten sitä edeltävät versiot, IFC 4 tulee olemaan jossain vaiheessa alan standardi. Tähän vaaditaan kuitenkin se, että suunnitteluohjelmistot alkavat hyödyntämään IFC 4:n mahdollistamia ominaisuuksia malleissa.

2.3.2 Mallinnustohjelmat

BuildingSMARTin sivuilla on lista IFC-yhteensopivista ohjelmistoista. Näistä Suomessa käytettävistä merkittävimpiä ovat seuraavat:

- Graphisoftin Archicad ja muut

Graphisoft SE on alunperin unkarilainen yhtiö joka on kehittänyt ArchiCAD-ohjelmaa vuodesta 1984. ArchiCAD on monimuotoinen arkkitehtuuriohjelma, joka tarjoaa sekä 2D- että 3D-suunnittelua, visualisointia ja dokumentointia. Graphisoftin BIM Server mahdollistaa useamman henkilön samanaikaisen työskentelyn kohteen parissa. Graphisoftilla on myös TATE-suunnitteluun sopiva MEP Modeler sekä energiasimulointeja yms varten soveltuva EcoDesigner.

Graphisoftin BIM Explorer mahdollistaa 3D-esitysten tekemisen ArchiCADin suunnitelmista. Tässä esityksessä sitten voidaan kulkea sitten virtuaalisesti lattioita kävellen, kuten oltaisiin itse paikalla. Se ei vaadi ArchiCADia toimiakseen, vaan vapaasti saatavilla oleva katseluohjelma riittää.

- Autodeskin AutoCAD Architecture, AutoCAD MEP, Revit Architecture, Revit MEP ja Revit Structure

Autodesk on suuri yritys, joka on ollut kymmeniä vuosia mukana rakennusalan suunnitteluohjelmistojen kehityksessä, ja sillä oli olennainen rooli koko alan muutoksessa. AutoCADin natiiviformaatti .dwg on alan yleisin tiedonsiirtoformaatti. AutoCAD-alustalle on kehitetty monille aloille tarkoitettuja ohjelmistoja. Architecture on nimensä mukaisesti arkkitehdeille suunniteltu ja MEP taas insinööreille.

Revit on tietomallinnusohjelma, joka tukee sisäänrakennetusti 4D-suunnittelua. Siitä on vastaavasti myös eri versioita arkkitehdeille, TATE-insinööreille ja rakenneinsinööreille. Revit tukee samanaikaisesti tapahtuvaa työskentelyä.

- Suomalaisen Granlund Oyn BSPPro, ROOMEX sekä RIUSKA.

Suomalainen Granlund Oy on tuottanut useita ohjelmistoja ollakseen pääsääntöisesti insinööritoimistoksi profiloitunut yritys.

BSPRO on ohjelmistokehittäjille tarkoitettu kehitysympäristö tietomallien siirtämiseksi eri ohjelmien välillä IFC-muodossa.

RIUSKA on energiasimulointiohjelmisto, joka on tarkoitettu tietomallia hyväksikäyttäen rakennuksen ja sen tilojen lämpötekniikan käyttäytymisen laskemiseen. Sillä voi laskea tarkastella lämpötilojen lisäksi sisäilmaston laatua ja vertailla sekä analysoida erilaisia järjestelmäratkaisuja.

ROOMEX on rakennuksen 3D-tietomalliin integroitu työkalu tilapohjaiseen hallintaan. Se on tarkoitettu helpottamaan projektin hallintaa erilaisten visualisointien ja raporttien tuottamisen kautta.

- Bentley Systemsin Bentley Architecture V8i, Bentley Building Electrical Systems V8i, Bentley Building Mechanical Systems V8i, Bentley Building Modeler Systems V8i, Bentley speedikon V8i.

Amerikkalaiselta Bentleyltä on tullut useita jatko-ohjelmia Microstationille. Microstation on ohjelma CAD-suunnitteluun. Sillä on myös pitkä kehityshistoria, eikä siitä tule uusia versioita kovinkaan usein. Uusin versio on julkaistu 2009.

Microstationin päälle ohjelmoidut tietomalliyhteensopivat lisäosat on nimetty eri suunnittelualojen mukaan. Esimerkkinä Speedikon on nimenomaan tietomallinnukseen tarkoitettu sovellus arkkitehtuurisuunnitteluun, rakennuksen suorituskyvyn analysointiin sekä dokumentointiin.

- Kyndata Oy:n CADS Planner

Suomalaisen Kyndatan CADS Planner on myös monialaiseen suunnitteluun eri lisäosien kautta soveltuva CAD-ohjelmisto. CADS Plannerin päälle on rakennettu LVI-, sähkö-, arkkitehtuuri-, kylmä- ym. suunnitteluun sopivia lisäosia.

- Cad-Quality Oy:n CADiE Sähkö

CADiE on suomalainen sähkösuunnittelujärjestelmä. Siihen kuuluu kolme ohjelmistoa, Kessu, Pikasso ja Sähäkkä, joista vain Sähäkkä on IFC 2x3 yhteensopiva. Ne kaikki pohjautuvat Autodeskin AutoCAD:iin.

- EQUA Simulation AB:n IDA ICE

EQUA on ruotsalainen yksityisomisteinen simulaatio-ohjelmiin keskittynyt yritys. IDA ICE (*Indoor Climate and Energy*) on dynaaminen simulaatiotyökalu, joka on keskittynyt rakennuksen toimivuuden analysointiin. Energiankulutukset, lämpötila-analysit yms. onnistuvat. Se on myös avoin siinä mielessä, että kaikki laskennan pohjalla olevat kaavat ovat luettavissa.

- Progman Oy:n MagiCAD ja MagiCAD for Revit

Progman on suomalainen ohjelmistotoimisto, ja MagiCAD on heidän kehittämänsä AutoCADin päälle rakennettu ohjelma sekä Revit MEPin kanssa toimiva talotekninen suunnitteluohjelmisto. Se on ollut vuodesta 2007 IFC-sertifioitu. MagiCADissa on laajahko tuotetietokanta, jota päivitetään jatkuvasti.

- Datacubist Oyn simplebim

Datacubist on suomalainen ohjelmistokehitysyriety, joka on keskittynyt datansiirrossa ja -vaihdossa ilmenevien ongelmien poistamiseen. Simplebim on ohjelma IFC-mallien muokkaamiseen. Se mahdollistaa objektien poistamisen ja dataominaisuuksien muokkaamisen. Siihen on sisäänrakennettu mm. oikeinkirjoitustarkastus, jolla varmistetaan, että kirjoitusasu on IFC-standardin mukainen. Simplebimiä mainostetaan käytettävyydeltään helppona.

- Tekla Corporationin Tekla Structures

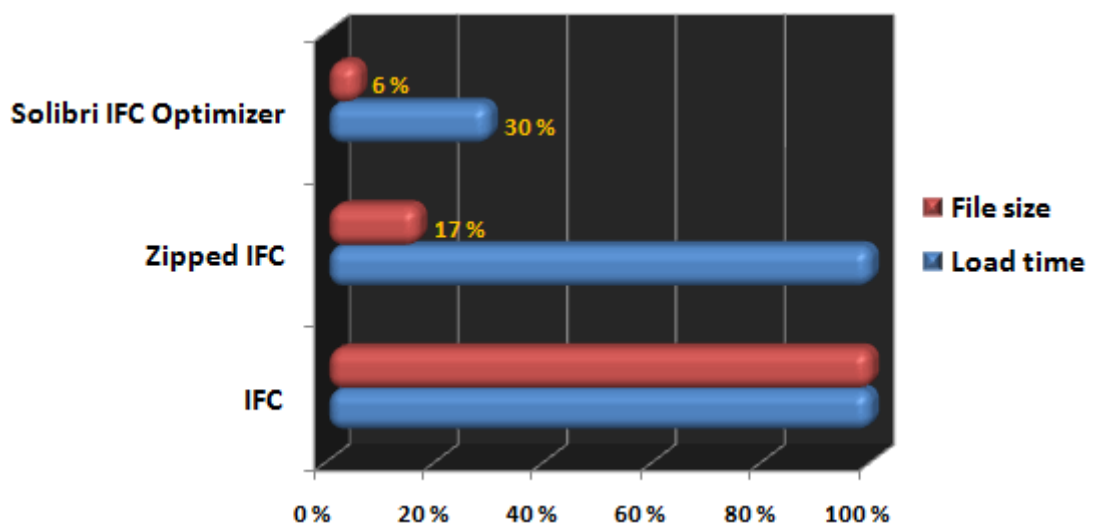
Tekla oli alun perin suomalainen erityisesti insinööreille ohjelmistoja kehittänyt yritys. Amerikkalainen Trimble Navigation osti sen vuonna vuonna 2012.

Tekla Structures on alun perin nimellä Xsteel tunnettu tietomallinnusohjelma, jota käytetään rakennusten teräs- ja betonirakenteita suunniteltaessa.

2.3.3 Tarkasteluohjelmat

- Solibrin Solibri Model Checker, Solibri Model Optimizer, Solibri Model Viewer

Solibri Inc on suomalainen ohjelmistoyritys, joka on kehittänyt erilaisia ohjelmia IFC-mallien tarkasteluun, yhteenliittämiseen ja optimoimiseen. Viewerillä mallia voi vain tarkastella, Optimizer pakkaa IFC-tiedoston kokoa pienentäen sen noin kymmenyksen. YTV2012 edellyttää IFC-mallin pakkaamista koon säästämiseksi, mutta tämä ei säästä tilaa ollenkaan niin paljoa kuin Optimizerin käyttö. Lisäksi Optimizer nopeuttaa tiedoston lataamista.



Kuva 3. Solibri Model Optimizerin tehokkuus Solibrin mukaan

Model Checker on törmäystarkastelua, analyysia ym. varten kehitetty ohjelma.

- Tekla Corporationin Tekla BIMsight

BIMsight on ohjelma IFC-mallien tarkasteluun. Siinä on ominaisuuksina mm. törmäystarkastelut, mittaviivojen ja huomautusten merkkäus.

- Autodeskin Navisworks

Navisworks on projektien tarkasteluun tarkoitettu ohjelma, jolla onnistuu 3D-koordinaatio, 4D-suunnittelu, fotorealistinen visualisointi, dynaaminen simulaatio.

tio ja erilaiset analyysit. Se on tarkoitettu yhteistyön, koordinaation ja kommunikaation helpottamiseen.

2.4 Tietomallinnus suunnitteluprosessin osana

Kuten todettua, suunnitteluprosessina tietomallisuunnittelun suurin eroavaisuus tavallisesta 2D-tasosuunnittelusta on sen kokonaisvaltaisuus. Puhtaassa tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa ei voida erottaa suunnitelmia ja tietomalleja, joten niiden tulisi olla julkaisukelpoisia samanaikaisesti. [7]

YTV2012:n osan 1 mukaan tietomallit mahdollistavat seuraavan listan mukaisia asioita:

- Investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- Suunnitelmien havainnollistaminen ja rakennettavuuden analysoiminen
- Laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantaminen ja suunnitteluprosessin tehostaminen
- Rakennushankkeiden tietojen hyödyntäminen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa.

Mallinnuksen onnistumiseksi on malleille ja mallien hyödyntämiselle asetettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. Malleista on ennen niiden luovuttamista ja jakamista muille osapuolille poistettava varsinaiseen suunnitelmaan kuulumattomat tasot ja mallinnuskomponentit tietomallivaatimusten laadunvarmistusosan mukaisesti.

Monet tilaajatahot painottavat tietomallipohjaisessa suunnittelussa nimenomaan työmaavirheiden ennaltaehkäisyä, ja toteutussuunnitteluvaiheessa pääsuunnittelijan velvollisuus on huolehtia, että suunnitelmat ovat ristiriidattomia ja rakennettavissa. Työn suunnitteluun ja aikataulutukseen on olemassa 4D-ohjelmistoja, joilla voidaan testata

erilaisia aikataulu- ja toteutusvaihtoehtoja. Niiden hyödyntäminen on urakoitsijan harjonnassa.

Työmaalla tietomallien visuaalisuus on merkittävä mallien hyödyntämistapa monissa erilaisissa käyttötilanteissa. Tärkeimpiä käyttökohteita ovat perehtyminen kohteeseen ja rakenteisiin sekä työjärjestysten suunnittelu ja töiden yhteensovittaminen.

Toteutuksesta vastaavat urakoitsijat ja suunnittelijat käyvät tietomallin avulla läpi elementtiasennussuunnitelman ja paikallavalurakenteet sekä hyväksyvät keskeiset asennusjärjestykset, työnaikaiset tuennat, jäykistykset ja muottijärjestelmät. Elementtituet mallinnetaan, ja päätoteuttaja ja rakennesuunnittelija tarkistavat yhteistyössä niiden sijainnit sekä turvallisuuden että logistiikan kannalta. Työmaa pystyy hyödyntämään tietomallia myös TATE-asennuskatselmusten tekemiseen, joissa asennettava alue käydään läpi urakoitsijoiden kanssa ja suunnitellaan asennusjärjestykset ja varmistetaan aikataulun sopivuus eri urakoitsijoiden kesken. [7]

Tontti ja alueosat vaaditaan mallinnettaviksi kolmiulotteisella pintamallilla. Rakennusosista mallinnetaan inventointimallia varten määritellyn tarkkuustason mukaiset rakennusosat. Mittaukset tehdään joko laserkeilaamalla tai takymetrillä. Pyrkiminen ”absoluuttiseen” tarkkuuteen inventointimallissa ei ole tarkoituksenmukaista. Inventointimalliin sisällytetään esimerkiksi rakennushistoriaselvityksen inventointitietoja ja tehtävien tutkimuksien kuten kunto- ja haitta-ainetutkimuksien tietoja.

Rakennettavan tontin tietomallista käytetään nimitystä ”tontin malli” ja olemassa olevan rakennuksen tietomallista nimitystä ”inventointimalli”. Korjausrakentamiskohteista vaaditaan sekä tontin malli että inventointimalli, kun taas uudisrakentamiskohteissa vaaditaan vain tontin malli. [8]

TATE-suunnittelu ei tuota ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa koko rakennuksen kattavaa järjestelmämallia, vaan keskittyy järjestelmävalintoihin, palvelualuekaavioihin sekä TATE-tilavarauksiin.

Tietomalliselostuksessa kerrotaan, mitä objekteja ollaan mallinnettu, millä geometriatarkkuudella sekä tietosisällöllä. Tietomalliselostuksessa kerrotaan ohjelmistot ja niiden versiot, joilla tietomallit on tehty.

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa TATE-suunnittelija varaa tekniikalle riittävät tilantarpeet sekä tarvittavat tekniset tilat huomioiden asennusten ja laitteiden vaatimat huoltoalueet ja -tilantarpeet.

Ehdotussuunnittelussa mallinnuksen tarkoitus on esittää geometrian avulla pääreittien sijainti — tietosisällölle ei aseteta vaatimuksia. Tarkemmat verkostojen sijainnit selviävät perinteisen suunnittelumetodiikan kautta. Syntyvien 2D-yhteisleikkausten avulla (käytävät, kuilujen ulostulot, haasteelliset asennuspaikat jne.).

Yleissuunnitteluvaiheessa valitaan kohteesta mallihuone tai -alue, josta tehdään tietomallinnus. Järjestelmät mallinnetaan toimivina eli niin, että suunnitteluohjelmiston mahdollistamia laskenta- ja analyysitoimintoja on mahdollista käyttää. Kaikki toimivan kokonaisuuden kannalta oleelliset komponentit mallinnetaan.

Jokainen ilmastointikone ja -puhallin verkostoihin mallinnetaan omiksi osajärjestelmikseen. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät mallinnetaan omiksi osajärjestelmikseen. Tilantarve- ja törmäystarkastelujen takia on oleellista mallintaa myös kaikki merkittävästi tilaa vaativat erikoisjärjestelmät.

Säätöpiirustukset, jos ne on erikseen tilattu, laaditaan tasopiirustusmaisesti, jotta säätöurakoitsijalla on käytettävissä koko verkoston kattavat suunnitelmat ja johon urakoitsija voi merkata omat, mitatut verkostojen säätöön vaikuttavat arvot, kuten painetasot ja -erot sekä ilmamäärät.

Verkostojen geometrian tarkkuustason on oltava sellainen, että kohteen TATE-asennukset ovat asennettavissa tietomallin perusteella. Geometriamallinnuksen tavoitteena on risteilyvapaa tietomalli, jonka tekemisessä yhdistelmämalli on apuna. [7]

2.5 Eri suunnittelualojen yhteensovittaminen

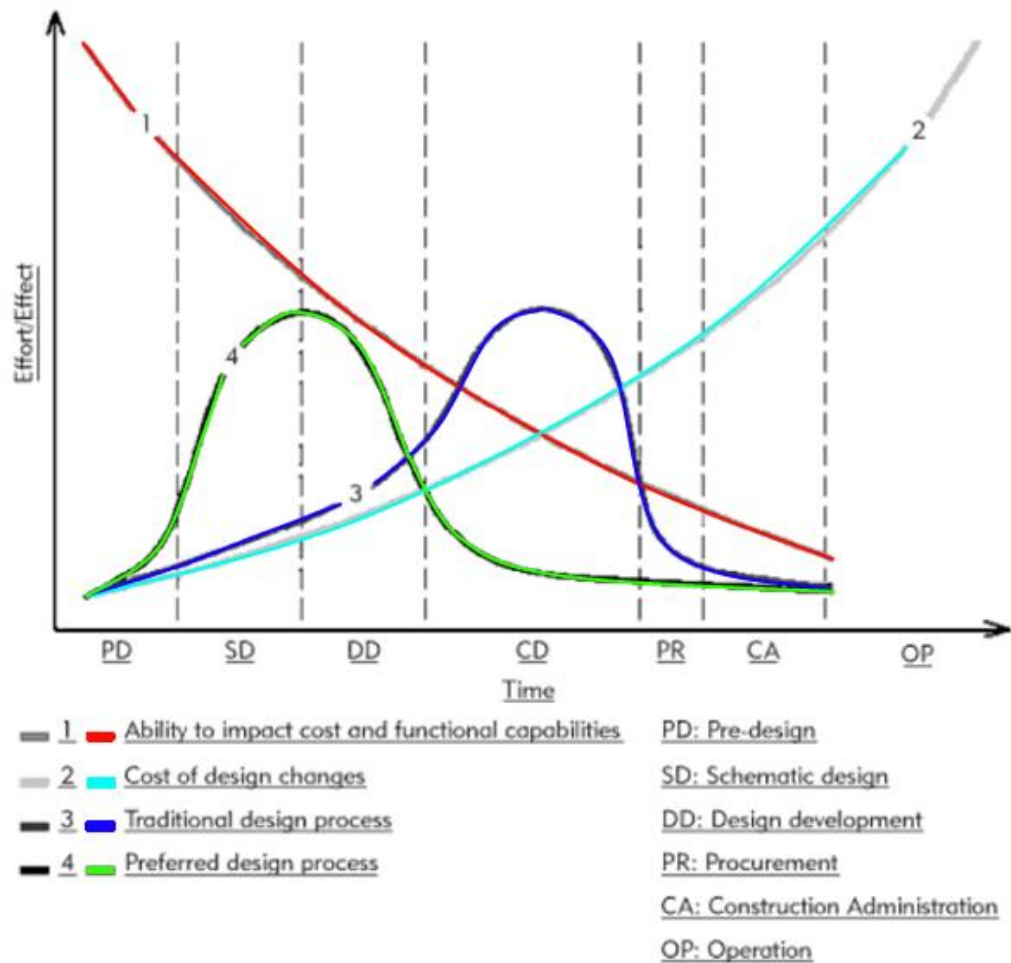
Tietomallinnuslähtöisellä ajattelulla on huomattava vaikutus suunnittelun kulkuun.

“Bim facilitates interactions between different design tools by improving the availability of information for those tools. It supports feedback from analyses and simulations into the design development process, and these changes will, in turn, affect the way designers think and the processes they undertake. BIM also facili-

tate the integration of construction and fabrication thinking into the building model, encouraging collaboration beyond what is involved with drawings. As a result, BIM will likely redistribute the time and effort designers spend in different phases of design.” [9, s. 151]

Yksi tietomallinnuksen tuomista merkittävimmistä eduista on törmäystarkastelu. Sen sijaan, että laitetaan 2D-printtejä päällekkäin valopöydän päälle tai tehdään automatisoitu 3D-tarkastelu, voidaan tehdä geometriapohjainen törmäystarkastelu, joka ottaa huomioon semantiikan ja mahdollistaa sääntöpohjaisen törmäysanalyysin. Valopöydän käyttö on hidasta ja virheeltistä, sen lisäksi että kaikki piirustukset eivät välttämättä ole yhtä helposti ajan tasalla kuin tietokonepohjaisessa tarkastelussa. Koneella tehdyn automatisoidun 3D-tarkastelun ongelmia taas ovat sen taipumus tuottaa tarpeettomia ja turhia törmäyskohtia, sen luottaessa geometriaan ja tarkastaessa vain pintojen leikkauksia. Se ei myöskään siten havaitse sisäkkäisiä objekteja. Tietomallissa taas voidaan tarkastella esimerkiksi tiettyjen systeemien törmäyksiä, esimerkiksi putkiston ja ilmanvaihtokanavien. Tietysti tarkat ehdot tässä korkeampitasoisessa törmäystarkastelussa vaativat hyvin tehdyn tietomallin.

Kuvan 4 esittämästä kuvaajasta nähdään perinteisen ja tietomallipohjaisen suunnittelun ero rakennushankkeen eri vaiheissa.



Kuva 4. Lisäarvon tuonti, muutosten hinta ja nykyinen kompensatiojakauma suunnittelutöille (9, s. 153)

Malleja tulee hyödyntää havainnollistamiseen, koska sen avulla projektin osapuolille muodostuu yhtenäinen käsitys suunnitelmavaihtoehdoista, kun IFC-mallit yhdistetään, voidaan aukottomasti todentaa, että kaikilla on käytössään sama koordinaatisto ja korkeasemat. (7)

Jokaisen suunnittelualan edustajan on tehtävä malleille omatarkastuksia ja raportoitava ne ennen verkostojen toimitusta toiselle osapuolelle törmäilytarkastuksen suorittamiseksi. On huomioitava, että ennen kuin talotekniset verkostot voidaan mallintaa vaaditulla tarkkuustasolla, TATE-suunnittelijalla on oltava käytössään kohteen päägeometrialtaan todellinen rakennemalli.

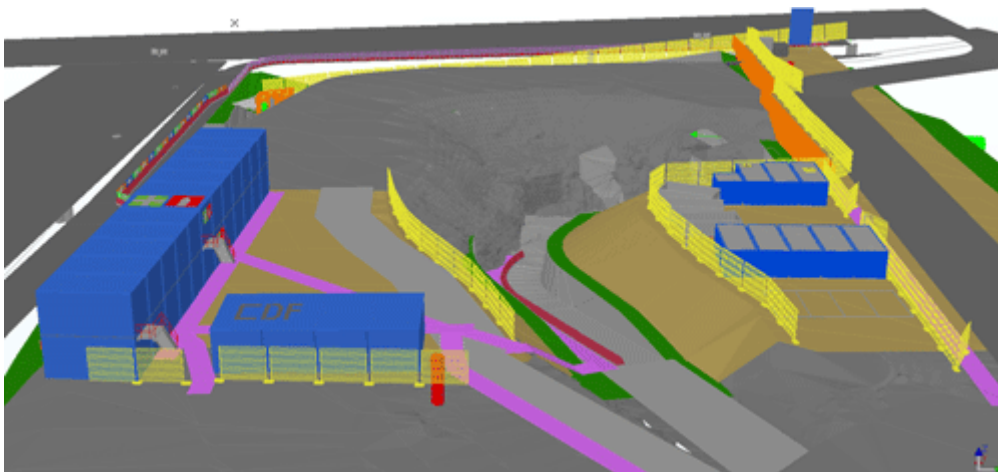
TATE-suunnittelijoiden on tehtävä teknisistä järjestelmistä yhteensovitustarkastelut kaikkien TATE-järjestelmämallien kesken. Sen jälkeen niitä tarkastellaan rakenne- ja arkkitehtimalleja vastaan.

Tietomallipohjaisen reikä- ja varaussuunnittelun käyttö, sekä tietomallista tehtävien reikäpiirustuksien teko ja vastuut pitää sopia aina projektikohtaisesti. (10)

3 Case-tapaukset

3.1 Manskun Rasti, Helsinki

Manskun Rastin aluesuunnitelma näkyy kuvassa 5.



Kuva 5. Manskun Rasti, Skanskan pääkonttori. Aluesuunnitelma

3.1.1 Taustaa

Tekla Global BIM Awards 2011 –voittajana on Manskun Rasti itseoikeutettu tarkastelukohte. Erityisesti siitä syystä, että valintaperusteissaan raati oli valinnut yhdeksi voittosyyksi IFC-mallin hyvän käytön projektin koordinoinnissa. (11) Rakennus on myös saanut korkeimman mahdollisen LEED-sertifikaatin, platinan, keväällä 2013.

Haastateltavana Manskun Rastissa oli DI Marko Stenman Pöyry Finland Oy:ltä. Stenman on ollut kohteessa sähkösuunnittelijana, muttei aivan alusta asti.

3.1.2 Työn kulku

Projekti tehtiin alusta asti tietomallinnuskohteena. Sähkösuunnittelun osalta mallinnettiin mallinnusohjeiden mukaisesti vain johtotiet (kaapelihyllyt, -kanavat ja ripustuskiskot) sekä valaisimet että sähkön pääjakelun laitteet. Projektissa käytettiin perinteisen sähkönjakelun sijaan virtakiskojakelua, mikä toi lisähaasteen suunnitteluun.

Suunnittelun osalta tietomallinnus nähtiin työtapana. Lähestymistapana se tuotti jonkin verran lisätyötä nousseiden tarkkuusvaatimusten muodossa. Työpiirustuksia tehdessä tehtiin törmäystarkastelut saman tien muiden suunnittelualojen mallien kanssa ja näin välttyttiin suurelta määrältä törmäyksiä. Törmäystarkastelut tehtiin kuukausittain arkki-tehdin toimistolla. Työkaluina olivat MagiCAD sekä Solibrin Model Checker.

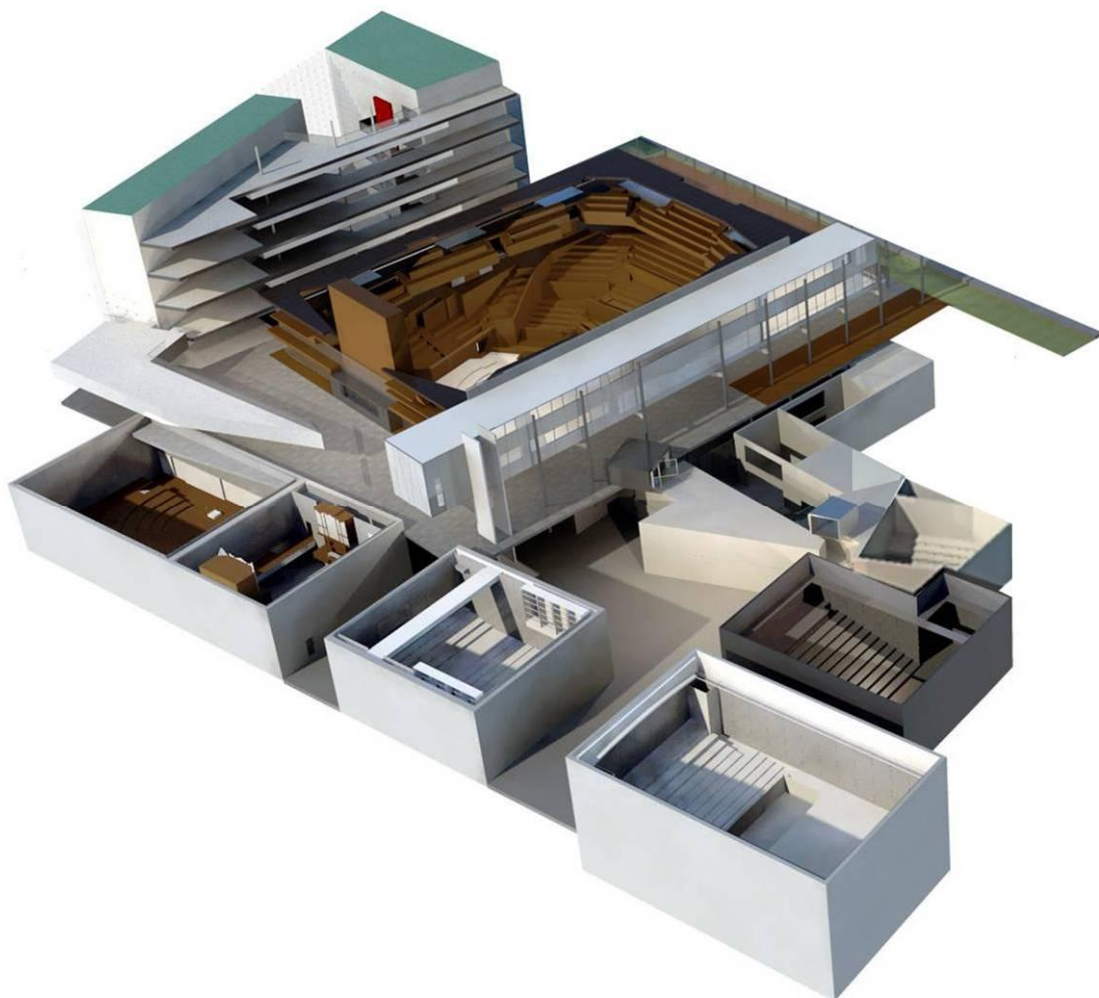
Työmaalla skanskalaiset käyttivät mallia hyväkseen ottamalla leikkauskuvia työmaakäyttöön, erityisesti IV-konehuoneesta tehtiin useita. Asennustyön yhteydessä käytettiin myös tabletti-tietokoneita mallien tarkasteluun.

3.1.3 Haasteet ja opittua

Suurimmat haasteet olivat lähinnä ohjelmistoversioiden kanssa painiessa. Vaikka päivityksiä oli vain kuukausittain, tämä nähtiin riittäväksi koordinoititheydeksi. Risteilytarkastelut tuottivat halutun tuloksen ja törmäilyt pysyivät vähäisinä. Tiedonsiirrossa, vastuasioissa tms. ei ollut ongelmia.

3.2 Musiikkitalo

Musiikkitalon stilisointi näkyy kuvassa 6.



Kuva 6. Musiikkitalo

3.2.1 Taustaa

Musiikkitalo rakennusprojektina sai alkunsa jo vuonna 1992 Sibelius-Akatemian hankkeena. Kesti kuitenkin vielä monta vuotta ennen kuin päästiin käynnistämään suunnittelu. Vuonna 2000 Arkkitehtitoimisto Laiho—Pulkkinen—Raunio voitti arkkitehtuurikilpailun 2. vaiheen, ja tämän myötä alustava suunnittelukin käynnistyi. Rakennustyöt kuitenkin käynnistyivät vasta vuonna 2008, ja hanke saatettiin päätökseen vuonna 2011.

Haastateltavana oli LVI-projektipäällikkö Jari Hotokainen SOK Kiinteistötoiminnoilta. Musiikkitalon aikana hän oli LVI-suunnittelijana Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:llä.

Haastattelu suoritettiin 9.8.2013, eli monta vuotta koko rakennushankkeen päättymisen jälkeen.

3.2.2 Työn kulku

Projektia aloitettaessa ei ollut selvää, että se tulisi olemaan tietomallinnuskohde. Se muutettiin kesken kaiken sellaiseksi. Tämä aiheutti ongelmia suunnittelijoille. Koska kohde oli kuitenkin eräänlainen pilottihanke Senaatti-kiinteistöjen toimesta tältä kannalta, työmäärän nousu oli odotettavissa ja tilaaja oli ymmärtäväinen sen suhteen. Kuvia jouduttiin korjaamaan useamman kerran. Kohteen haasteellisuudesta, erityisesti akustiikan suhteen, johtuen tehtiin suunnitelmat hyvinkin tarkkaan. Esimerkiksi kaikki iv-koneet mallinnettiin järjestelmittäin, minkä jälkeen oli mahdollista laskea äänenpainetasot ja tasapainotusarvot hyvinkin yksityiskohtaisesti.

Urakkalaskentavaiheessa talotekniikka suunniteltiin 3D:nä, johtuen MagiCADin hyvästä 3D-suunnittelutuesta. Tiedonsiirto hoidettiin IFC-malleilla, joista arkkitehti rakensi yhdistelmämallin.

Projektin alkupuolella oli hyvinkin haasteellista saada asiat toimimaan, sillä tietomallinnus käsitteenä oli suunnittelijoille uutta. Mm. tekniikkojen keskinäinen sovitus ja risteilyjen siivoaminen aiheutti runsaasti työtä. Työtavat myös kehittyivät nykyisin hyvinkin yleisesti käytössä olevaan tuplaruututyöskentelyyn, jossa on kaksi näyttöä vierekkäin. Toisella näytöllä on suunnitteluohjelmisto, esim. Autocad, ja toisella tarkasteluohjelmisto, esim. Solibri Model Viewer. Arkkitehti joutui myös tekemään suuren määrän työtä, sillä työtapana oli suunnitella tasokuvat erikseen ja sitten tehdä toisella ohjelmalla malli. Kaikki nykyiset suunnitteluohjelmistot osaavat tehdä mallin tasokuvien pohjalta.

Kun alkukankeuksien jälkeen saatiin ulos eri suunnittelualojen malleja, huomattiin kuitenkin hyvin nopeasti, kuinka paljon hyötyä erityisesti törmäystarkastelusta oli. Suunnitelmat päivitettiin viikon välein projektipankkiin ja tämä koettiin hyväksi päivitystiheydeksi.

Suunnittelu eteni suhteessa rakentamiseen. SRV teki seurantaa, jossa mallin avulla kerrottiin, mitkä osat on rakennettu. Tämä oli eräänlainen adaptaatio 4D-suunnittelussa, mutta aitoa aikataulutusta se ei ollut. Käytäntö oli, että kun siirryttiin jollekin alueelle asentamaan, suunnittelijat tekivät tämän alueen suunnitelmiin täyden-

nyksiä ja kävivät pitämässä pienen esittelytilaisuuden siitä. Aluetta käytiin sitten yhdessä läpi tarkasti ennen kuin siirryttiin asentamaan. Tämä koettiin hyväksi tavaksi nopeuttaa ja varmentaa työskentelyä. Alueilta myös tehtiin 3D-printtejä asentajille jaettavaksi.

Massalistoja otettiin myös suunnittelupiirustuksista ulos, mutta näitä käytettiin lähinnä tiedoksi, johtuen oikeudellisista vastuukysymyksistä. Rakennusvaiheen päätyttyä siirrettiin tietomalli ja muut suunnittelutiedostot tilaajan omaisuudeksi. Ylläpito- ja käyttövaiheessa tietomallia ei ole toistaiseksi hyödynnetty.

3.2.3 Haasteet ja opittua

Tietomallisuunnittelukohde tulee tehdä alusta alkaen tietomallina. Tällöin vältetään tässäkin kohteessa tapahtuneelta kaksinkertaiselta työmäärältä. Lisäksi vastuukysymykset tulisi tehdä selväksi heti alussa, erityisesti arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan mallinnusvastuut voivat helposti leikata toisiaan.

Projektia aloitettaessa ensimmäisiä esiin nousevia haasteita olivat ilmiselvästi akustiikkakysymykset suunnittelussa sekä työmaan haasteellinen sijainti Helsingin ruuhkaisen keskustassa. Sijainti oli osaltaan myös luomassa haasteita akustiikkaan. Ruuhkaisen liikenteen äänet sekä runkoäänien välittymisen lisäksi talon itsensä häiriöäänet olivat ongelmallisia. Mm. konserttisalin kameroiden tuuletukset piti ottaa akustiikkasuunnittelussa huomioon.

Musiikkitalo voitti vuoden 2011 RIL-palkinnon eli Suomen Rakennusinsinöörien Liiton jakaman vuosittaisen palkinnon. RIL-palkinnolla palkitaan rakennuskohteita, joiden suunnittelussa ja toteutuksessa on osoitettu erinomaista rakennusalan osaamista joko uutta kehittämällä tai olemassa olevaa tietoa luovasti soveltamalla sekä kiinnitetty tekniikan ohella huomiota taloudellisiin, yhteiskunnallisiin ja ympäristönäkökohtiin. Rakennuslehti myös palkitsi Musiikkitalon työmaan vuoden 2010 parhaana.

Näin ääniteknisesti sekä teknisesti monimutkaisessa kohteessa suunnittelu- ja rakennusvaiheissa tekniikoiden yhteensovittaminen helpottuu huomattavasti, kun tehdään asiaankuuluvat törmäystarkastelut ja sovittamiset.

Selväksi tuli myös, että tietomallinnus ei ole mikään avain onneen, jonka avulla voidaan unohtaa kaikki perinteiset työtavat. Vanhaa ja hyvää insinöörikäytäntöä noudattaen

tulisi sovittaa tekniikat keskenään korkeusmaailman yms. suhteen, ennen kuin aloitetaan mallinnus.

3.3 Logistiikkakeskus PTDC, Sipoo

Kuvassa 7 esillä ilmakehu PTDC:stä.



Kuva 7. PTDC Logistiikkakeskus, ilmakehu

3.3.1 Taustaa

Logistiikkakeskus PTDC on Sipoon Bastukärrin alueelle rakennettava S-ryhmän ympäri Suomea sijaitseviin toimipisteisiin toimitettavien käyttötavaroiden lähtöpaikka. Se on kokoluokaltaan mittava, ja sen suunnittelussa on otettu huomioon erityisesti logistiset vaatimukset ja käyttöänsä aikainen energiatehokkuus. Tarvesuunnitelman mukaisesti projektiin kuuluu päärakennus, joka on kooltaan n. 144 000 m², sekä pienemmät apu-toimi-, portti- ja kiinteistöhuoltorakennukset. Rakennuksen sisäinen logistiikka tulee olemaan käytännössä täysin automatisoitu, yhtäaikainen henkilömäärä työvuorossa on vain noin 550 henkilöä.

Rakennuksen toiminta suunnitellaan siten, että määritettävä elinkaari tulee olemaan vähintään 50 vuotta. Ylläpidollisiin toimenpiteisiin tulisi kiinnittää huomiota. Ympäristönäkökohdista tehdään erillinen BREEAM-selvitys.

Haastateltavana oli jälleen LVI-projektipäällikkö Jari Hotokainen SOK Kiinteistötoiminoilta.

3.3.2 Työn kulku

Projekti oli alusta asti tarkoitus tehdä tietomallina, mutta vain 3D:nä. Kohde tarjoaa massiivisen kokonsa lisäksi haasteeksi vaihtuvien sisäilmasto-olosuhteiden, kosteuden ja lämpötilan, kontrolloinnin sekä tilojen korkeuden, sillä kerrostumista ei saisi olla. 3D-mallintamisen lisäksi harkitaan tuotavaksi muita tietomallinnuksen puolia. 3D-yhdistelmämalli toimii sekä suunnittelun ja rakentamisen apuvälineenä, että laadunvarmistuksen työkaluna. Jos kaikki toimii hyvin tehdyssä suunnitelmassa, toimii se hyvin varmasti myös rakennettuna.

Projektissa on omat suppeahkot tietomalliohjeensa, joiden lisäksi nojataan vahvasti YTV2012:een. Tietomallin lisäksi kohteesta tehdään useita erilaisia olosuhte- ja energiasimulaatioita ja laskelmia. Vaativat CFD-simulaatiot (*Computational Fluid Dynamic*) otettiin mukaan suunnitteluun helpottamaan kylmätilojen kontrollointia.

Tietomallien viikoittaisten jakamisten lisäksi suunnittelijaosapuolet jakavat työkalujensa natiivimalleja käytettäväksi esim. AutoCADissa ristiviittausmalleina (xref). Mallien aktiivisen jakamisen lisäksi pidetään mallipalaverieja normaalien suunnittelupalaverien tueksi. Näissä on käynyt ilmi esimerkiksi varastointiautomaatiojärjestelmätoimittaja Witrinin alkuperäisen ensimmäisen iteraation mallin liiallinen raskaus. Jos valtavassa, koko rakennuksen kattavassa, automaatiojärjestelmässä on simuloitu jokainen ruuvi-kin, on tämän mallin avaaminen, puhumattakaan normaalin työn tukena käyttäminen, muille suunnittelijoille kohtuuttoman raskasta.

3.3.3 Haasteet ja opittua

Kohde on kirjoitushetkellä (kesä 2013) vielä 1. vaiheen rakennusvaiheessa, joten käytännön kokemuksia tietomallin käytöstä rakennustyömaalla ei paljoa vielä ole. Työyh-

teenliittymälle on kuitenkin tehty selväksi, että tietomallin hyödyntämistä edellytetään. Lisäksi vaaditaan selvitys käyttötavoista. Ylläpito- ja käyttövaiheen tietomallihyödyntäminen on keskustelun alla.

Suunnitteluvaiheessa on käynyt ilmi tietomallin nopeuttava ja näin monialaisessa kohteessa risteilyjen kohdalla ensiarvoisen tärkeä visualisoiva vaikutus. Lisäksi joillekin toimijoille tietomallipohjainen työskentely on ollut uutta, joten heidän toimintansa on ollut alussa hieman kankeaa. Kuitenkin mainitun Witronin tehtyä toimivampi eli skaalaa sopivampi yksinkertaisempi malli ovat kaikki suunnittelijat olleet kiitollisia. Tämänkaltaisen varastointiautomaatiojärjestelmän tilanvarauksien huomioonottaminen olisi muuten ollut lähes arvauksen varassa. Kaikki työ suunnitteluvaiheessa on kuitenkin pois rakennusvaiheessa. Koneen ruudulla satojen metrien putkivedon korjaaminen on huomattavasti edullisempaa kuin joutua korjaamaan jo asennettu putkimatto työmaalla.

3.4 TEM

3.4.1 Taustaa

Työ- ja elinkeinoministeriön toimistorakennus sijaitsee osoitteessa Eteläesplanadi 4, Helsinki. Kohteen peruskorjausta varten suoritettava hankesuunnittelu alkoi vuonna 2011, ja varsinainen suunnittelu käynnistyi 2012. Kohde on salainen, joten yksityiskohmainen kuvailu ei onnistu tämän insinööriyön valossa. Tulen kuvailemaan vain ylimalkaisesti tietomallinnuksen roolin työn suunnittelussa.

Haastateltavana oli LVI-insinööri Eero Lukkarinen Pöyry Finland Oy:lta. Lukkarinen oli kohteessa suunnittelijana.

3.4.2 Työn kulku

Ensimmäiset haasteet kohteen suunnitteluvaiheessa jo aiheutti kohteen status suojeltavana kohteena. Arkkitehtuuriin ei siis olisi soveliasta tehdä muutoksia. Suunnittelu tulitaisiin siis tekemään ahtaiden tilarajojen puitteissa. Haasteeseen toi vielä lisävaikeutta ajan tasalla olevien suunnitelmien puute. Kuilujen yms. koot lähinnä arvioitiin. Suunnittelu oli alusta asti tarkoitus tehdä tietomallipohjaisena. Työvälineinä koko suunnitte-

luprosessin läpi olivat luvuissa 2.3.2 ja 2.3.3 tarkemmin esitellyt MagiCAD, Solibri Model Checker, IDA ICE, Archicad beta, CADS sekä Tekla Structures.

Vaikkakin hankesuunnittelusta luonnossuunnitteluun siirryttäessä olisi pitänyt olla arkkitehdin inventointimalli tietomallina kohteesta, sitä ei ollut. Inventointimalli toimitettiin sittemmin laserkeilauksen avulla tehtynä. Mallinnusohjeina olivat COBIM 2011:een perustuvat, Senaatti-kiinteistöjen suppeahkot tietomalliohjeet.

IV-koneet mallinnettiin heti mahdollisimman tarkasti, sillä vesikattoa ei ollut mahdollista näiden rajoitusten puitteissa korottaa. Vaikka konehuoneen mallintamisessa kesti kauan ja se oli työlästä, tämä tarkkuus tuli myöhemmin takaisin suunnittelussa säästettynä aikana ja vaivana, sillä huonetta ei tarvinnut työstää läpi useita eri kertoja.

Koska kyseessä oli peruskorjaus, purkutöiden edetessä tulee suunnitelmiinkin paljon muutoksia erilaisten yllätysten paljastuttua rakenteiden sisältä. Lisäksi kun laserkeilausta ei ollut tehty valmiiksi, tarkennettiin suunnitelmia keilauksen edetessä alue kerrallaan. Työmaalla on tarkoitus nimittää mallivastaava, joka osaisi tietomallia käyttää hyväkseen ja ottaa asentajille kuvankaappauksista tehtyjä printtejä käytettäväksi.

3.4.3 Haasteet ja opittua

Mielenkiintoisena yksityiskohtana projektissa oli sen pioneeriluonteinen vaikutus työtapojen kehitykseen. Projektissa kävi niin, että vanhemmalla, teknisesti perehtyneemmällä suunnittelijalla oli usein apunaan nuorempi tietoteknisesti orientoituneempi aisapari. Arkkitehti myöskin totutteli Archicadin beetaversioon uusiin ominaisuuksiin, ja tämä koettiin hieman kokonaissuunnittelua hidastavaksi tekijäksi. Aikataulussa ei ollut myöskään huomioitu tietomallintamisen vaatimaa lisäaikaa ja vaikutusta muiden suunnittelijoiden työhön.

Tietomallien jako osapuolten kesken oli myös haasteellista. Tarkoitus oli päivittää kerran viikossa pankkiin mallit, mutta tosiasiasa jouduttiin sähköpostitse lähettelemään pieniä osamalleja. Tässä oli riskinä väärintulkinta, sillä samasta kohdasta saattoi olla liikkeellä kaksi erilaista mallia, molempien kuitenkin ollessa suunnittelijan julkaisemia ja siten tietyllä tavalla virallisia.

Projektiin myös otettiin mukaan tietomallikoordinaattori helpottamaan suunnittelualojen yhteistyötä. Alussa saattoi käydä niin, että esimerkiksi arkkitehti ja rakennesuunnittelija mallinsivat samoja asioita. Työnjako selkeytyi kuitenkin suunnittelutyön edetessä.

4 Ajatuksia ja parannusehdotuksia tietomallin käytöstä

Alan kirjallisuudessa tiedossa olleita ongelmia ovat pitkään olleet sekä hajaannus tekijäkentällä että tietotekniikan epätasainen hyväksikäyttö. (1)

Haastatteluissa ilmitulleita parantamisehdotuksia tietomallinnuspohjaisiin suunnittelutöihin oli seuraavia:

1. Muutoksien parempi kirjaaminen. Kun tietomallia päivitetään, tulisi muutokset kirjata samalla tavalla kuin tasokuvia päivitettäessä pidetään muutosluetteloa. Ei ole millään tasolla realistista olettaa, että laajasta, koko rakennuksen kattavasta tietomallista jotenkin voisi erottaa muut kuin kokoluokaltaan mittavat muutokset pelkästään mallia silmäilemällä. Erilaiset huomiomerkinnot itse malliin sekä erillinen tietomallimuutosluettelo kiinnittäisivät huomion tehokkaammin tehtyihin muutoksiin, eivätkä ne menisi huomiotta sitten muilta mallia hyödykseen käyttäviltä osapuolilta.

Vaikka tietomalliselostuksessa jonkin verran pyritään kirjoittamaan sanallisesti muutoksia, on kuitenkin varsinaisen muutosluettelon pitäminen mallipäivitysten rinnalla hyvä käytäntö.

2. Ei anneta tietomallinnuksen tuomien mahdollisuuksien sokaista ja viedä fokusta pois vanhasta, varmasta ja teknisesti toimivasta insinööriyöstä. Työn pitää ennen kaikkea olla määräysten ja oikean maailman realiteettien mukainen ja tarkoituksenmukaisesti toimiva talotekninen kokonaisuus.
3. Suunnittelutyötä pitäisi tehdä enemmän kokonaisuuden osana, sen sijaan että vain keskitytään omaan suunnittelualaan.
4. Tästä suunnittelualojen tiivistymisestä johtuen tarvittaisiin myös tekniikan puolelle eräänlainen pääsuunnittelijan manttelin ottava henkilö. Nyt arkkitehdin toi-

miessa pääsuunnittelijana ei teknisten kokonaisuuksien yhteensovittaminen ole täysin helppoa.

5 Yhteenveto

Tietomallinnus on erittäin rikas ja tehokas työkalu ja -tapa, jota ei tämän suppean otoksen perusteella täysin osata hyödyntää Suomessa. Oikein toteutetulla tietomallipohjaisella suunnittelulla voidaan tehostaa koko rakennushanketta valtavasti. Haastattelujen kohteina olleet projektit ovat olleet kaikki eräänlaisia pilottihankkeita. Näissä tehdyt tietomallit on koettu erittäin hyväksi ja nopeiksi työvälineiksi, erityisesti eri suunnittelu-alojen törmäystarkasteluiden välillä.

Tietomallinnus helpottaa ja nopeuttaa elinkaari- ja energia-analyysien sekä olosuhdesimulointien tekemistä. Kun rakennuksesta on oikein tehty ja määritelty malli, tämä voidaan ottaa suoraan laskentapohjaksi simulaatio-ohjelmaan. Tällöin kynnys simulointien käyttöön suunnittelun osana madaltuu ja suunnittelun laatu paranee.

Tietomallin käyttö visuaalisena apuna rakennustyömaalla on myös ollut merkittävää. Erityisesti tekniikaltaan ahtaat ja haastavat kohdat (TEM:n konehuone, Musiikkitalon pääsalin alainen tekniikka) ovat asentajille sekä suunnittelijoille huomattavasti helpommin hahmotettavissa, kun on oikea tietomalli, jota pyöritellä ja jonne sukeltaa.

Tietomallin käyttö kustannusarviointiin (5D-suunnittelu) olisi helpohkosti tehtävissä pienin lisäinvestoinnein ajan, rahan ja työmäärän suhteen. Kun rakennuksen tietyn alueen rakenteet ja tekniikka on suunniteltu oikein, voidaan ottaa massalista ja verrata sitä vastaavaan hintataulukkaan. Ainoa mitä pitää tehdä, on pitää huoli siitä, että käytetään asioista samoja nimiä. Standardoitujen IFC-termien käyttö on osa hyvää suunnittelukäytäntöä, joten on täysin realistista olettaa, että joidenkin vuosien päästä ohjelmat eivät käytä toisistaan poikkeavaa termistöä.

Ylläpito- ja käyttövaiheessa tietomalleja ei myöskään vielä hyödynnetä juuri mitenkään. Mallit ovat kuitenkin niin visuaalinen tapa kuvata rakennusta kuin voi olla. Jos oletetaan, että mallit on myös päivitetty työmaalta tulleiden suunnitelmista poikkeavien asennusratkaisujen mukaisiksi ("punakynät"), ne ovat myös ajantasaisia. Malleissa oleviin tuotteisiin voisi liittää tietoa esimerkiksi valmistajien kotisivuilta löytyvistä tuote-

esitteistä, huoltoväleistä yms. Huoltovälit voitaisiin myös värikoodata ja liittää malliin visuaalinen hälytys kun lähestytään vaihtoväliä.

Lähteet

- 1 Laakso, M., Kiviniemi, A. & Turk Z. (toim.) 2012. THE IFC STANDARD – A REVIEW OF HISTORY, DEVELOPMENT, AND STANDARDIZATION. ITCon:17, s. 134-161.
- 2 Building Information Modeling (BIM) . 2012. Verkkodokumentti. Mark Miner. <http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html>> Luettu 2013.
- 3 Open BIM & Closed BIM . 2012. Verkkodokumentti. LEEDS Metropolitan University, The Centre for Knowledge Exchange. < <http://ckegroup.org/thinkbimblog/wp-content/uploads/2012/04/BIM-vs-OPENBIM.pdf>> Luettu 2013.
- 4 IU BIM Standards. 2013. Verkkodokumentti. Indiana University. <<http://www.iu.edu/~vpcpf/consultant-contractor/standards/bim-standards.shtml>> Luettu 2013.
- 5 Tietomallintamisen käytöt rakentamisessa. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin yliopisto. <http://www.muutoslaboratorio.fi/files/5_Tietomallintamisen_kaytot_rakentamisessa.pdf> Luettu 2013.
- 6 IFC4 – the new buildingSMART Standard. 2013. Verkkodokumentti. buildingSMART International, Model Support Group. < http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatisNew.pdf> Luettu 2013.
- 7 Henttinen, Tomi. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1 Yleinen osuus. Rakennustietosäätiö RTS.
- 8 Rajala, Marko. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 2 Lähtötilanteen mallinnus. Rakennustietosäätiö RTS
- 9 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R & Liston, K. 2008 BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for OWners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- 10 Järvinen, Tero, Laine, Tuomas, Kaleva, Kari & Heljomaa, Kimmo. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4 Talotekninen suunnittelu. Rakennustietosäätiö RTS
- 11 Tekla BIM awards winners 2011. Verkkodokumentti. Tekla. <<http://www.tekla.com/international/about-us/news/pages/winners-tekla-global-bim-awards-2011.aspx>> Luettu 2013

Haastattelukysymykset

1. Lyhyt kuvaus / esittely itsestä, koulutus- ja projektihistoria (tietomallinnuskeskeisesti, onko opittu lähinnä tekemällä, kurssittautumalla vai miten? (Minkä näet parhaana tiedonlähteenä koskien tietomallinnusta?))
2. Lyhyt kuvaus kohteesta, sen koko, aikataulu, alusta asti tiedossa olleet haasteet sekä myöhemmin löytyneet jne.
3. Kohteen historia tietomallina, oliko alusta asti tarkoitus tehdä tietomalli? Oliko selvää, mitä se pitää sisällään? Oliko se enemmänkin yksi työkalu muiden joukossa vai kokonaan työ- ja ajattelutapa? Molempia?
4. Mitä työkaluja käytettiin? Sovittiinko näistä heti projektin alussa? Oliko sovittu mallinnusohjeista?
5. Miten kohteesta tehtiin tietomalli? Oliko pelkästään 3D-suunnitelma, vai käytettiinkö myös tietomallin informaatioisisältörikkaampia puolia (4D, eli aikataulu yms)?
6. Mitenkä tietomallinnus ja sen olemassaolo prosessin osana vaikutti suunnitteluun?
7. Entä työmaalla rakennusvaiheessa? Käytettiinkö edes? Jos käytettiin, niin miten?
8. Entä ylläpito- ja käyttövaiheessa?
9. Mitkä olivat suurimmat esiinnousseet ongelmat? Jälkikäteen ajatellen, miten näitä olisi pystytty välttämään? Projektista opittua?

Esimerkkejä mahdollisista ongelmista:

- Aito koordinaation puute työnkulussa, ihmiset vain dokumentoivat omat tekeleensä ja jakavat ne
 - Tietohävikki muuttaessa tietoa natiiviformaatista jaettavaan (esim. dwg -> ifc) (aidosti ohjelmistokohtainen ongelma)
 - Puutteita tiedon hyödyntämisessä, tietoa ei saada ulos, vaikka sitä olisi (enemmän ohjelmisto- ja käyttötaitokohtainen ongelma)
 - Tietoa ei käytetä, vaikka sitä saataisiin ulos (enemmän käyttäjän asenneongelma)
 - Päivitettyjen suunnitelmien jako on kerralla suoritettava satunnainen teko, sen sijaan että olisivat jatkuvasti synkassa ja ajankohtaisia suhteessa toisiinsa, ajankohtaisuuden puute
 - Koordinaatioympäristön puute eri suunnittelualojen välillä, törmäystarkastelut, toteutusongelmat jne. Saatiinko tietomallinnuksen tarjoama tieto oikeasti hyödynnettyä suunnittelussa ja muuten?
 - Ajankohtaisen mallin hyödyntäminen työmaalla
 - Ongelmat työnjaossa, vastuukysymykset, lakiasiat yms
10. Entäpä suurimmat hyödyt? Olisiko näissäkin ollut jotain, mistä olisi ollut mahdollista saada vielä enemmän irti? Jätettiinkö jotain selkeästi hyödyntämättä?
11. Oliko mallin ylläpidossa ongelmia? Oliko selvää, kuka osapuoli ylläpitää mitäkin osaa mallista?
12. Miten informaation vaihto koskien tietomallia hoidettiin? Käytettiinkö natiiviformaatteja (.dwg yms) vaiko avoimen tiedonsiirtomallin IFC:tä? Aiheuttiko tämä ongelmia projektipankin kanssa? Mitenkä mallien päivitys ja ajankohtaisuus?
13. Miten sinä näet tietomallinnuksen kehittyvän Suomessa?