

TIETOMALLIN ANALYYSIT JA SIMULAATIOT RAKENNUSHANKKEESSA

Diplomityö
TTY - Arkkitehtuurin Osasto
Miika Lemponen, 24.8.2011

Tarkastaja prof. Kari Salonen

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Arkkitehtuurin koulutusohjelma

MIIKA LEMPONEN: TIETOMALLIN ANALYYSIT JA SIMULAATIOT RAKENNUSHANKKEESSA

Diplomityö, 78 sivua

Elokuu 2011

Pääaine: Rakennussuunnittelu

Tarkastaja: Professori Kari Salonen

Avainsanat: RAKENNUKSEN TIETOMALLI, ANALYYSIT, SIMULAATIOT, RAKENNUSHANKE

Rakennusala Suomessa on vaiheessa, jossa tietomallipohjaisten työkalujen käyttö kasvaa nopeasti. Samalla alan ohjeita ja standardeja uudistetaan. Rakennuksen tietomallintamisen kehitys on luonut uudenlaisia mahdollisuuksia analyysien ja simulaatioiden käytölle rakennushankkeessa. Analyysi- ja simulaatiotyökalut pitävät sisällään tietomallintamisen suurimpia potentiaalisia hyötyjä. Näiden työkalujen käytöllä on suora vaikutus suunniteltujen rakennusten laatuun ja ne avaavat uudenlaisia mahdollisuuksia suunnitteluun ja laadunvalvontaan rakennushankkeessa.

Lähes kaikkia rakennukseen liittyviä näkökohtia voidaan analysoida ja simuloida tietomallien avulla. Käytännössä rakennuksen tietomallipohjaisten analyysien ja simulaatioiden hyödyntäminen eivät ole suomalaisessa rakennushankkeessa itseänselvyyttä. Tehtävät analyysit ja simulaatiot määrittävät tavallisesti sen mukaan, minkälaisia vaatimuksia ja tavoitteita hankkeelle, suunnittelulle tai rakentamiselle yleensä on asetettu viranomais- ja tilaajaosapuolten toimesta.

Tarve analyysien tekemiselle on kuitenkin kaikilla hankkeen osapuolilla koko hankkeen ajan. Käyttäjien tarpeet analyysi- ja simulaatiotyökaluille ovat erilaiset käyttäjästä toiseen ja ohjelmistojen kenttä on hajanainen ja vaikeasti yhteen sovitettavissa. Mikäli tietomallin analyysi- ja simulaatiomenetelmiä pyritään käyttämään apuna hankkeen ohjauksessa, niiden käytön tulisi olla jatkuvaa koko rakennushankkeen ajan ja niistä eri vaiheissa saatavien tulosten tulisi säilyä toisiinsa nähden vertailukelpoisina. Analyyseistä ja simulaatioista saatavan tiedon tulisi olla riittävän tarkkaa ja luotettavaa. Toimijoiden ammattitaidon täytyy kussakin tilanteessa riittää sekä lähtötiedon syöttämiseen oikein sekä tulosten ymmärtämiseen.

Uudet menetelmät ovat suoraan sidoksissa rakennushankkeen tehtäväluetteloiden uudistamiseen. Hyötyjen saavuttaminen vaatii kehitystyötä kaikilta osapuolilta. Tietomallin analyysit ja simulaatiot tuovat uudenlaisia mahdollisuuksia ja haasteita jokaiselle rakennushankkeessa toimivalle osapuolelle.

Tämä työ käsittelee tietomallien analyysi- ja simulaatiotyökalujen käyttöä suomalaisessa rakennushankkeessa. Se tutustuttaa lukijan näiden työkalujen merkitykseen ja nykyiseen kehitykseen ja pyrkii tunnistamaan nykytilanteeseen liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Architecture

MIIKA LEMPONEN: THE ANALYSIS AND SIMULATIONS OF BUILDING INFORMATION MODEL IN A BUILDING PROJECT

Master of Science Theses, 78 pages

August 2011

Major: Architecture

Examiner: Professor Kari Salonen

Keywords: BUILDING INFORMATION MODEL, ANALYSIS, SIMULATIONS, BUILDING PROJECT

The building industry in Finland lies in a state where the use of BIM- based tools is rapidly increasing. At the same time the standards and guides concerning the industry are being renewed. The development of Building Information Modeling has created new kind of possibilities for the use of analysis and simulation methods in a building project. Analysis and simulation tools hold some of the biggest potential benefits of Building Information Modeling. The use of these tools has a direct impact on the quality of the designed buildings and they open up new possibilities for design and quality checking in a building project.

Almost all of the different aspects of a building can be analyzed and simulated with the help of building information models. In practise taking advantage of the BIM-based analysis and simulations is not a certainty. The analysis and simulation methods used are typically defined by what kind of requirements and objectives had been set to the project, design or construction in general by the client and authorities.

Nevertheless the need for the use of analysis tools exists for all the participants in the project throughout the whole project. Users needs for the analysis and simulation tools differ from user to another and the sweep of software is scattered and hard to tailor together. If BIM-analysis and -simulation methods aim to assist in guiding the implementation of a buiding project, the use of them should be consistent troughout the project and results gained from them in different phases should remain comparable with each other. The information produced should be sufficiently accurate and reliable. The proficiency of the user needs to cover the correct input as well as the correct understanding of the result.

New methods are bound together with the renewal of tasklists in the building project. Achieving benefits requires development from each participant. Taking advantage of the BIM based analysis and simulation methods creates new kind of possibilities and new kind of challenges to each participant in a building project.

This theses reviews the use of BIM-based analysis and simulation tools in a Finnish building project. It introduces the reader to the meaning and current development of these tools and aims to identify the challenges and possibilities related to the current situation.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen Teknillisen Yliopiston Arkkitehtuurin osastolle. Työn ohjaajana on laitoksen puolesta toiminut Kari Salonen.

Työhön liittyvän tutkimuksen on tilannut Senaatti kiinteistöt ja Skanska Oy. Pääasiallista tutkimustyötä, johon sisältyi kyselytutkimus, haastatteluita sekä suppea ohjelmistokartoitus tehtiin 2010 vuoden alusta saman vuoden alkusyksyyn. Tuona aikana työtä ohjasi aktiivisesti ohjausryhmä johon osallistuiivat:

Senaatti-kiinteistöt: Kari Ristolainen, Juha Muttilainen

Skanska Oyj: Tiina Koppinen, Mikko Lehto, Pellervo Matilainen

Tietoa Finland Oy: Marko Rajala

Sydämelliset kiitokset kaikille tutkimusta ohjanneille henkilöille, haastatelluille, kyselytutkimukseen osallistuneille sekä kaikille, jotka ovat jollain tapaa edesauttaneet diplomityöni valmistumisessa.

Sisällys

I	Tietomallin analyysit ja simulaatiot rakennushankkeessa
II	Tiivistelmä
III	Abstract
IV	Alkusanat
VI	Kuvat, kaaviot ja taulukot
1	Johdanto
1	Tutkimuksen aihe
2	Tutkimuksen tavoite
2	Teoriatausta
3	Menetelmät
4	Aineisto
5	1. Analyysit ja simulaatiot tietomalliympäristössä
5	1.1. Analyysit suunnittelussa ja tietomallintamisen tuoma kehitys
9	1.2. Johdanto alan tietotekniseen viitekehykseen
11	1.3. Tietomallintamisen kehityksen viitekehys ja nykytila Suomessa
15	1.3 Analyysi ja simulaatio digitaalisessa ympäristössä
18	2. Tietomallipohjaisten menetelmien nykyinen käyttö rakennushankkeessa
18	2.1. Analyysivaihtoehdot ja vaatimukset
20	2.2. Kansallisesti merkittävät tietomalli ohjeet ja vaatimukset
27	2.3. Menetelmien painottuminen hankkeen tiettyihin vaiheisiin
29	2.4. Erilaisten käyttötarpeiden asettamat vaatimukset
31	3 Tietomallin analyysien ja simulaatioiden haasteita
31	3.1 Tiedonsiirto
35	3.2 Tulosten tarkkuus
38	4. Huomioita tietomallin analyysien soveltamisesta rakennushankkeeseen
38	4.1 Analyysieihin tarvittavan tiedon kertyminen hankkeessa
40	4.2 Analyysit osana toimijoiden työnkuvaa
48	Johtopäätökset
49	Lähteet
Liite1 1	Liite 1. Kysely tietomallin analyysi- ja simulaatio-ohjelmien käyttöön liittyvistä kokemuksista ja mielipiteistä Suomessa
Liite1 1	Tiivistelmä
Liite1 1	Toteutus
Liite1 1	Rakenne
Liite1 3	Tulokset

KUVAT, KAAVIOT JA TAULUKOT

[Kuva 1] Lemponen, M. 2011, Vaihtoehtojen vertailu tavoitteisiin

[Kuva 2] Yleiskuva, Viitattu: <http://www.tkk.fi/Yksikot/Laiva> [12.8.2011], FINFLO-SHIP Pressure distribution on the hull of a container ship(Hamburg test case) $F_n=0.28$, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.tkk.fi/Yksikot/Laiva/Opinnot/Paa_ja_Sivuaaineet/hydrodynamiikka.html

[Kuva 3] Lemponen, M. 2011, “Älä tule paha kakku, tule hyvä kakku”

[Kuva 4] “Ivan Sutherland’s Sketchpad console”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.mprove.de/diplom/text/3.1.2_sketchpad.html, “Ivan Sutherland demonstrating Sketchpad”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sketchpad-Apple.jpg>

[Kuva 5] Eastman, C. 1975, “Typical system organization of a building description system” [19 s 17](käännökset Lemponen, M)

[Kuva 6] Succar, B. 2009, “BIM Stages” [16]

[Kuva 7] Succar, B. 2009, “BIM Stage 1: object-based modelling” [16 s 364]

[Kuva 8] Succar, B. 2009, “BIM Stage 1: Model-Based Collaboration” [16 s 364]

[Kuva 9] Penttilä, H. “Cad systems evolution”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.mittaviiva.fi/hannu/studies/thesis/thesis_0812/081023_thesis_pres_v9_files/081023_thesis_pres_v9.ppt

[Kuva 10] Succar, B. 2009, BIM Stage 1: “Network-Based Integration” [16 s 365]

[Kuva 11] U.S. General Services Administration, 2009, “General architecture of energy simulation tools” [35 s 11](käännökset Lemponen, M)

Lemponen, M. 2011, “Ihmishahmo”

[Kuva 12] Lemponen, M. 2011, “Simulaation rajauksen suhde suurempaan tavoitteeseen”

[Kuva 13] “Clash”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: <http://www.africansurveyors.com/clash-detection.html>, “Checking the escape routes for a floor using Solibri Model Checker”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: <http://www.aecbytes.com/review/2009/SolibriModelChecker.html>

[Kuva 14] “Model_Img”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: <http://www.actnowco2.co.uk/>, U.S. Department of energy, “Riuska”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/screenshots.cfm/ID=239/page-name_submenu=load_calculation/page_name_menu=whole_building_analysis/page_name=subjects

[Kuva 15] “Moscow Arena: simulated temperature distribution in an ice hockey game”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.granlund.fi/en/services/calculation_and_simulation/cfd-simulations/, “9”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: <http://www.iesve.com/software/showcase/detail?id=1728>

[Kuva 16] U.S. Department of energy, “tool_dialux_ss3”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/screenshots.cfm/ID=497/page-name_submenu=/page_name_menu=/page_name=alpha_list_sub, “China_01”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.yichunhuang.com/projects/2008_China/2008_china.html

[Kuva 17] Lemponen, M. 2011, “Ohjelmistokartoitus”

[Kuva 18] Kankainen, J. Junnonen, J-M. 2004, Rakennuttaminen, s.42 (korostus Lemponen, M.), Lemponen, M. 2011, “Tulokset 14”, Kysely tietomallin analyysi- ja simulaatio-ohjelmien käyttöön liittyvistä kokemuksista ja mielipiteistä Suomessa, (korostus Lemponen, M.)

[Kuva 19] Penttilä, H. “Early Design Information Management”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.mittaviiva.fi/hannu/studies/thesis/thesis_0812/081023_thesis_pres_v9_files/081023_thesis_pres_v9.ppt

[Kuva 20] “Acoustic-Analysis-1”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: <http://leedanalysis.com/acoustic.php>, “Grip Map”, [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.odeon.dk/pdf/Brochure_Odeon91.pdf

[Kuva 21] Lemponen, M. 2011, “Tiedon siirron käyttötapaus - lego”

[Kaavio 1] Lemponen, M. 2011, ”Tulokset 16-17” [Liite 1 s 17]

[Kaavio 2] Lemponen, M. 2011, ”Tulokset 6-7” [Liite 1 s 6]

[Taulukko 1] Korhonen, M. Laine, T. Energy Analysis Software Evaluation BIM Interface and Interoperability, ”Summary of energy analysis software tool features” [Viitattu: 12.8.2011] Saatavilla: http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/BIM%20and%20Building%20Simulation%20Research/Granlund_Report_SoftwareEvaluation.pdf

Johdanto

Tutkimuksen aihe

Tutkimuksen aiheena on tietomallianalyysien ja -simulaatioiden käyttö rakennushankkeessa: Tämänhetkiset käytännöt ja käyttöprosessit sekä mahdollisuudet, joita analyysien ja simulaatioiden käytöllä voidaan saavuttaa ja vaikutukset jotka niiden käytöllä on suunnitteluprosessille, päätöksen teolle ja lopputulokselle.

Tutkimuksen tausta

Tietotekniikan ja ohjelmistojen kehitys alkaa vähitellen heijastua entistä voimakkaammin myös rakennusteollisuuteen, jota teollisuuden aloista on tavallisesti pidetty yhtenä konservatiivisimmista. Tämä kehitys luo jatkuvasti uusia mahdollisuuksia ja työkaluja rakennushankkeen prosessien kehittämiseksi. Rakennushankkeeseen liittyvän tiedon tallentamisen ja osapuolten välisen yhteistyön mahdollisuudet ovat huomattavasti parantuneet tietomallikäytäntöjen kehittymisen myötä. Analyysiohjelmistojen yhteensopivuus suunnitteluohjelmistojen kanssa on toistaiseksi heikko vaikka suurimmat hyödyt rakentamisen laadun kannalta on juuri analyysien kehittämisessä.

Samanaikaisesti rakentamisen laadun vaatimustaso nousee jatkuvasti muun muassa ympäristöystävällisyyden, energiatehokkuuden, viestinnän, turvallisuuden ym. osalta yleisen asenteiden muuttumisen sekä määräysten tiukentumisen edesauttamana. Tarve saada tietoa eri suunnitteluvaihtoehtojen ominaisuuksista ja vaikutuksesta ympäristöönsä jo suunnittelun varhaisimmista vaiheista on lisääntynyt. Myös tämä lisää tarvetta analyysiohjelmistojen kehittämiseksi ja sovittamiselle rakennushankkeeseen kokonaisvaltaisesti.

Aiheen merkitys

Selvittämällä olemassa olevia analysoinnin käytäntöjä ja vertaamalla niitä ideaaliratkaisuihin saadaan parhaassa tapauksessa käsitys tämän hetken käytännön optimiratkaisuista sekä toivotusta kehityksen suunnasta. Tällaisen yleiskuvan luominen madaltaa tarvittavien työkalujen ja ratkaisujen käyttöönoton kynnystä, mikä on välttämätöntä alan kehityksen jatkumiselle.

Tietomallien analyysiohjelmistojen kehitys ja käyttö rakennushankkeessa parantaa rakentamisen laatua sekä rakennushankkeen tehokkuutta ja sujuvuutta. Niiden käyttöön otolla on myös merkittäviä vaikutuksia rakennushankkeen eri osapuolien toimenkuviin ja työtehtäviin.

Tutkimuksen tavoite

Tutkimustehtävä

1. Kartoittaa tällä hetkellä käytössä olevia rakennushankkeessa käytettäviä tietomallipohjaisia analyysimenetelmiä ja -ohjelmistoja sekä kuvata tietomallianalyysien prosessia Suomessa rakennushankkeessa yleisesti.
2. Selvittää ja kuvata miten analyysiohjelmit sopivat yhteen tietomallipohjaisten suunnitteluohjelmistojen kanssa ja miten ne sopivat eri toimijoiden nykyisiin toimenkuviin.
3. Arvioida yleisellä tasolla tietomallianalyysiohjelmistoja ja analyyseihin liittyvän tiedon siirtymistä sekä ohjelmistojen että osapuolten välillä.

Tehtävän rajaus

Oma toimeni inventointimallintamisen parissa sekä tietomallisovellusten opettajana osaltaan ohjasi aiheen valintaa ja rajausta tietomallintamisen kenttään. Analyysit tietomallintamisessa on ajankohtainen aihealue ja mielenkiintoinen myös siinä mielessä, että tietomallianalyysien käyttöönotto avaa monia konkreettisia hyötyjä rakennushankkeen osapuolille.

Analyysit ja analyysiohjelmit alustavaan selvitykseen on valittu kansallisten vaatimusten ja Senaatti-kiinteistöjen tietomalliohjeiden pohjalta. Rajausta ovat omalta osaltaan määrittämässä myös tutkimuksen tilaajat Senaatti-kiinteistöt ja Skanska Oy, joilla on vahva pyrkimys tietomallintamisen käytön edistämiseen ja yhteentoimivuuden parantamiseen.

Tiedonsiirron osalta rajaudutaan tutkimaan ohjelmistojen yhteentoimivuutta ensisijaisesti kansainvälisen, puolueettoman ifc-standardin avulla ja toissijaisesti käyttäen apuna muita xml-skeemoja.

Teoriatausta

Kirjallisuuskatsaus

Rakennushanketta ohjataan Suomessa mm. maankäyttö- ja rakentamislaitilla, rakennusmääräyksillä ja esimerkiksi rakennustietokortistossa julkaistuilla ohjeilla. Filosofista tutkimusta Suomalaisesta rakennushankkeesta on myös tehty mm. diplomitöinä teknillisillä yliopistoilla Suomessa.

Tietomallin analyysien ja simulaatioiden osalta lakeja ja määräyksiä kansallisella tasolla ei ole asetettu. Monet yhtiöt ja rakennusalan toimijat ovat kuitenkin laatineet omia ohjeistuksiaan tietomallipohjaisten hankkeitten läpiviemiseksi. Näissä tavanomaisesti on myös ohjeita tehtävistä analyyseistä ja simulaatioista. Merkittävimpinä Suomalaisina ohjeina Senaatti-kiinteistöjen tietomalliohjeita, joista viimeisimmät julkaistiin 2007 sekä Raken-

nustieto RT Ry:n pro-IT julkaisusarja.

Pohjoismaissa tieto- ja viestintäteknologian kehitystä on seurattu barometrein ja ohjelmistojen maahantuojien teettämin kyselytutkimuksin. [1][2][3]

Ohjelmistojen yhteentoimivuuden ja kansainvälisen rakennusalan tiedonsiirtostandardin ifc:n (Industry Foundation Classes) tutkimusta ja kehitystä johtaa IAI. Näissä asioissa nojaututaan tässä työssä IAI:n tutkimukseen ja kehitystyöhön sekä sen Suomessa VTT:n alla toimivan Building Smart Finland:in julkaisuihin ja toissijaisesti muiden osapuolten julkaisemiin tutkimuksiin ja tehtyihin haastatteluihin. IFC-standardin osalta tutkimuksessa käytettiin versiota 2x3.

Lähtökohdat ja termit:

- Tietomallintaminen
- Tietomallianalyysi
- Elinkaarianalyysi
- Energia-analyysi
- Arkkitehtuuri
- Luonnossuunnittelu
- Hankesuunnittelu
- Yhteentoimivuus
- IFC

Menetelmät

Tutkimustyön tavoitteet pyritään saavuttamaan hyödyntämällä kyselytutkimusta ja haastatteluita.

Kyselytutkimus: Ohjelmisto- ja työtapakartoituksen tekemiseksi pääasiallisena keinona käytettiin kyselytutkimusta. Tutkimuksella haettiin tietoa tietomallianalyysiohjelmistojen käyttäjien, potentiaalisten käyttäjien sekä valmistajien kokemuksista ja mielipiteistä. Havaintoyksikkönä olivat rakentamisen tietomallianalyysien käyttöön ja kehittämiseen liittyvät toimijat.

Haastattelut: Haastatteleamalla alan asiantuntijoita pyrittiin määrittelemään rakennuksen tietomallin analyysien ja simulaatioiden käytön tavoitteita sekä optimiratkaisun ominaisuuksia. Tutkimukseen valittiin haastateltaviksi sellaisten yhtiöiden työntekijöitä, joilla analyysien teko on laaja-alaisesti ratkaistu yhtiön sisällä, jolloin yhteentoimivuuteen on yleensä panostettu erityisesti.

Työ kokonaisuudessaan on luonteeltaan enemmän laadullista kuin määrällistä tutkimusta. Kokonaisuutena työ on kuitenkin myös toimintatutkimusta, koska siinä sekä tutkitaan vallitsevia käytäntöjä että tehdään näiden pohjalta johtopäätöksiä. Tutkimuksen avulla etsitään ratkaisuja ongelmiin ja pyritään luomaan edellytyksiä uusien toimintatapojen käyttöönotolle.

Aineisto

Kirjallisuus: Perusteoksina tietomallipohjaisen rakennushankkeen tiedonhakuun on käytetty alan tuoreita käsikirjoja sekä kansallisia rakennushanketta ja rakennushankkeen tiedon muotoja koskevia säädöksiä, määräyksiä sekä tietomallintamiseen liittyviä ohjeita.

Haastattelut: Työhön haastateltiin seuraavia henkilöitä:

Pellervo Matilainen, Skanska Oyj

Jiri Hietanen, Datacubist Oy

Timo Rintala, Pöyry Oy

Tuomas Laine ja Erja Reinikainen, Olof Granlund Oyj

Sergej von Bagh, BST-Architects Oy

Mika Vuolle, Equa Oy

Juha Muttilainen, Senaatti-kiinteistöt.

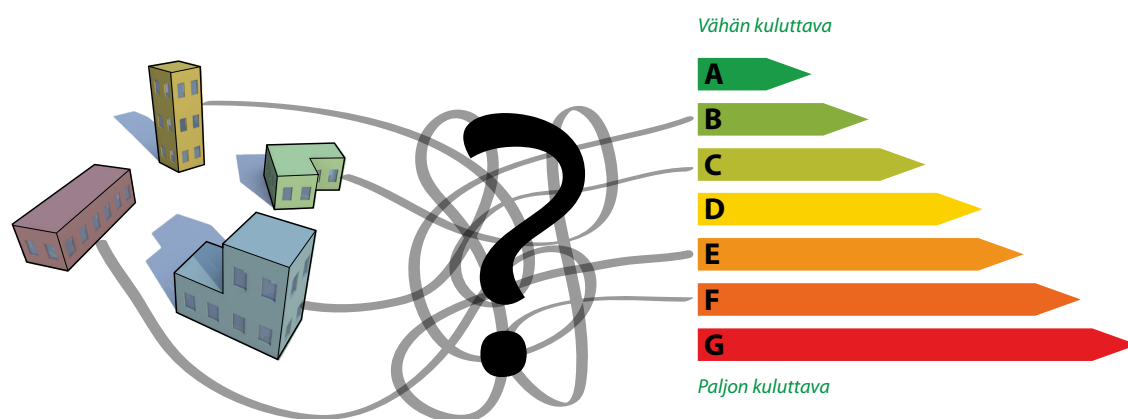
1. Analyysit ja simulaatiot tietomalliympäristössä

1.1. Analyysit suunnittelussa ja tietomallintamisen tuoma kehitys

(Päätöksenteko - analyysit ja simuloinnit)

Päätöksenteko on ajatustyötä, jossa päämääränä on valita tietty toimintasuunnitelma asetettuun tavoitteeseen pääsemiseksi useasta esitetystä vaihtoehdosta. Päätöksen aikaansaamiseksi tarvitaan näin ollen tavoite, johon pyritään sekä yksi tai useampia ratkaisuvaihtoehtoja, joiden avulla tavoite voidaan saavuttaa.

Päätöksen laadun kannalta on tärkeää, että ratkaisuvaihtoehtoja on tarjolla riittävästi ja päätöksentekijällä on keinot arvioida miten hyvin yksittäinen vaihtoehto vastaa tavoitteeseen ja miten se vertautuu muihin esitettyihin vaihtoehtoihin. Analyysit ja simulaatiot ovat tässä yhteydessä menetelmiä joiden avulla tätä arviointia voidaan tehdä tai helpottaa.



Kuva 1. Rakennushankkeessa analyysit ja simulaatiot ovat menetelmiä joiden avulla pyritään selvittämään miten hyvin tietty suunnitteluvaihtoehto toteuttaa hankkeelle asetettuja tavoitteita.

(Päätöksenteko osana rakennushanketta)

Rakennushankkeessa tavoitteen asettelua ja päätöksiä tehdään hankkeen edetessä jatkuvasti useilla eri tasoilla. Kaikkien hankkeessa toimivien osapuolten toimintaan sisältyy vähintäänkin omaan toimintaan liittyvää tavoitteellista päätöksentekoa. Tehtyjen päätösten tulisi olla ammattitaidolla tehtyjä, olosuhteisiin nähden parhaita mahdollisia päätöksiä ja niiden kautta tulisi mahdollisuuksien mukaan kyetä saavuttamaan sekä päättäjän itsensä, että muiden tahojen asettamat tavoitteet. Tämän lisäksi päätökset ja tehdyt ratkaisut olisi kunkin osapuolen kyettävä perustelemaan muille hankkeen osapuolille sekä mahdollisesti muulle yleisölle, jolla vastaavaa ammattitaitoa ei välttämättä ole: *“Minkä vuoksi valita edullista vaihtoehtoa kalliimpi julkisivumateriaali”, “miksi seinän U-arvon tulisi olla 0,2”, “Onko neuvotteluhuoneen paras sijainti juuri tuossa kohdassa rakennusta?”* ja niin edelleen.

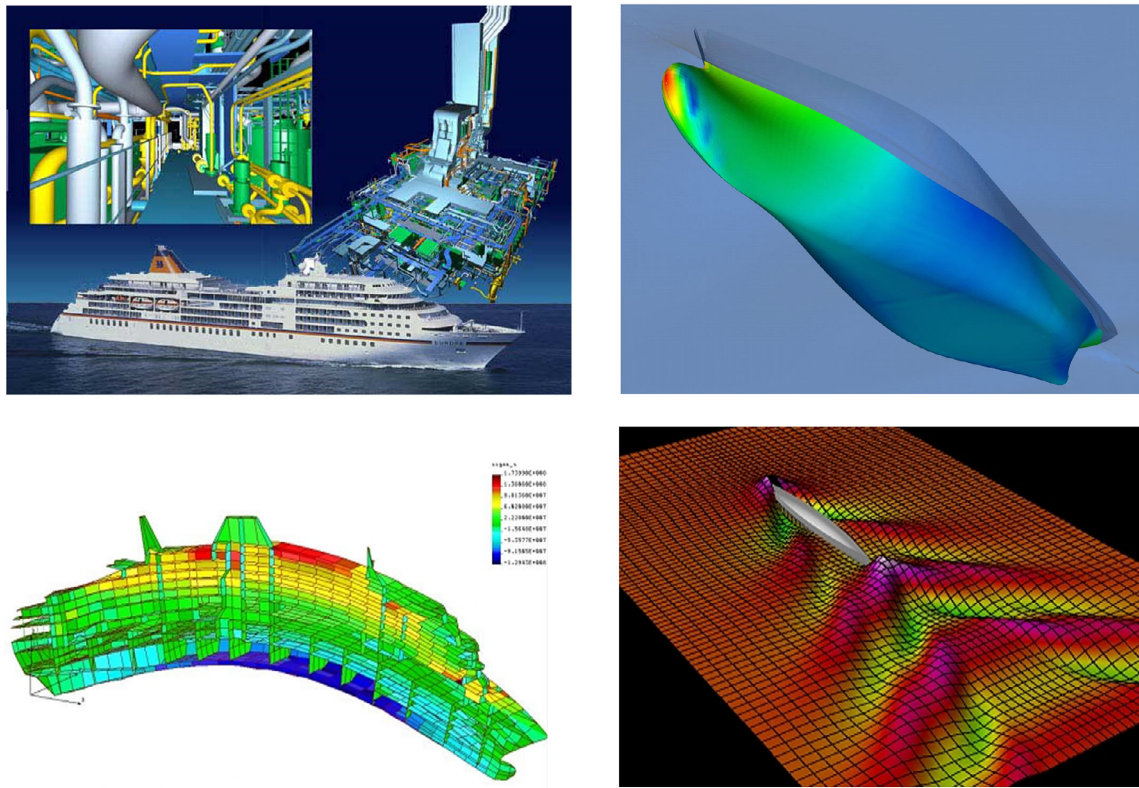
Rakennushankkeessa analyyseillä ja simulaatioilla pyritään perustelemaan tämänkaltaisia hankkeen aikana ja jo sitä ennen tehtäviä päätöksiä tai tuottamaan tietoa niiden helpottamiseksi. Päätöksenteko alkaa jo hankesuunnitteluvaiheessa ennen hankkeen käynnistämistä tavoitteiden asettelussa. Alussa tehdyillä päätöksillä on myös tavallisesti kaikkein suurin merkitys lopputuloksen kannalta.

(Tavoitteiden asettelusta ja hallinnasta hankkeessa - tilaajan ongelma)

Lähtökohtaiset tavoitteet hankkeelle asettaa *rakennushankkeeseen ryhtyvä eli tilaaja*, jolla ei monessa tapauksessa ole kattavaa tietämystä rakentamisesta. Tilaajan olisi kuitenkin kyettävä järkevään tavoitteenasetteluun ja pystyttävä tekemään ratkaisuja joilla tavoitteisiin on mahdollista päästä. Tämän lisäksi tilaajan olisi hankkeen edetessä kyettävä seuraamaan miten hyvin jokin päätös toteuttaa tavoitteen sekä tarvittaessa toimimaan sen mukaisesti esimerkiksi muuttamalla päätöstä tai tarkistamalla tavoitteita.

(Analyytit ja simulaatiot ovat tavoitteiden hallinnan työkalu)

Ratkaisuvaihtoehtoja ja niiden ominaisuuksia analysoimalla ja simuloimalla tarkastellaan miten hyvin kyseinen vaihtoehto toteuttaa asetetun tavoitteen. Näin saadaan tarvittavaa tietoa, jotta voidaan valita tavoitteita parhaiten vastaava suunnitelma. Suorittamalla jo aiemmin tehty analyysi tai simulaatio uudelleen myöhemmin hankkeen edettyä ja suunnitelmien tarkennuttua, nähdään miten tarkennukset ovat vaikuttaneet suhteessa edeltäneeseen tilanteeseen ja alkuperäiseen tavoitteeseen. Analyytit ja simulaatiot ovat tavoitteenasettelun ja -hallinnan merkittävimmät apuvälineet läpi koko hankkeen.



Kuva 2. Mallinnuksen ja simulaatioiden käyttöä laivojen suunnittelussa.

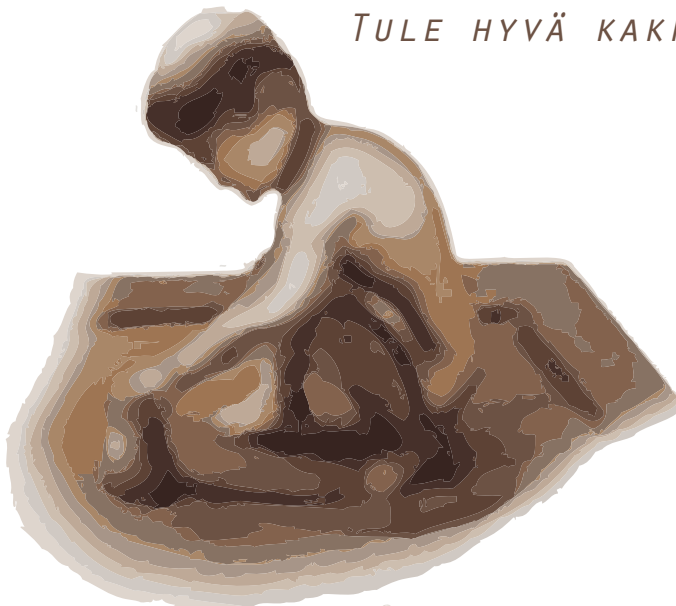
(Simulaatiot muilla teollisuuden aloilla)

Monilla teollisuuden aloilla kokonaisvaltaiset analyysit ja simulaatiot ovat olennainen osa tuotantoa. Useimmat valmistajat testaavat tuotteensa läpikotaisin ennen tuotteiden laittamista markkinoille. Kokeita tehdään sekä fyysisten prototyyppien avulla että virtuaalisessa ympäristössä tietokoneiden avulla. Näin valmistajat saavat tietoa tuotteen ominaisuuksista: Miten heidän tuotteensa tulevat käyttäytymään tai mitä ne kestävät ennen tuotteen valmistusta ja myymistä. Esimerkiksi autovalmistajat testaavat laajasti prototyyppisiä (sekä virtuaalisten mallien avulla, että radalla) ja saavat tietoa uusien malliensa suorituskyvystä ennen valmistuksen aloittamista.

(“Vakuuttele - rakenna - rukoile”)

Rakennusalan tärkeimmän tuotteen - rakennuksen - suorituskyvyn ennalta testaaminen on varsin puutteellista verrattuna muihin teollisuuden aloihin. “Suunnittelijat vakuuttavat asiakkaan esittelemällä muutaman valitun näkökohdan rakennuksen suorituskyvystä (yleensä hinnan ja ulkonäön), jotka asiakas kykenee ymmärtämään, mutta suunnittelija ei voi taata, että rakennus tulee toimimaan asiakkaan odotusten mukaisesti. Rakennusurakoitsijat rakentavat rakennuksen ja kaikki jäävät odottamaan nähdäkseen miten rakennus lopulta toimii, kun se on asutettu ja käytössä. Osapuolet toivovat parasta, mutta odottavat pahinta. Parhaimmillaan kaikki ovat viimein huojentuneita (vaikka jonkun tunteita olisi-kin prosessin aikana loukattu). Pahimmillaan lähes kaikki mukana olleet joutuvat laillisten seuraamusten eteen” [4, s. 1]

-ÄLÄ TULE PAHA KAKKU.
TULE HYVÄ KAKKU. -



Kuva 3. Vladimir Bazjanac kuvaa artikkelissaan muiden teollisuuden alojen suunnittelu- ja tuotantoprosessien noudattavan työtapaa: **“suunnittele - testaa/varmenna - valmista - toiminta - takaa”** Rakennusosalalla tämä työn kulku näyttäisi sitävastoin olevan: **“vakuuttele - rakenna - rukoile”**. [4, s. 1]

(Rakennuksen monimuotoisuus -> Virtuaalinen simulointi ainoa mahdollisuus)

Rakennus on kallis, monimuotoinen ja aina yksilöllinen kokonaisuus, jonka suunnittelu- ja rakentaminen edellyttää monien alojen osaajien pitkän ja työteliään yhteisponnistuksen. Tämä luo omat haasteensa rakennuksen testaamiselle. Yksittäisistä rakennuksen osa-alueista on tähän asti tehty simulaatioita esimerkiksi rajattujen pienoismallien avulla. On kuitenkin ilmeistä, että nykyaikaisen rakennuksen laajuuden ja monimuotoisuuden vuoksi, sen kokonaisvaltaisempi testaaminen ennen lopullista rakentamista on mielekäästä ainoastaan virtuaalisessa ympäristössä.

(Virtuaalimallien tulo rakennusalalle)

Virtuaalimallit ovatkin enenevässä määrin tulleet osaksi rakennusteollisuutta, jota teollisuuden aloista on tavallisesti pidetty yhtenä konservatiivisimmista ja hitaimmin kehittyvistä. Monissa rakennusteollisuuden kehityshankkeissa keskitytään rakennushankkeen prosessien tehostamiseen ja laadun parantamiseen tietoteknisten sovellusten avulla. Työkalut virtuaalisten rakennusten muokkaamiseen kehittyvät nopealla tahdilla. Suurella osalla rakennusalan suunnittelutoimistoista on jo käytössään rakennuksen tietomallin tuottamiseen soveltuvia suunnitteluohjelmistoja. [5, s. 285][6].

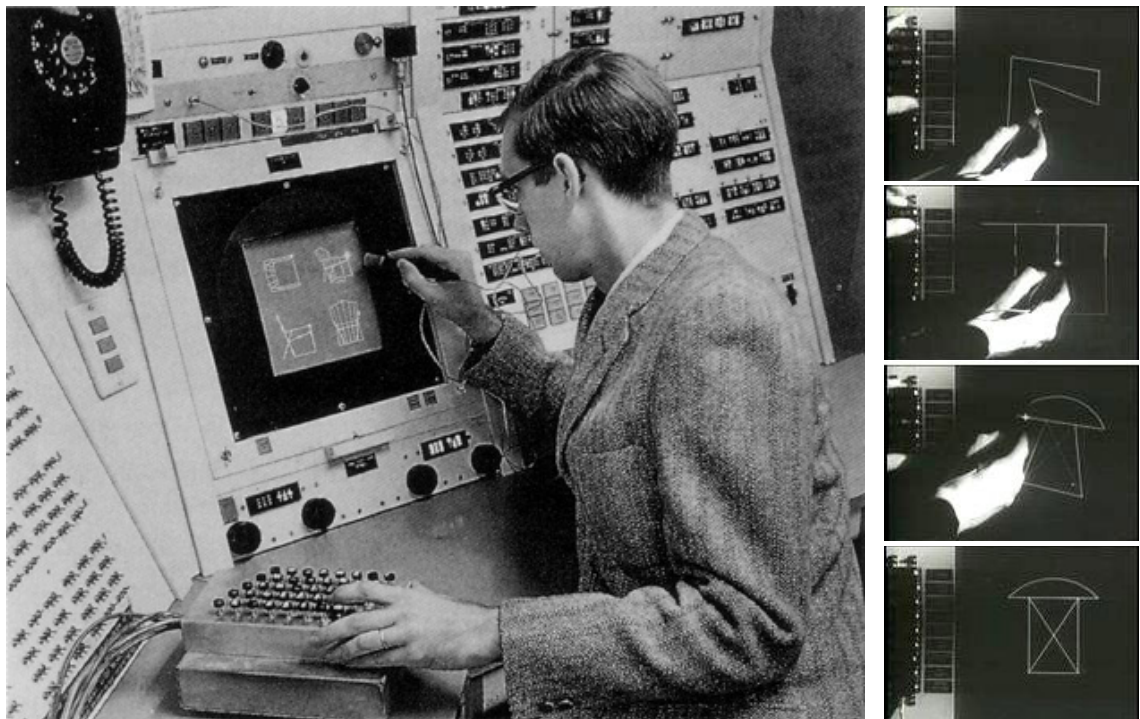
1.2. Johdanto alan tietotekniseen viitekehykseen

(Ohjelmistokehityksen alku)

Rakennussuunnittelussa on käytetty alakohtaisia ohjelmistoja säännöllisesti noin kolmen vuosikymmen ajan, aina siitä lähtien, kun ensimmäiset AutoCAD:in versiot ilmestyivät markkinoille sekä arkkitehti- ja insinöörikouluihin. Suunnitteluohjelmistojen kehitys alkoi kaksi vuosikymmentä aiemmin.

(Suunnitteluohjelmistojen kehityksestä analyysiohjelmat ennen CAD:ia)

Ohjelmistopuolen tietoteknisten innovaatioiden toteutusta ja käyttöönottoa on läpi historian rajoittanut tietokoneiden tietojenkäsittelyn kapasiteetti. Ohjelmistoja on kehitetty aina kulloinkin saatavilla olevan laitteiston ehdoilla. Tämä pitää paikkansa myös rakennussuunnitteluun tarkoitettujen sovellusten kohdalla. Ensimmäiset rakennusalan suunnittelua avustavat sovellukset olivat nimenomaan analyysiin tarkoitettuja ohjelmia, koska niiden suorittamiseen ei tarvittu graafista esitystä rakennuksesta. [7, s 62]. Ensimmäiset graafiset tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD) ohjelmistot toteutettiin vasta 1960-luvulla. Tietokonepohjaisten analyysien ja simulointien teko rakennussuunnittelussa on varhaisempaa, kuin rakennusten tietokoneavusteiseksi suunnitteluksi kutsuttu CAD-piirtäminen. Piirustusten laatimiseen tarkoitettujen ohjelmistojen kehitys jatkui 1960-luvun jälkeen vielä pitkään erillään ja analyysiin ja simulaatioihin tarkoitetuista ohjelmistoista.

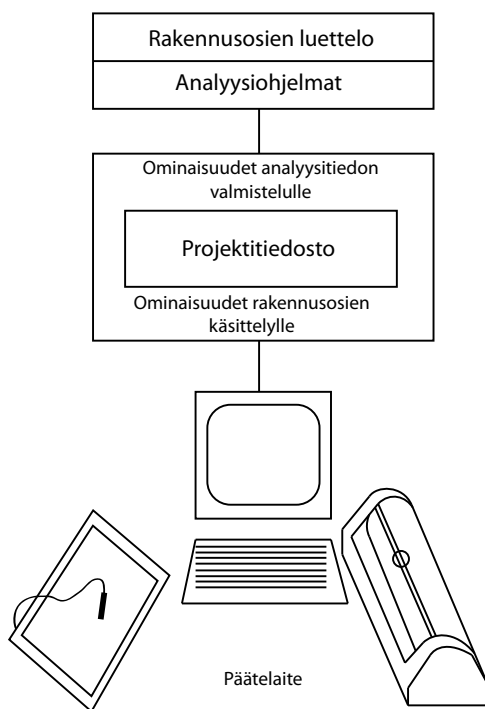


Kuva 4. Ivan Sutherlandin Sketchpad (1963) oli yksi varhaisimmista kehitetyistä suunnitteluohjelmistoista.

(Kokonaisvaltaisemmat ohjelmistoratkaisut)

Ajatus rakennuksen kokonaisvaltaisesta suunnittelutiedon hallinnasta digitaalisesti nousi esiin pian ensimmäisten CAD-ohjelmien toteutuksen jälkeen. Konsepti esiteltiin ensi kertaa, kun varhaisimpia rakennussuunnittelun ohjelmistotuotteita kehitettiin (Bijl ja Shacross 1975; Eastman 1975; Yaski 1981). Näissä visioissa näkökulma painottui enemmän rakennuksen suunnitteluun, kuin piirustusten laatimiseen. Myös analyysien mahdollisuus nähtiin oleellisena osana ohjelmistoa. Kehitystä kohti tämän konseptin kaltaista kokonaisvaltaista rakennuksen oleellisen suunnittelutiedon mallintamista rajoitti sitäkin ensialkuun tiedonkäsittelyn teho.

Oliopainotteisten rakennuksen tuotemallintamisen sovellusten kehitys alkoi varsinaisesti vasta 1990-luvulla. Kolmiulotteisen parametrin mallintamisen kehitystä siivittivät tuolloin sekä tutkimus että ohjelmistovalmistajien tietyille markkinasektoreille (kuten rakenneterässuunnittelulle) kehittämät ohjelmistot. Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD) levisi kuitenkin nopeammin, koska sen osalla koneiden suoritustehon vaatimukset olivat vähäisemmät. Tämä kaksiulotteisten piirustusohjelmien suosio myöhemmin hidasti nykyään rakennuksen tietomallintamisena tunnettujen työmenetelmien käyttöönottoa. [5. s 287]



Kuva 5. Chuck Eastman esitteli raportissaan “General purpose building description systems” 1975 ajatusta yleisistä rakennuksen kuvailemiseen tarkoitetuista järjestelmistä. Näissä ensimmäisissä visioissa analyysimahdollisuuden sisällyttäminen järjestelmään oli merkittävässä roolissa. Eastman listaa tällaiselle ohjelmistolle merkittäviä ominaisuuksia seuraavasti:

1. Rajaamaton rakennusosien luettelo
 2. Erikoisosien helppo lisääminen projektiin.
 3. Erittäin yleisluontoiset muokkaus- ja suunnittelumenetelmät tietokannan käyttämiseksi.
 4. Yleisluontoinen käyttöliittymä analyysien suorittamiselle.
- [8. s 17]

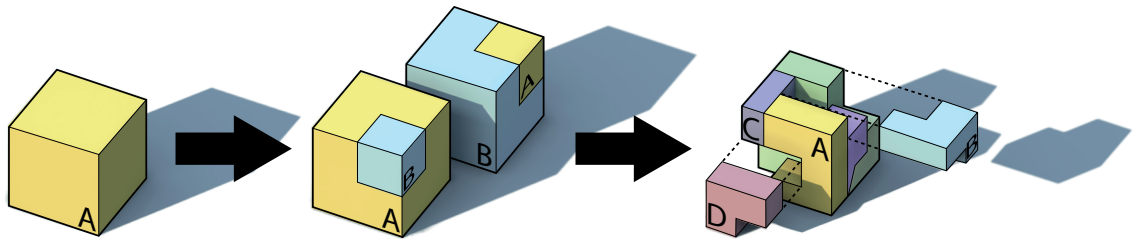
(Tietomallintaminen)

Tänä päivänä paljon käytetty termi tietomallintaminen (Building Information Modeling - BIM) nousi ensimmäisen kerran esiin 1980-luvun lopulla ja on sen jälkeen vähitellen vakiintunut käyttöön. Nykyiset tietomallinnusohjelmistot vastaavat monilta osin sitä visiota, joka on esitetty usealta taholta ainakin kahden vuosikymmenen ajan. [5. s 287] Hannu Penttilä kuvasi tietomallintamista vuonna 2006 seuraavasti: “Rakennuksen tuotemallintaminen, tuotetiedon mallintaminen tai rakennuksen tietomallintaminen (BIM) on menetelmä rakennuksen oleellisen suunnittelu- ja projektitiedon hallitsemiseen digitaalisessa muodossa rakennuksen koko elinkaaren aikana”. [9. s. 9]

1.3. Tietomallintamisen kehityksen viitekehys ja nykytila Suomessa

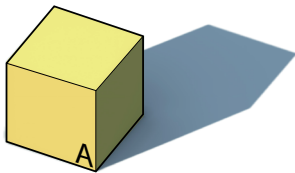
(Analyysien hyödyt sidoksissa tietomallintamisen kehitykseen)

Tietomallin analyysien ja simulaatioiden tehokas hyödyntäminen rakennushankkeessa on sidoksissa tietomallintamisen käyttöönottoon ja yleiseen kehitykseen alalla. Kehityksen alla ovat rakennushankkeeseen liittyvät prosessit, menettelytavat ja teknologiakenttä. Tietomallintamisen kehityksen kuluksa rakennusalalla voidaan tunnistaa eri tyyppisiä vaiheita:



Kuva 6. Bilal Succar jakaa tietomallintamisen kehityksen pääasiallisesti miten tehokkaasti tiedonvaihto osapuolten ja mallien välillä toimii.

Tietomallintamista edeltävässä rakennushankkeessa luotetaan kaksiulotteisiin dokumentteihin kolmiulotteisen todellisuuden kuvaamisessa. Vaikka kolmiulotteisia visualisointeja tuotettaisiinkin, ne ovat tavallisesti irrallisia ja riippuvaisia kaksiulotteisesta dokumentaatiosta. Määriä, kustannusarvioita ja selvityksiä ei tuoteta visualisoinnista, eikä niitä ole linkitetty dokumentaatioon. Hankkeen osapuolten väliset sopimusjärjestelyt rohkaisevat välttämään riskejä.

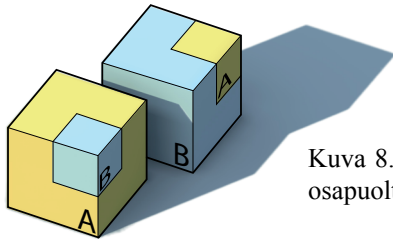


Kuva 7. Tietomallinnuksen kehityksen ensimmäisessä vaiheessa kukin käyttää mallia oman työnsä tehostamiseksi. Mallin tietoja ei jaeta muiden osapuolten kanssa

(1. vaihe: tuotepohjainen mallinnus Bilal Succar)

Ensimmäisessä kehitysvaiheessa rakennushankkeen osapuolet käyttävät tietomalliohjelmistoja suoraviivaistaakseen omaa sisäistä toimintaansa luomalla oman koulukuntansa mallin esim. arkkitehtonisen suunnittelumallin tai putkistojen tuotantomallin. Näitä malleja käytetään pääasiassa tuotannon automatisointiin ja kaksiulotteisten dokumenttien sekä kolmiulotteisten visualisointien koordinointiin. Mallista saatetaan tuottaa lisäksi muita kyseisellä mallin rakentamiseen kulloinkin käytetyllä ohjelmistolla helposti tulostettavia perustietoja, kuten ovikaavioita tai materiaalmääriä.

Tiedon vaihto osapuolten välillä on edelleen yksisuuntaista. Eri osapuolten välillä ei tapahdu merkittävää mallipohjaista tiedonvaihtoa, vaan yhteistyö perustuu tietomallintamista edeltäneisiin menetelmiin ja kommunikaatiojärjestelmiin. Esimerkiksi arkkitehtisuunnittelijan mallintama tieto siirretään talotekniikan suunnittelijalle kaksiulotteisten dokumenttien avulla joita tämä käyttää lähtömateriaalina rakentaessaan omaa malliaan mm. simulaatioita varten. [10. s 364]

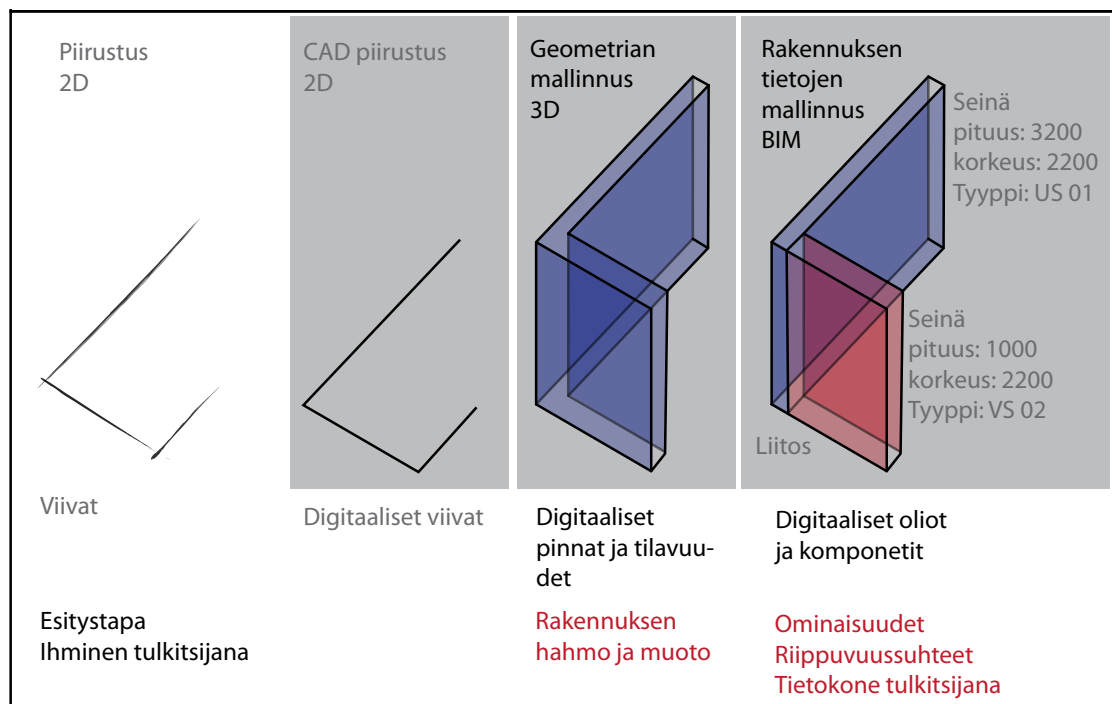


Kuva 8. Kehityksen toisessa vaiheessa mallitietoa käytetään jo yhteistyöhön osapuolten välillä.

(2. vaihe: mallipohjainen yhteistoiminta Bilal Succar)

Toisessa kehitysvaiheessa toimijoiden mallinnustaito on hyvää ja he tekevät yhteistyötä aktiivisesti toisten osapuolten kanssa mallien välityksellä. Tämä saattaa tapahtua usein eri teknologian keinoin seuraten eri toimijoiden valintoja BIM-työkalujen suhteen. Mallipohjainen yhteistoiminta voi tapahtua yhden projektin elinkaaren vaiheen sisällä tai kahden vaiheen välillä. Esimerkkejä tästä ovat mm. suunnittelijan ja suunnittelijan välillä tapahtuva arkkitehtonisten ja rakenteellisten mallien tiedon vaihto, suunnittelijan ja rakentajan välillä tapahtuva rakenne- ja raudoitusmallien tiedon vaihto tai suunnittelijan ja käyttäjän välillä tapahtuva arkkitehtonisten ja laitoksen ylläpitomallien tiedon vaihto.

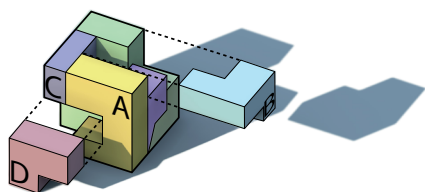
Merkittävä askel ensimmäiseen kehitysvaiheeseen on semanttinen tiedonvaihto. Tieto välitetään ohjelmasta toiseen näiden kannalta merkityksellisessä muodossa eli esimerkiksi suunnitteluohjelmistossa mallinnettu seinä ja siihen liittyvät tiedot voidaan suoraan lukea seinäksi sisäilmaston olosuhdesimulointiin tarkoitetussa ohjelmassa ilman, että simuloitsijan täytyy välissä ”pureskella” lähetetty tieto ohjelmistolle sopivaksi tai rakentaa tieto kokonaan uudelleen.



Kuva 9. (Hannu Penttilä) Rakennuksen tietomallissa mallinnettujen olioiden ja tietojen merkitys rakennusosina on tietokoneohjelmiston ”ymmärrettävissä”.

Semanttinen tiedonvaihto on mahdollista kahden osapuolen välillä jos yksikin yhteistoinnassa käytettävä malli sisältää 3D geometrista tietoa. Esimerkkinä tästä on suunnittelijan ja rakentajan välinen keskinäinen tiedonvaihto 3D objektipohjaisen mallin (esim. Digital Project) ja aikataulutietokannan (esim. Primavera tai MS project) välillä.

Kun mallipohjainen tiedon vaihto alkaa vahvistua ja syrjäyttää dokumentti-/paperi-/tiedostopohjaisia työnkulkuja, tulevat myös sopimukselliset muutokset välttämättömiksi. Tietomallintamista edeltäneet rakennushankkeen rooleja, osapuolia ja elinkaaren vaiheita erottavat rajalinjat alkavat hämärtyä. [10. s 364]



Kuva 10. Kolmannessa vaiheessa yhteistominta korostuu ja suunnittelu tapahtuu laajan ja yhdistetyn, jaettavissa olevien tietomallien ympärille rakentuvan kokonaisuuden äärellä

(3. vaihe: Verkottunut integraatio)

Tietomallintamisen kehityksen kolmannessa vaiheessa merkityksellisesti rikkaita, integroituvia malleja luodaan, jaetaan ja ylläpidetään läpi projektin elinkaaren vaiheiden. Tämän kaltaista mallien yhdistämistä voidaan toteuttaa esimerkiksi mallipalvelinteknologian avulla käyttäen patentoituja tai avoimia tiedonsiirtomuotoja.

Malleista tulee osapuolten välisiä moniulotteisia malleja, jotka mahdollistavat monimuotoiset analyysit virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen varhaisessa vaiheessa. Mallin “palautus” eli mallista tuotettava sisältö laajenee malliobjektien ja niiden merkityksellisten ominaisuuksien lisäksi käsittämään muun muassa liiketoiminta-älyä, lean-tuotantoperiaatteita, vihreitä menettelytapoja ja koko rakennuksen elinkaaren kustannuksia. Yhteistominta korostuu yksittäisten toimijoiden työroolien asemesta. Suunnittelu kiertee toistuvasti laajan ja yhdistetyn, jaettavissa olevien tietomallien ympärille rakentuvan kokonaisuuden äärellä. Tällainen kehitys edellyttää merkittävää rakennushankkeen sopimusoikeudellisten suhteiden, riskien jakautumismallien ja prosessin kulun uudelleen miettimistä. [10. s 365]

(Tilanne Suomessa hahmotettavissa tällaista viitekehystä vasten)

Kehityksen jakoa vaiheisiin voidaan perustella sillä, että tällaista viitekehystä vasten on helpompi tarkkailla kehityksen tilaa yksittäisen toimijan tai muun rakennusalan osan alueen kuten säädösten ja standardien osalta. Suomessa rakennusalan voidaan tässä viitekehyksessä katsoa olevan hyvin hajanainen. Kaikilla toimijoilla ei vielä ole käytössä tietomalliyhteensopivia ohjelmistoja ja niidenkin osalta, joilla on työssään käytettävissä riittävät tekniset edellytykset, vaihtelee mallintamiseen liittyvä taitotaso ja mallin hyödyntämisen aste merkittävästi. Alan ohjeistuksen ja standardien kehitys on ollut hidasta ja toteutuneilta osiltaan niiden täytäntöön panto ei ole ollut ongelmattonta.

(Tietomallintaminen vauhdikkaassa nousussa)

2007 Yhdysvalloissa tehdyn selvityksen mukaan 25% tutkimuksessa mukana olleista arkkitehtuurin alan yrityksistä käyttää tietomallintamiseen tarkoitettuja suunnitteluohjelmia “älykkäästi” eli ei ainoastaan piirustusten tuottamiseen. Viisi vuotta aikaisemmin

“älykäs” BIM:in käyttö oli todella harvinaista [5. s 289]. Suomessa IFC- yhteensopivaa tietomallinnusta ilmoitti vuonna 2007 käyttävänsä hieman alle 20% Erabuild hankkeen yhteydessä tehtyyn kyselyyn vastanneista. [1. s 17]

Analyysi- ja simulaatiokäytäntöjen osalta ollaan pääosin vielä tietomallintamisen ensimmäisen kehitysvaiheen kaltaisessa tilanteessa, jossa tiedon siirto on yksipuolista ja perustuu tietomallintamista edeltäneisiin kommunikaatiomenetelmiin. Mallipohjaisen tiedonsiirron hyödyt on kuitenkin tunnistettu ja tiedonsiirron ongelmallisuutta pidetään yhtenä suurimmista kehityksen pullonkauloista. [Liite 1. s 18, 20]

Yksittäisen toimijan työskentely uuden tiedonsiirron menetelmillä on hyvin vaikeaa, jos muut toimijat hankkeessa eivät pysty hyödyntämään samaa toimintamallia. Kehitys sekä ohjelmistojen osalta, että ammattikunnan käyttötaidoissa luo kuitenkin jatkuvasti uusia mahdollisuuksia ja työkaluja rakennushankkeen prosessien kehittämiseksi.

(Taitotaso nousussa)

Taitotaso esimerkiksi eri analyysien ja simulaatioiden pohjaksi soveltuvien arkkitehtimallien tekemiseen on lisääntymässä. Todellisen mallipohjaisen yhteistoiminnan kehitys on kuitenkin ollut hidasta ja käytännön toteutus analyysi- ja suunnitteluohjelmistojen yhdistämiseksi on kuluneen kolmenkymmenen vuoden ajan jäänyt puuttumaan. [11. s 149]

(Yhteistoimintamahdollisuudet paranemassa)

Tietomallintaminen tulee muuttamaan tehtäviä ja prosesseja koko rakennusalalla merkittävästi, koska mallien käyttö mahdollistaa tietosisällön hallitsemisen piirustusten hallinnan sijaan sekä tiedon jakamisen ja linkittämisen tavalla, joka ei ole mahdollista dokumenttipohjaisessa ympäristössä. [12. s 249]. Hyötyjen realisoituminen on siis vahvasti sidoksissa sopivien yhteistoimintamallien kehittymiseen.

1.3 Analyysi ja simulaatio digitaalisessa ympäristössä

(Tietomalli ja sen tarkastelu)

Lähtökohtaisesti tietokoneella suoritettavat analyysit ja simulaatiot ovat jonkin jäsenöidyn datajoukon tarkastelua digitaalisessa ympäristössä siihen tarkoitettujen työkalujen avulla. Jos tämä datajoukko on esimerkiksi merkkijonoja, kuten tekstiä tai numeroita voidaan siitä yksinkertaisimmillaan laskea esimerkiksi merkkijonojen pituuksia tai merkkien määrää. Jos kyseessä on kehittyneempi tekstin tietomalli, voidaan siitä sopivilla työkaluilla tutkia esimerkiksi oikeinkirjoitusta.

(Rakennuksen tietomalli ja sen tarkastelu)

Rakennuksen tietomallin yhteydessä tämä datajoukko voi sisältää monenlaista rakennukseen sekä rakentamis- ja suunnitteluprosessiin liittyvää tietoa mukaan lukien myös tiedon luokittelun sekä tietoalkioiden ja -joukkojen keskinäiset suhteet. Tietomallin sisältämän tiedon määrä ja laatu on merkityksellistä analyysien ja simulaatioiden kannalta. Kuten mm. Hietanen toteaa tietomallin analyysien ja simulaatioiden avulla voidaan tutkia ainoastaan sitä tietosisältöä, minkä tietomalli pitää sisällään. [7]

(Rakennuksen tietomallin sisältö rikasta, mutta muutakin tietoa tarvitaan)

Nykyisin käytössä olevilla suunnittelutyökaluilla mallinnettaessa saadaan aikaiseksi sisällöltään ja rakenteeltaan varsin rikas tietomalli joka mahdollistaa useiden eri näkökohtien tarkastelun. Monia analyysejä tai simulaatiota ei voida suorittaa yksin rakennuksen tietomallin sisältämän tiedon avulla vaan tarvitaan tietoa, joka ei liity suoraan rakennukseen tai analyysiominaisuuksia, joita ei suunnitteluohjelmistossa ole. Tällöin on yhdistettävä useampia tietomalleja tai tehtävä erillinen tietomalli simulaatiota varten. Mutkikkaammat analyysit ja simulaatiot suoritetaan edelleen tavallisesti omissa alakohtaisissa sovelluksissaan.

(Fysiikan ilmiöiden toiminnalliset mallit)

Mallit ovat kuitenkin aina yksinkertaistettuja ja rajattuja kuvauksia halutusta kohteesta. Rakennushankkeessa analyysien ja -simulaatioiden tarkoituksena on tavallisesti mahdollistaa todellisten rakennusten ja rakennuksiin liittyvien tilanteiden ja olosuhteiden tutkiminen ja vertailu ennen rakentamista. Tätä tarkoitusta varten on luotava malli sekä rakennuksesta, että olosuhteesta (esim. jokin fysikaalinen ilmiö ja sen toiminta). Todellinen rakennus ja todelliset olosuhteet on tällöin kuvattava niin laajasti ja tarkasti, kuin se analyysin tai simulaation kannalta on oleellista.

(Fysiikan ilmiöiden toiminnalliset mallit)

Analyysien lähtötieto sekä analyyseissä ja simulaatioissa käytetyt matemaattiset mallit ovat yksinkertaistuksia, mutta rakentuvat lähtökohtaisesti havaittavissa olevan fyysisen maailman pohjalle. Pohjimmiltaan analyysien ja simulaatioiden sekä niiden tekemiseen tarvittavan tiedon on mahdollista olla yhtä tarkkaa ja luotettavaa, kuin omat aistimme ja käsityksemme ympäröivästä maailmasta. Havaitun todellisuuden ja tietokonesimulaation avulla saadun ennusteen välillä on monta askelmaa, joissa useimmiten tapahtuu tiedon jonkin asteista yksinkertaistusta tai rajausta.

(Havainnoista tieteeksi)

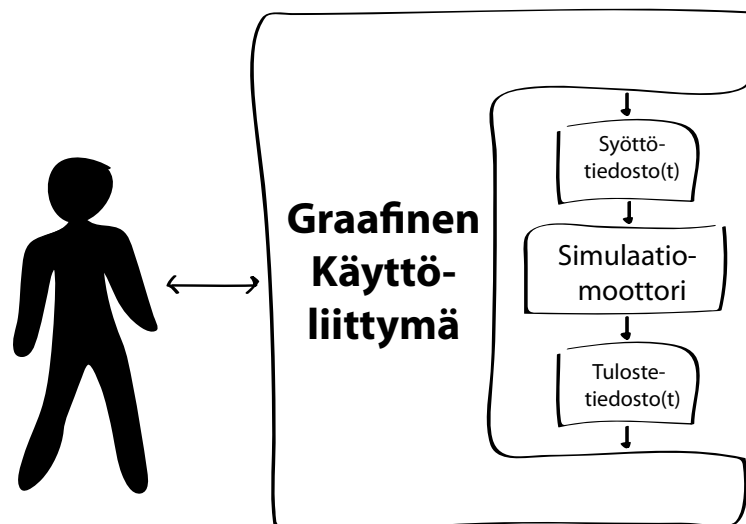
Me havainnoimme ympäröivää todellisuutta rajallisen aisteihin tukeutuvan havaintojärjestelmämme avulla. Jotkin havaitsemistamme ilmiöistä ovat riittävän säännöllisiä ja riittävällä tarkkuudella mitattavissa, jotta niiden ilmenemisestä ja toiminnasta voidaan muodostaa teorioita eli yksinkertaistettuja ja rajattuja ympäröivän todellisuuden ilmiöitä ja tapahtumia kuvaavia käyttäytymismalleja. Teorioiden avulla voimme ennustaa tulevia saman luontoisia tapahtumia suurella todennäköisyydellä.

(Tieteestä ohjelmistoiksi - analyysiohjelmien perusrakenne)

Analyysiohjelmat rakentuvat tavallisesti graafisesta käyttöliittymästä ja analyysimoottorista. Analyysimoottorit perustuvat edellä mainittuihin yhtälöihin, periaatteisiin ja olettamuksiin jotka pyrkivät ennustamaan todellisia rakennuksessa tapahtuvia prosesseja. Tiettyä simulaatiota tai analyysia suorittavaa analyysimoottoria varten valitaan tietyt fyysiset lähestymistavat.

(Tieteestä ohjelmistoiksi - fyysinen lähestymistapa ja rajauksen vaikutukset)

Jos lähestymistavassa analyysiin vaikuttavien tekijöiden määrä on rajattu kapeasti ja laskennassa käytetään voimakkaasti yksinkertaistettuja malleja, on simulaatio nopeampi, kuin lähestymistavassa, jossa otetaan enemmän tekijöitä huomioon. Jos rajaus on laaja, vaatii simulaation suorittaminen laskentatehon rajallisuudesta johtuen enemmän aikaa. Tämän lisäksi fyysisten ominaisuuksien mallinnuksen tarkkuus vaikuttaa luonnollisesti myös analyysin tai simulaation lopputuloksen tarkkuuteen. Saadut tulokset saattavat eri analyysimoottoreilla suoritettujen analyysien välillä vaihdella merkittävästikin riippuen käytetystä lähestymistavasta ja joissain tapauksissa poiketa merkittävästi havaitusta todellisuudesta.



Kuva 11. Analyysimoottori käyttää ennalta määritellyssä muodossa olevia syöttötieto-tiedostoja. Tiedostot sisältävät esityksen edellä mainituista yhtälöistä, periaatteista ja olettamuksista. Tähän syöttöön perustuen moottori suorittaa simulaation tuottaen yhden tai useampia tulostetiedostoja. Tulosten lisäksi tulostetiedosto sisältää tietoa suoritetusta simulaatiosta, kuten varoitusviestejä tai muita lisätietoja syöttötiedon arvioimiseksi. Graafinen käyttöliittymä kietoutuu näiden toimintojen ympärille ja mahdollistaa käyttäjälle helpompia tapoja syöttötiedon luontiin, simulaation ajamiseen moottorin avulla ja tulostetiedostojen käsittelyyn tulosten esittämiseksi havainnollisemmalla tavalla. [13]

(Rakennuksen tietomalliin pohjautuvat ohjelmistot)

Kun analyysitoimintojen avulla tarkastellaan rakennukseen tai rakennushankkeeseen liittyvää tietoa voidaan periaatteessa puhua rakennuksen tietomallin tai -tuotemallin analysoinnista. Kuitenkin, jos käsitellään tietomallintamista laajemmin rakennuksen elinkaaren tiedonhallinnan menetelmänä, on ohjelmiston kyettävä jollain tasolla hyödyntämään rakennushankkeen muiden osapuolten tuottamaa mallitietoa, jotta voidaan todella puhua tietomalliin pohjautuvasta analyysi- tai simulaatio-ohjelmistosta.

2. Tietomallipohjaisten menetelmien nykyinen käyttö rakennushankkeessa

2.1. Analyysivaihtoehdot ja vaatimukset

(Mitä on mahdollista tehdä)

Teoriassa rakennuksen kaikkia näkökohtia on teoriassa mahdollista analysoida tietokoneavusteisesti. Jiri Hietanen kategorisoi rakennuksen analysoitavissa olevia asioita yleisellä tasolla seuraavasti.

- Mitkä ovat rakennuksen arkkitehtoniset ansiot
- Mikä on rakennuksen taloudellinen yhtälö
- Mitä vaatimuksia viranomaiset asettavat
- Mikä on rakennuksen ekologinen yhtälö
- Miten ympäristö vaikuttaa rakennukseen
- Miten rakennus rakennetaan
- Miten rakennus toimii.

[7]

Kaikille analysoitavissa olevien näkökohtien tarkastelemiselle ei kuitenkaan ole olemassa ohjelmistoa, eikä kaikkia rakennukseen liittyvää tietoa myöskään sisällytetä tietomalliin. Analysoitaessa on nykyisellä tietojen käsittelyn teholla lisäksi aina rajauduttava yhden näkökohdankin sisällä tarkastelemaan suppeaa osa-aluetta, jotta analyysi voidaan suorittaa järkevissä ajassa tai ylipäätään.

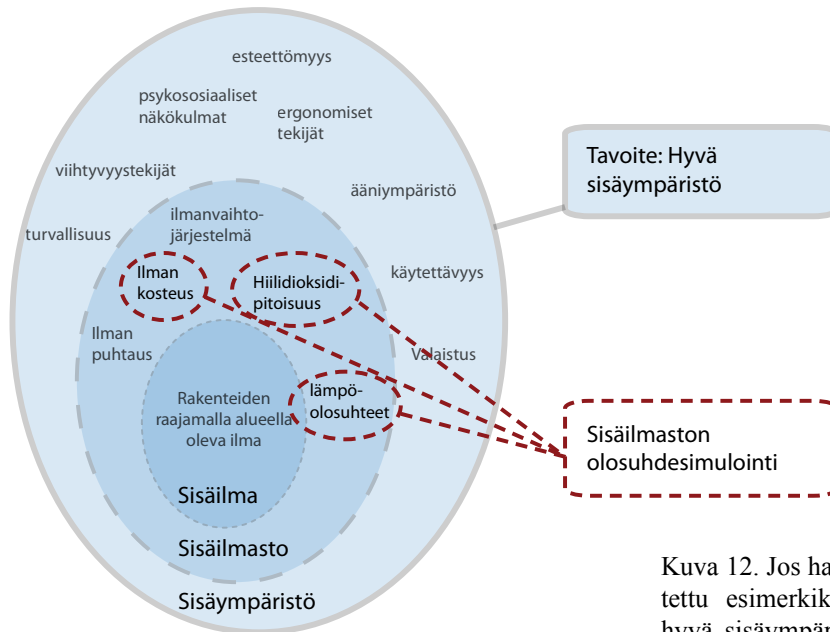
(Hankekohtainen priorisointi tietomallianalyysien valinnassa)

Kaikkia näkökohtia ei myöskään ole tarpeellista analysoida tai simuloida tietomallien avulla joka hankkeessa, vaan tehtävien analyysien tulisi kussakin hankkeessa vastata hankkeelle asetettuja tavoitteita. Esimerkiksi konserttisalia suunnitellessa on akustiikan tarkka analysointi ja simulointi suotavaa, kun taas teollisuusvarasto suunniteltaessa akustiikan merkitys ei suunnitelman kannalta ole yhtä merkittävässä asemassa. Jotkin näkökohdat ovat puolestaan yhteisiä kaikille rakennuksille osa esimerkiksi vain isoille julkisille rakennuksille. Joissain tapauksissa analyysiä tai simulaatiota ei ole tarpeen tehdä tietokoneavusteisesti, jos suunnittelija kykenee tietojensa ja kokemuksensa pohjalta analysoimaan suunnitelmaa riittävällä tarkkuudella ilman erityisiä työkaluja ja tarvittaessa todentamaan muille osapuolille miten suunnitelma vastaa tavoitteita kyseisen näkökohdan osalta. Tarpeettomien, tarkkuudeltaan riittämättömien tai väärin ajoitettujen analyysien ja simulaatioiden avulla ei kyetä havaitsemaan vastaako suunnitelma todella asetettuja tavoitteita. [7]

(Analyysien ja simulaatioiden rajausta suhteutettava tavoitteeseen)

Tärkeää onkin ymmärtää analyysin ja simulaation todellinen rajausta ja suhde asetettuun tavoitteeseen. Esimerkiksi sisäilmaston olosuhdesimulointiin tarkoitettuilla ohjelmistoilla voidaan tyypillisesti tuottaa ”sisätilan lämpötilat annetuissa mitoitusolosuhteissa ja saada tietoa tilan lämpöviihtyvyydestä, hiilidioksidipitoisuudesta ja ilman kosteudesta.” Sen avulla ei tavallisesti saada tietoa esimerkiksi ilman epäpuhtauksien määrästä. Saatavien

tulosten tuottamisessakin ovat mukana ainoastaan oleelliset kaikkien niihin vaikuttavien muuttujien kentästä.



Kuva 12. Jos hankkeessa tavoitteeksi on asetettu esimerkiksi rakennettavien työtilojen hyvä sisäympäristö, saadaan olosuhdesimuloinnista ainoastaan osa tarvittavasta tiedosta. Lisäksi on muiden menetelmien avulla varmistettava että suunnitelma vastaa tavoitetta myös muilla näkökohtaan vaikuttavilla osa-alueilla.

(Miksi osaa tehdään tietomallipohjaisesti ja osaa ei)

Jotkin tarkasteltavista osa-alueista ovat niin merkittäviä tietyn näkökohdan kannalta ja yhteisiä useille hankkeille, että niiden osalta analyysi- ja simulaatiomenetelmien kehittäminen on nähty muita hyödyllisempänä. Laineen mukaan esimerkiksi kustannuslaskenta sekä termiset analyysit ja simulaatiot ovat olleet tällaisia kehityksen moottoreita. Näiden kaltaiset analyysit ovat kuuluneet monien toimijoiden toimintatapoihin jo ennen tietomallintamisen kehittymistä ja ne muodostavat myös sen analyysien ja simulaatioiden joukon, jota pyritään kehittämään tietomallintamisen viitekehityksessä [15]. Työmenetelmien kehittämiseen motiiveina voivat olla mm. lainsäädännölliset vaatimukset, todettu taloudellinen hyöty tai markkinaetu, moraaliset velvoitteet, oman työprosessin tehostaminen jne.

(Tiukentuva lainsäädäntö ohjaa menetelmien kehitykseen)

Hyvänä esimerkkinä toimii uudistettu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, joka hyväksyttiin toukokuussa 2010. Direktiivi astui voimaan 8.7.2010 ja se on tarkoitus saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöä 9.7.2012 mennessä. Uusien energiatehokkuusmääräysten myötä siirrytään rakennuksen energiatehokkuuden tarkastelussa kokonaisenergia- kulu- tarkasteluihin sekä primäärienergiakerrointen käyttöön. Samassa yhteydessä määräyksiä on tarkoitus kiristää noin 20 % [16] Määräysten kiristyminen ja toisaalta kokonaisvaltaisempaan tarkasteluun siirtyminen ohjaa mallipohjaisten simulaatioiden käytön suuntaan.

2.2. Kansallisesti merkittävät tietomalli ohjeet ja vaatimukset

(Tilaaaja osapuolena merkittävässä asemassa käytön yleistymisen kannalta)

Rakennushankkeessa erityisesti tilaaja-osapuolen rooli suhteessa analyysien käytön yleistymiseen ja sitä kautta analyysi- ja simulaatiomenetelmien kehittymiseen on merkittävä. Suomessa Senaatti-kiinteistöt on tilaajana edellyttänyt hankkeissaan IFC- standardin mukaisia malleja 1.10.2007 alkaen sekä julkaissut tietomalliohjeiston osapuolten käytettäväksi. Ohjeita kehitetään edelleen ja tavoitteena on kansallisten tietomalliohjeiston luominen.

(Senaatin vaatimuksista)

Tietomallinnusohje sisältää ohjeistusta myös rakennettavan tietomallin analysoimisen ja siihen liittyvien mallivaatimusten osalta hankkeen kaikissa eri vaiheissa. Energiatalous ja energiankulutuksen simulointi on nostettu ohjeissa erityiseen asemaan ja mainitaan ohjeissa yhtenä päätavoitteista: “Kohteiden energiatalous pyritään varmistamaan simuloimalla rakennuksen energiakulutusta ennen oleellisia päätöksiä ja hyödyntämällä näitä tuloksia rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen seurannassa.” [17 s 4] Käytännössä simulaatioiden todellinen potentiaali päätöksen teon tukena jää usien hyödyntämättä eivätkä tiedot hankkeen alkuvaiheessa tehtyistä analyyseistä siirry eteenpäin esimerkiksi kiinteistönpidon järjestelmiin. [Liite 1 s 9,10]

(Analyysit ja simulaatiot vaatimuksissa)

Tietomalleihin liittyvistä analyyseistä ja simulaatioista ohjeissa on erikseen laajemmin käsitelty mallien oikeellisuuden tarkastukset analyysien avulla, laadunvarmistukseen liittyvä mallien yhdistäminen ja törmäystarkastelut, sekä talotekniikan analyysit seuraavilta osin:

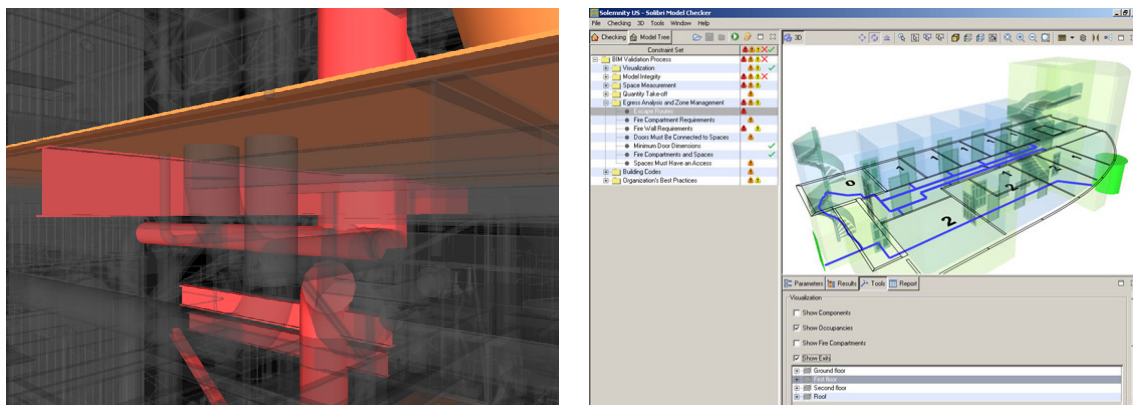
- Olosuhdesimulointi
- Energiasimulointi
- Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi
- Virtaussimulointi
- Ympäristövaikutustarkastelu
- Talotekniikan sopeutuminen arkkitehtuurin osaksi
- Valaistusvisualisointi ja -simulointi
- Valaistuselästä

Talotekniikan simulaatiovaatimukset ovat linjassa Pro IT Talotekniikan tuotemallintamishjeiden kanssa.

Oikeellisuuden tarkastus ja laadunvarmistus analyysien avulla

Rakennushankkeessa kukin tietomalleja tuottava osapuoli on vastuussa omien malliensa oikeellisuudesta ja laadusta suhteessa mallivaatimukseen. Lisäksi pääsuunnittelija tai muu sovittu henkilö vastaa suunnittelijoiden malleista yhdistetyn tietomallin laadun varmistuksesta. Laadittujen mallien oikeellisuutta ja laatua voidaan tarkastella analyysimenetelmin. Tarkoituksena on tällöin selvittää vastaako malli asetettuja mallinnusvaatimuksia.

Ohjelmallisesti voidaan tarkastaa esimerkiksi komponenttien päällekkäisyyksiä sekä yksittäisestä suunnittelualan mallista, että yhdistetyistä malleista. Malleja yhdistettäessä voidaan sekä visuaalisen, että ohjelmallisen tarkastelun avulla tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja löytää mahdollisia suunnittelun ongelmakohtia. Mallien tietosisältöä voidaan verrata erilaisiin säännöstöihin ja selvittää esimerkiksi täyttävätkö suunnitellut poistumistiet niille asetetut lainmukaiset vaatimukset. [18]



Kuva 13. Mallin tarkastukseen tarkoitetuilla ohjelmistoilla voidaan tutkia esimerkiksi objektien päällekkäisyyksiä tai analysoida tietomallin sisältöä erilaisten säännöstöjen avulla. Vasemmalla törmäystarkastelua Navisworks ohjelmistolla oikealla kerroksen hätäuloskäyntien arviointia Solibri model Checker ohjelmistolla.

Sisäilmaston olosuhdesimulointi

Olosuhdesimuloinnilla voidaan ”tuottaa sisätilan lämpötilat annetuissa mitoitusolosuhteissa tunneittain vuorokauden ajalta” ja ”tarkastella tilan lämpöviihtyvyyttä, hiilidioksidipitoisuutta ja ilman kosteutta.” [19 s 5] Näin voidaan tutkia eri suunnitteluratkaisujen vaikutusta tilojen olosuhteisiin. Sisäilmaston olosuhdetavoitteiden saavuttamisessa ja erilaisten suunnitteluratkaisujen olosuhdevaikutusten selvittämisessä sisäilmaston olosuhdesimuloinneilla on tärkeä rooli. Simulointi voidaan tehdä koko rakennukseen tai tiettyihin tiloihin. Tarkemmin rajattujen tarkastelujen merkitys kasvaa, mitä enemmän pyritään esim. passiivisiin lämmitys- ja jäähdytysratkaisuihin. [19]

Energiasimulointi

Energiasimulointien avulla pyritään laskemaan rakennuksen energian kulutusta vertaamalla eri suunnitelmaratkaisujen energiatehokkuutta ja ohjaamalla suunnitelman kehittämistä energiatavoitteen näkökulmasta. [19 s 4]

Energiasimulointeja käytetään vertailtaessa, kuinka erilaiset suunnitteluvaihtoehdot, esim. tekniset järjestelmät tai rakenteet, vaikuttavat kohteen energiankulutukseen. Lisäksi energiasimulointia käytetään ylläpitovaiheen kulutus seurannan tavoitteen määrittämiseen.

”Energiasimulointi voidaan tehdä eri laajuisena (esim. lämmitysenergiankulutus, jäähdytysenergiankulutus, järjestelmien oman toiminnan sähkönkulutus, sähköjärjestelmien sähkönkulutus, vedenkulutus ja veden lämmitys)” [19].

Tyypillisesti energiasimulointiin tarkoitettussa ohjelmistossa voidaan syöttää ominaisuudet energiankulutukseen vaikuttaville rakennusosille (Kuten U -arvot seinille), energiankulutukseen vaikuttavien kuormien arvoja (ihmiset, valaistus, laitteet yms.) kullekin huoneelle sekä ympäristön tietoa (sijaintiin liittyvät säätiedot yms.)

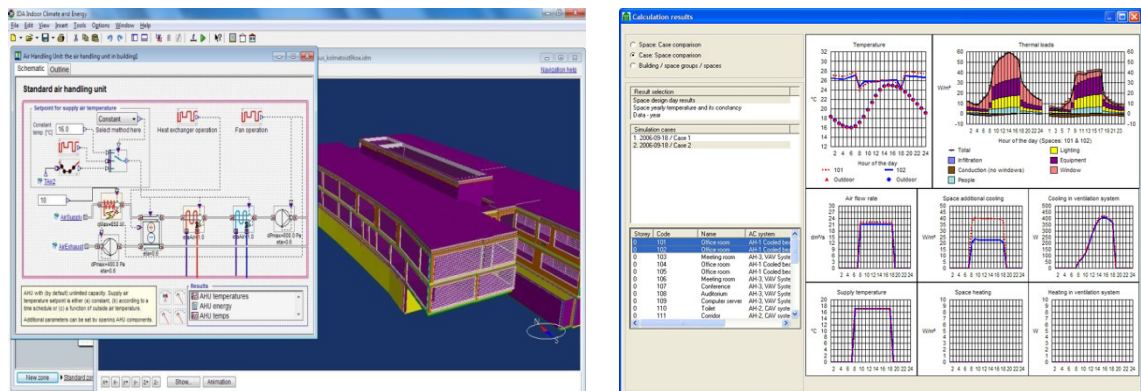
Suomessa talotekniikan energia-analyysiin ja sisäilmaston olosuhdesimulointiin käytettäviä ohjelmistoja ovat muun muassa:

- IDA-ice
- Riuska

Varhaisen suunnitteluvaiheen energia-analyysiratkaisuista suomessa on käytössä ainakin:

- ecodesinger

[Liite 1 s 12]



Kuva 14. Vasemmalla rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän määrittämiä IDA-ICE ohjelmistolla. Oikealla Riuska-ohjelmiston tulostamattomia sisäilmaston olosuhteita.

Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi

Elinkaarikustannusanalyysin avulla pyritään hallitsemaan suunnitelman talotekniikan kustannusvaikutuksista kokonaisuutena, johon kuuluvat muun muassa:

- investointikustannukset
- hoito- ja huoltokustannukset
- kunnossapitokustannukset
- energiakustannukset (kulutus)

[20]

Laskentaa voidaan tehdä eri tasoilla:

- Tila-/tilaryhmäpohjainen laskenta (arkkitehtimallin pohjalta)
- Yksikkökustannuslaskenta (Edelliseen lisätietona TATE- järjestelmien vyöhykejaot ja osittaista TATE- järjestelmämallien määrätietoa.)
- Tuotepakettipohjainen kustannuslaskenta (Edelliseen lisätietona TATE- järjestelmien kaikki määrätiedot sekä järjestelmämalleista puuttuvien osuuksien tiedot)

[19 s 5]

Tavallisesti tarkastellaan jotain rajattua järjestelmän osaa ja vertaillaan eri vaihtoehtojen vaikutusta kustannuksiin. Tarkastelua voidaan tehdä rakennuksen koko elinkaaren ajanjäljenteellä [19 s 5]

”Usein elinkaarikustannusvertailut kohdistuvat myös muiden suunnittelualojen ratkaisuvaihtoehtojen elinkaarivaikutusten selvittämiseen. Tällöin vertailu on tiimityötä ja talotekniikan osuus on yleensä vain energiavaikutusten laskenta.” [20 s 25]

Suomessa talotekniikanelinkaarikustannusten analyyseissä käytetään ohjelmistoja kuten:

- Excel
- Lifest

[Liite 1 s 12]

(Virtaussimulointi)

”Virtaussimulointi (CFD, computational fluid dynamics) analysoi ilman virtausta ja lämpötilan jakautumista yksittäisen tilan sisällä. Sillä saadaan yksityiskohtaista tietoa lämpötila- ja ilmvirtausolosuhteista. Sitä käytetään lähinnä erikoiskohteissa, kuten korkeat tilat ja suuret yleisötilat.” [19 s 5]

Tyypillisiä käyttökohteita CFD- simuloinnille ovat:

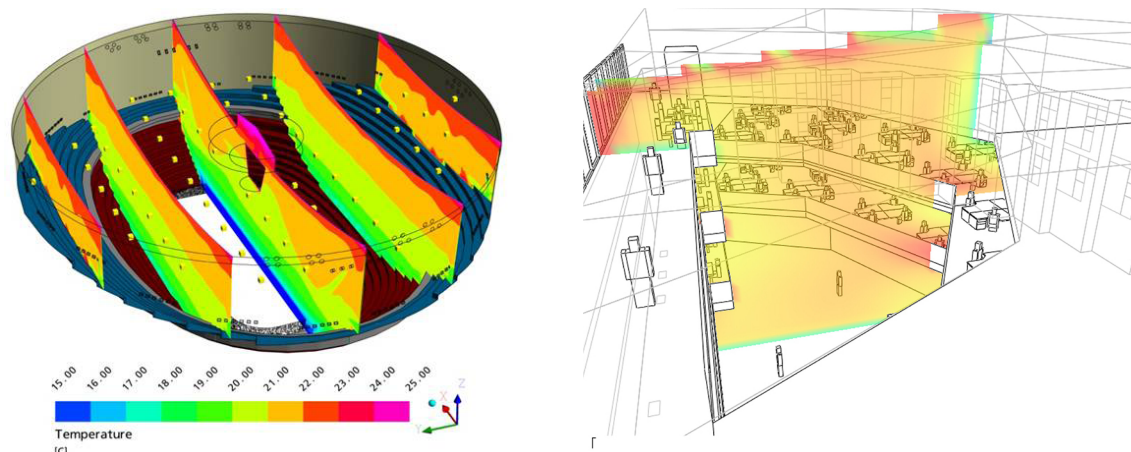
- Korkeat tilat, kuten aulat, salit, yms.
- Tilat, joissa on suuret aurinkokuormat, esim. lasijulkisivut tai lasikatteiset tilat
- Tilat, joissa on oleskelualueita, kulkusiltoja yms. eri korkeuksilla
- Muut olosuhdevaatimuksiltaan erityisen vaativat tilat
- Tilat, joissa on tarpeen hallita lämpötilakerrostumisen aiheuttamia välillisiä vaikutuksia muihin tilaan rajoittuviin tiloihin [20 s 21]

Arkkitehdin tuotemallia pyritään hyödyntämään simulaation lähtötietona tilojen geometrian osalta. Osa CFD simuloinnin lähtötiedoista on saatavissa muista tuotemallipohjaisista simulaatioista, kuten sisäilmaston olosuhdesimulaatiosta. [20 s 21] Laine toteaa virtaussimulaation aina rajoittuvan tiettyyn ajan hetkeen. Simulaatiotulokseen vaikuttavat merkittävästi tilassa kyseisenä ajan hetkenä vallitsevat olosuhteet eikä CFD simulaatiota tulisikaan tehdä irrallaan sisäilmaston olosuhdesimulaatiosta [14]

Suomessa virtaussimulointiin käytettäviä ohjelmistoja ovat muun muassa:

- Ansys
- CFX

[Liite 1 s 12]



Kuva 15. Vasemmalla jäähallin simuloitu lämpötila jääkiekko-ottelun aikana. Oikealla huonetilan CFD-simulaatio IES Microflo ohjelmistolla.

(Ympäristövaikutustarkastelu)

Ympäristövaikutustarkastelun tarkoituksena on arvioida rakennuksen ympäristölle aiheuttamaa kuormaa, jotta voitaisiin valita vähiten kuormittava vaihtoehto.

”Ympäristötietoisien suunnittelun tärkeimpiä tehtäviä ovat energiankulutukseen, raaka-aineiden kulutukseen ja päästöihin sekä rakennuksen osien kestävyYTEEN ja toimivuuteen liittyvät analysoinnit päätöksenteon pohjaksi. Tuotemallin avulla tietoa kiinteistön ympäristövaikutuksista on mahdollista tuottaa selkeässä ja havainnollisessa muodossa suunnittelun ja ylläpidon eri vaiheissa.” [20 s 25]

(Mitä voidaan tehdä)

Nykyisillä ympäristövaikutusanalyysiohjelmistoilla voidaan ”arvioida energiankulutusta, raaka-aineiden kulutusta, rakennuksen päästöjä ja rakennusosien käyttöikä.” [19 s 5] ”LCA-laskelma voi sisältää rakenteiden, teknisten järjestelmien ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset.” [20 s 25] ”Rakennuksen energiankulutus muodostaa kuitenkin suurimman osan rakennuksen koko ympäristövaikutuksista. Usein ympäristövaikutuksia arvioidaan pelkän energiasimuloinnin avulla. [19 s 6]

Mallista saatava materiaalien määrätieto voidaan linkittää materiaalien ympäristöprofiileihin, jolloin saadaan tietoa rakennukseen sitoutuneesta ympäristövaikutuksesta. ”Ympäristöprofiilissa havainnollistuvat selkeästi erilaisten rakenteellisten ratkaisujen ja taloteknisten järjestelmien ympäristövaikutusten kannalta merkittävimmät tekijät. Ympäristöprofiiliin liitetään kohteen ominaisuuksia kuvaava ympäristöseloste sekä laskentamenetelmän ja lähtötietojen dokumentointi.” [20 s 25]

”Tuotemallien määrätietoja voidaan hyödyntää sekä rakenteiden että taloteknisten järjestelmien ympäristövaikutusten laskennassa, jolloin laskenta on perinteisesti käytettyjä kg/m²-arvoja huomattavasti tarkempi.” [20 s 25]

Suomessa ympäristövaikutustarkasteluun käytetään ainakin ohjelmistoa:

BSLCA

[Liite 1 s 12]

Talotekniikan sopeutuminen arkkitehtuurin osaksi

Yhdistämällä talotekniikan mallit arkkitehdin rakennusosamalliin, voidaan arvioida talotekniikan päätelaitteiden (patterit, ilmastointisuuttimet, valaisimet, jne.) sopeutumista rakennuksen arkkitehtuuriin kohteissa, joissa tämä on kriittistä. Havainnollistamisen tehtäväjaosta arkkitehdin ja TATE-suunnittelijan kesken sekä siihen tarvittavien lähtötietojen tarkkuudesta on sovittava suunnittelusopimuksissa. [19 s 6]

Tarkastelu saattaa olla mahdollista arkkitehdin mallinnusohjelmistossa tai siihen voidaan käyttää erillistä mallien yhteistarkasteluun tarkoitettua ohjelmistoa.

Kyselyyn vastanneiden joukossa tähän tarkoitukseen käytettyjä ohjelmistoja olivat:

- 3D studio max
- Archicad
- Magicad
- Navisworks
- Solibri

[liite 1 s 12]

Valaistusvisualisointi ja -simulointi sekä valaistuslaskenta

Valaistusvisualisoinnissa tarkastellaan valittujen valaisinten vaikutusta tilojen olemukseen ja valoisuuteen ja verrataan tuloksia esimerkiksi tilan käyttötarkoituksen mukaiselle valaistukselle asetettuihin tavoitteisiin.

”Analyysillä voidaan tarkastella valaisinten ulkonäköä, huoneen valaistusta, päivänvalon vaikutuksia ja häikäisyä. Valaistussimuloinnissa käytettävän ohjelmiston on pystyttävä laskemaan todenmukainen valaistus useista valonlähteistä (Photo Accurate Rendering). Tuloksena saadaan varsin hyvin lopullista vastaavia, valokuvamaisia kuvia sekä oleellisenä erona visualisointiin myös valaistustasot eri pinnoilla. Joillain ohjelmilla voidaan tutkia myös häiritsevien kiiltojen ja häikäisyn aiheuttamia ergonomisia ongelmia.” [19 s 7]

”Valaistuslaskennassa lasketaan ja esitetään numeerisessa muodossa huoneen valaisinten antama valaistusvoimakkuus ja häikäisyindeksi tilassa ja tilan eri pinnoilla. Valaistuslaskenta on oleellisesti pienitöisempi kuin valaistussimulointi, mutta vähemmän havainnollinen.” [19 s 7]

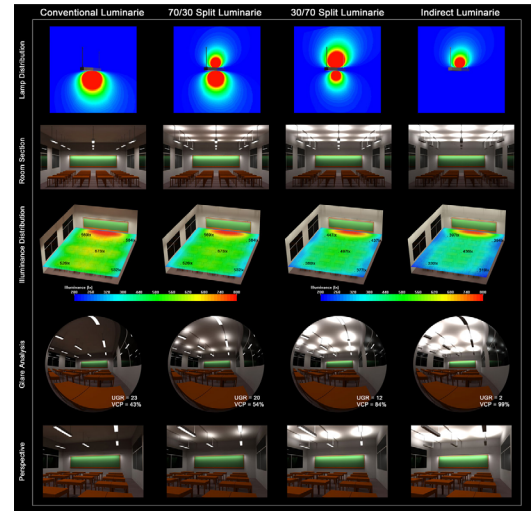
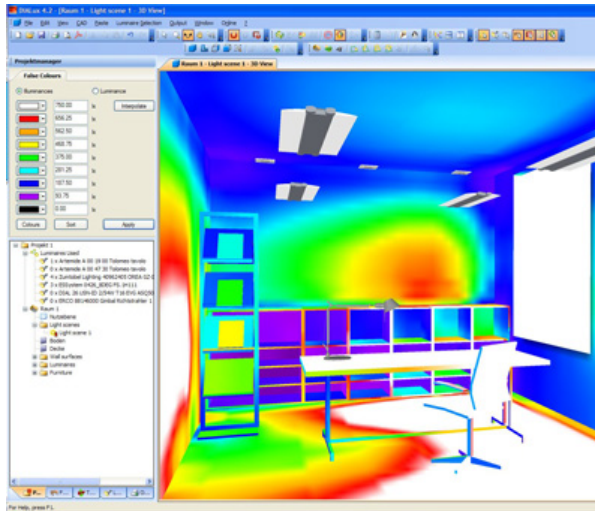
”Talotekniikan visualisointeihin sisältyvät järjestelmäratkaisujen (sekä LVI- että sähkötekniset järjestelmät) päätelaitteiden ulkonäkövaikutusten visualisointi osana arkkitehtimallia sekä erityisesti valaistusvisualisoinnit, joilla havainnollistetaan valaisinten ominaisuuksien vaikutus lopputulokseen. Pelkän visualisoinnin lisäksi valaistusvisualisointi saattaa sisältää myös valaistusparametrien, kuten valaistusvoimakkuuden ja häikäisyindeksien, laskennan.” [7-20 s 26]

”Visualisoinnissa tarvitaan tuotemallin sisältämän geometriatiedon lisäksi tiedot näkyvien pintojen väreistä ja materiaaleista. Valaistusvisualisoinnissa tuotemallia täydennetään lisäksi valaisimen tiedoilla, kuten lampputyypillä sekä valaisimen valonjakotiedoilla.” [20 s 26]

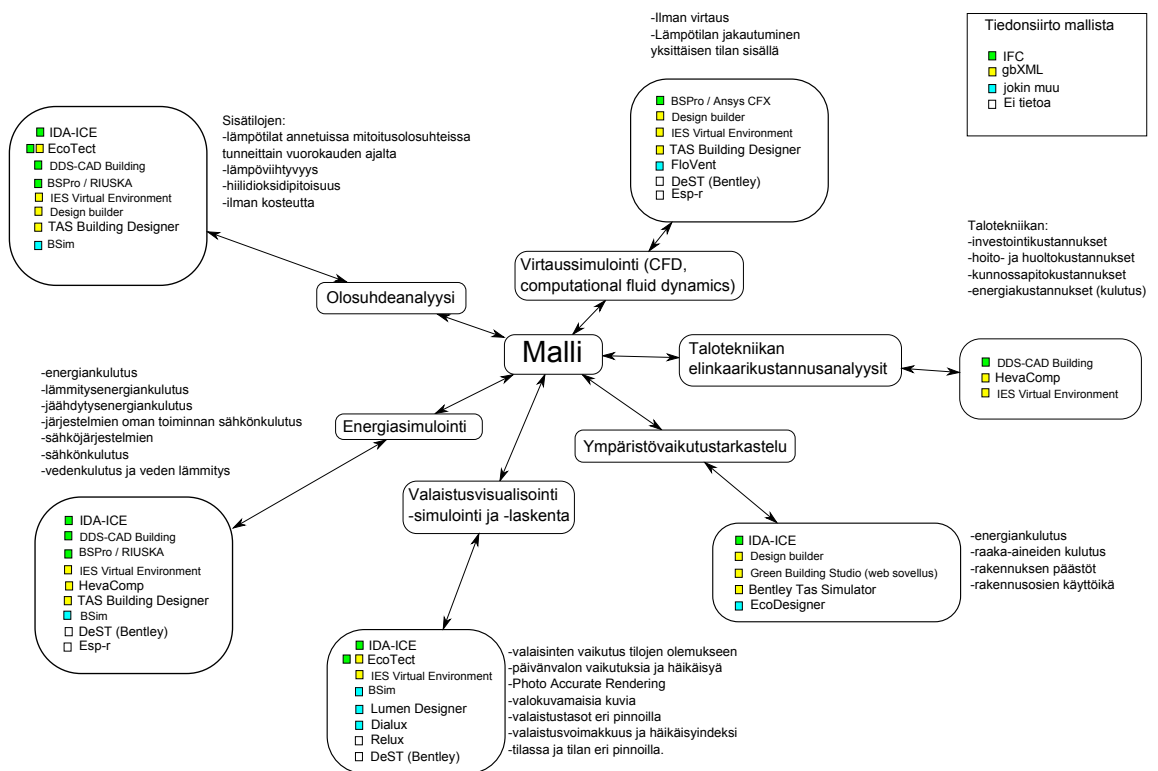
Suomessa valaistusvisualisointiin ja -simulointiin sekä valaistuslaskentaan käytettäviä ohjelmia ovat ainakin:

- 3D studio max
- Renderlights
- Autodesk VIZ
- Dialux
- Lightscape

[Liite 1 s 12]



Kuva 16. Vasemmalla sisätilan pintojen valaistusarvoja havainnollistava näkymä Dialux ohjelmistosta. Oikealla valaistusvaihtoehtojen eroja havainnollistava kuvasarja, jonka kuvat tuotettu Lightscape ja Radiance työkaluilla.



Kuva 17 Kaaviokuva eri ohjelmistoista, joita on mahdollista käyttää Senaatti-kiinteistöjen ohjeissa mainittujen analyysien ja simulaatioiden suorittamiseksi. Kartoitus tehtiin keväällä 2010 Yhdysvaltojen energiaministeriön energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian sivustolta [41] laajan ohjelmistolistauksen sekä ohjelmistovalmistajien esitteiden pohjalta ilman varsinaista käyttäjäarviointia.

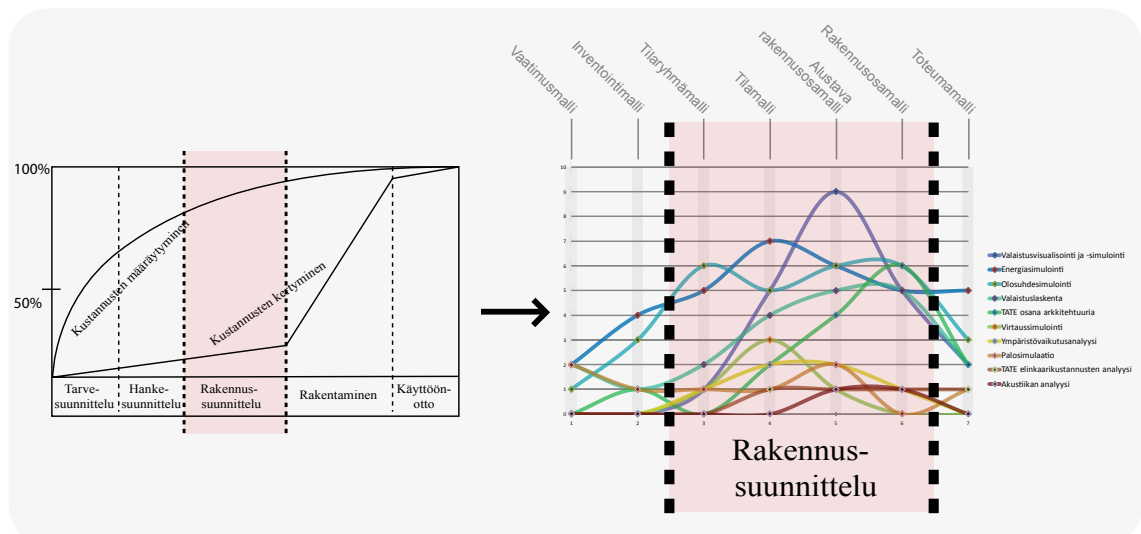
2.3. Menetelmien painottuminen hankkeen tiettyihin vaiheisiin

(Malli- ja analyysivaiheet hankkeessa.)

Tietomallipohjaisesti toteutettava rakennushanke voidaan jaotella tietomallin tietosisällön näkökulmasta erilaisiin vaiheisiin. Hankkeen edetessä tietomallin tietosisältö kasvaa ja malli tarkentuu. Tietosisällön karttuessa myös analyysimahdollisuudet muuttuvat. Senaatti-kiinteistöt on tietomalliohjeistuksessaan määritellyt, mitä talotekniikan analyysejä tulisi tehdä missäkin hankkeen vaiheessa ja myös mallin sekä simulaation tarkkuustason vaiheiden mukaan yleisellä tasolla.

(Tietomallin hyödyntämisen vaiheen painotus vinossa)

Tietomallintamisen ja siihen liittyvien työkalujen kehityksessä sekä tietomallintamisen ohjeistuksissa näkyy selkeä rakennusapohjaisen suunnittelun ja tuotannon ohjauksen painotus. Tietomallia hyödynnetään rakennushankkeessa eniten nimenomaan rakennussuunnitteluvaiheessa. Tämä pitää paikkansa myös analyysien ja simulaatioiden kohdalla. Kuitenkin suurimmat vaikutukset lopputulokseen on tavallisesti hankkeen alussa tehtävillä päätöksillä. Jotta esimerkiksi kestävä kehityksen strategioilla voitaisiin todella saavuttaa ympäristöystävällisempiä rakennuksia, olisi asia huomioitava ja toteutettava jo aikaisimmasta konseptivaiheesta lähtien paljon ennen, kuin tehdään mitään merkittäviä suunnitteluratkaisuja.



Kuva 18. Analyysien tuottaminen samoin kuin vaatimukset niiden tekemiseksi painottuvat rakennussuunnitteluvaiheeseen.

(Mallintamisen ongelmia hankkeen alussa: Mallinnusohjelmistot.)

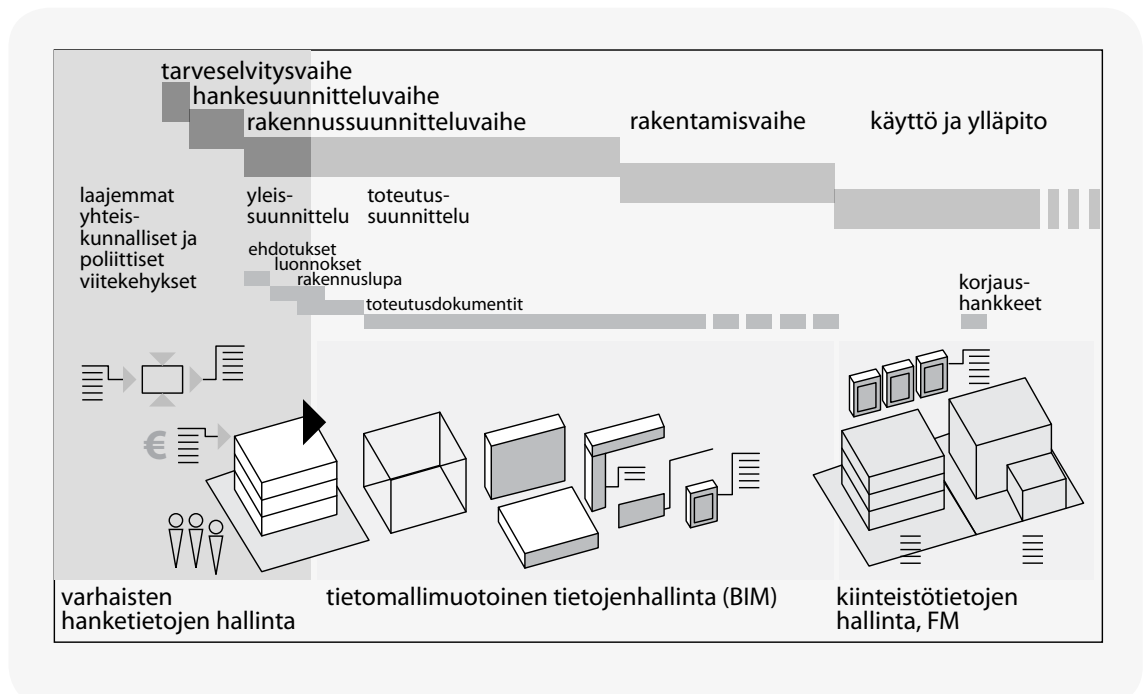
Rakennuksen tietomalleihin perustuva prosessi luo teknisiä mahdollisuuksia sille, että hankkeen alkuvaiheessa käsillä olevan tiedon pohjalta voidaan suorittaa analyysejä ja simulaatioita. Vaihtoehtojen muodonantoa ja sisällön tuottamista on mahdollista tehdä mallintavalla suunnittelulla. Eräs tämän hetken ongelma on ohjelmistokentän kirjavuus: Hankkeen alkuvaiheessa on useita eri työtehtäviä, kuten tontin ja ympäristön olosuhteiden karkea mallinnus, rakennuksen hahmo, tilat ja niiden järjestys, aukotus ja useat analyysit. Nykyään lähes jokaiselle tehtävälle on oma ohjelmistonsa. Mahdollisia lähestymistapoja näiden ohjelmistojen yhdistämiseksi ovat:

1. Yksi ohjelmisto
2. Yhteensopiva ohjelmistoperhe tai ohjelmistojen sarja
3. Puolueeton, julkinen, standardoitu tiedonsiirron rajapinta
4. BIM suunnittelutyökalujen laajentuminen

[5]

(Nykyohjelmistoilla ei liittymäpintaa hankesuunnittelun työtehtäviin)

Rakennushankkeen alkuvaiheissa tiedontarpeissa korostuvat erilaiset asiat, kuin rakennussuunnitteluvaiheessa. Painotus on suuremmissa kokonaisuuksissa, jotka tukevat johtamista, päätöksentekoa ja organisointia. Näitä ovat mm. asiakkaiden tai liiketoiminnan toiminnallisten tarpeiden, hankkeen laajuuden, kustannusraamien, viranomaismääräysten, sekä muiden hankkeen reunaehtojen ja tavoitteiden selvittäminen. Nykyisellään rakennuksen tietomallilla ei ole juurikaan “liittymäpintaa” alkuvaiheen hankesuunnitteluun, hankkeiden tavoitteiden asettamiseen ja niiden toteutumisen seurantaan.[21]



Kuva 19. Rakennushankkeen alkuvaiheen tiedontarve painottuu erityyppisiin asioihin, kuin rakennussuunnitteluvaiheessa. Suurimmat hyödyt analyysi- ja simulaatiotyökalujen käytöstä saataisiin juuri hankkeen alkuvaiheessa.

2.4. Erilaisten käyttötarpeiden asettamat vaatimukset

(Analyysi- ja simulaatiotulosten erilaiset käyttötarpeet)

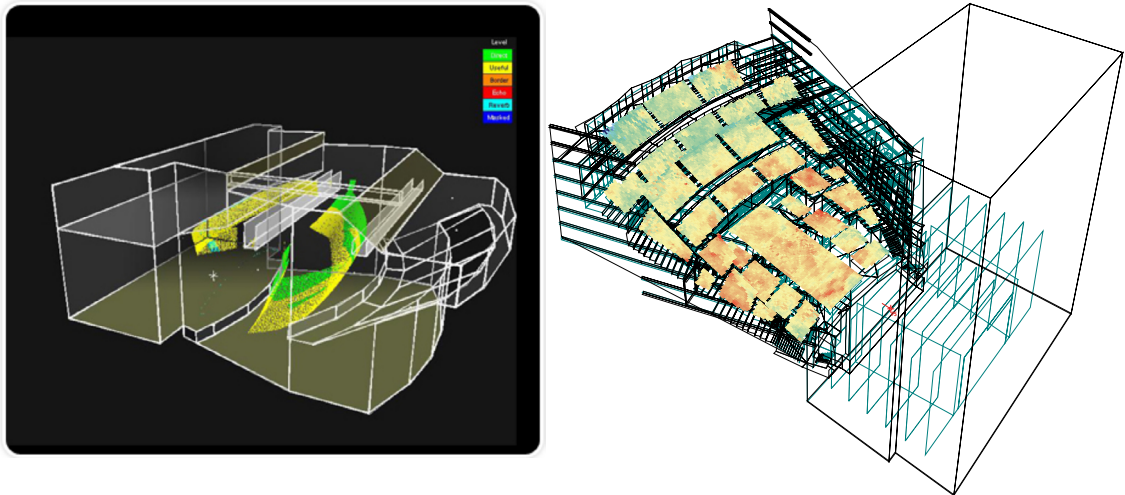
Rakennushankkeessa eri osapuolet hyödyntävät analyysi- ja simulaatiotyökaluja painottaen hyvin erilaisia ominaisuuksien tärkeyttä toimessaan. Hankkeessa on tunnistettavissa ainakin seuraavanlaisia keskenään erilaisia näkökulmia analyysi- ja simulaatiotyökalujen hyödyntämiselle.

- Tarkka erityisalan analyysi tai simulaatio
- Yleisluontoiset erityisalan analyysit ja simulaatiot kokonaissuunnittelun tukena
- Analyysit ja simulaatiot tositteena suhteessa vaatimuksiin ja määräyksiin
- Analyysit ja simulaatiot tavoitteenhallinnan työkaluna

(Tarkka erityisalan analyysi)

Tarkassa erityisalakohtaisessa suunnittelussa analyyssejä käytetään alakohtaisen suunnittelun avustavana työvälineenä. Tämä on tavallisesti se käyttäjäympäristö, jolle useimmat rakennusalan analyysiohjelmit on suunniteltu.

Analyysi- ja simulaatiotyökalun käyttäjällä on tällaisessa tapauksessa laaja tietämys suunnittelualasta; tavallisesti tietämys kattaa suunnittelualan laajemmin, kuin simulaatio-ohjelmiston tarkastelukenttä. Analyysi- tai simulaatio-ohjelmia käytetään vähentämään alan laskennallisia rutiinitöitä tai havainnollistamaan suunnitelman tiettyä ominaisuutta. Käyttäjällä on edellytykset ymmärtää useiden säätöarvojen merkityksen analyysi- tai simulaatiotulokselle ja hän pystyy tietojensa pohjalta arvioimaan analyysituloksen luotettavuutta ja etsimään virheitä lähtöarvoissa ja ymmärtämään analyysimenetelmän vajavaisuudet.



Kuva 20 ”On olemassa valikoima erilaisia simulaatiomenetelmiä ja tulostemuotoja, mutta äänentoistolaitteiden asennuksen suunnittelussa näiden simulointin ohjelmistosovellusten yksinomaisen hyöty on se, että niiden avulla kyetään esittämään suoran äänen äänenpainetasojen jakautumista. Nämä sovellukset on kehitetty vastauksena markkinoiden tarpeeseen esittää visuaalisesti äänen voimakkuuden vaihteluita tilassa. Minun on kuitenkin korostettava tässä aikaisempaa kommenttiani, että asennusta suunniteltaessa on ajateltava kokonaisvaltaisesti äänen vahvistuksen laatua ja samanaikaisesti huomioitava ominaisuuksien ja olosuhteiden tasapainotus. Tämän tarpeen tavoittamisessa nykyhetken tietokone simulaatio-ohjelmistojen avulla voidaan hädän tuskin raapaista pintaa.”[40] Vasemmalla oleva kuva ohjelmistosta Ecotect analysis. Oikealla oleva kuva akustiikan analyysiin ja simulaatioihin erikoistuneesta Odeon ohjelmistosta.

Kun analyysi- ja simulaatiotyökalut ovat erityissuunnittelun apuväline, on analyysien tarkkuus ja parametrivaruuden laajuus ja parametrien säädettävyys nopeutta merkittävämpää. Samoin tärkeässä asemassa on muiden suunnittelijoiden lähettämän tiedon hyödynnettävyys

(Erityisalan analyysi muiden osapuolten käytössä)

Rakennushankkeessa rakennussuunnittelija tarvitsee suuntaa antavaa tietoa rakennuksen ominaisuuksista usein sellaisestakin näkökulmista, johon suunnittelijalla ei ole laajaa koulutusta. Suunnittelija muokkaa malliaan suuntaa-antavasta analyysistä/simulaatiosta saamansa palautteen avulla ja voi välttää karkeimmat virheet ja yleisluontoisesti vertailla erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja jonkin näkökulman kannalta.

Tällaisessa tilanteessa analyysityökalua käyttävällä osapuolella ei ole laajaa tietämystä analyysin/simulaation kattamasta tieteen alasta. Hänellä ei myöskään ole edellytyksiä ymmärtää kaikkien yksityiskohtaisten säätöarvojen merkitystä analyysin tai simulaation tuloksille.

Analyysi- ja simulaatiotyökalun muodostaessa pienen osan suunnittelun monista lähtökohdista muodostuu työskentelyn kannalta tärkeäksi analyysien ja simulaatioiden nopeus. Tämä edellyttää nopeaa ja luotettavaa tiedonsiirtoa. Merkittävää on myös käyttöliittymän yksinkertaisuus. Sovelluksessa tulisi olla tarjolla vain oleelliset säätöarvot ja niiden määrä tulisi olla riittävän vähäinen. Parhaimmillaan analyysi- tai simulaatiotyökalu toimii tässä tarkoituksessa kun se on osa suunnittelijan käyttämää suunnitteluohjelmistoa ja tuottaa tulostietoa välittömästi esimerkiksi visuaalisena palautteena suoraan malliin.

(Analyysit tositteena suhteessa vaatimuksiin)

Analyysien ja simulaatioiden avulla saatetaan verrata suunnitelmaa ohjeisiin ja määräyksiin. Julkishallinnolle erilaiset analyysistä ja selvityksistä saadut tulokset ovat tapavarmen, että suunniteltu ehdotus täyttää asetetut viranomaisvaatimukset. Kun näitä analyysijä tehdään rakennuksen tietomallin avulla, on merkittävää että voidaan varmistua käytettyjen työmenetelmien luotettavuudesta ja että tulostietoa voidaan helposti verrata vaatimuksiin.

(Hankkeen kokonaisvaltainen tavoitteenhallinnan työkalu)

Analyysijä ja simulaatiota voidaan käyttää tavoitteenhallinnan apuvälineenä läpi hankkeen. Tällaisessa tapauksessa analyysi- ja simulaatiotulosten hyödyntäjä on tavallisesti eri kuin työkalun käyttäjä. Tuloksia hyödyntävä osapuoli ei välttämättä omaa tietämystä analyysin kattamasta alasta syvemmin, mutta on tavoitteita asettavana osapuolena. Tällöin analyysitietoa käytetään merkittävänä lähtötietona tehtäessä päätöksiä hankkeen etenemisestä. Päätöksenteon kannalta on tärkeää, että tieto, johon päätökset perustuvat, on luotettavaa ja saatavilla oikeaan aikaan. Analyysityökaluilta vaaditaan tällöin analyysitiedon suhteellisen nopeaa saatavuutta ja yhtäpitävyyttä läpi hankkeen. Sama analyysi tai simulaatio täytyisi voida suorittaa sekä tyyppitietoa sisältävälle vaatimusmallille, arkitehdin luonnosmalleille sekä tarkemmille rakennusosamalleille. Yksittäistä näkökohtaa tarkastelevan analyysin tekijä saattaa vaihtua hankkeen vaiheiden mukana, mutta analyysien pohjalla käytetyn lähtötiedon tulisi välittyä tekijältä toiselle, jotta tulokset säilyisivät vertailukelpoisina. Mahdollisimman hyvä tiedonsiirto on siis merkittävää, jotta lähtötieto olisi yhtenevää ja mahdollisten hankkeen aikana tehtävien muutoksista selvittäisiin yhden mallin päivittämisellä. Optimaalisesti analyysi- ja simulaatiotieto siirtyisi mallin mukana rakennushankkeen vaiheesta toiseen aina ylläpitomalliin saakka. Tilaajan kannalta merkittävää on myös analyysi- ja simulaatiotulosten ymmärrettävyys ja selkeys suhteessa asetettuihin tavoitteisiin.

3 Tietomallin analyysien ja simulaatioiden haasteita

3.1 Tiedonsiirto

(Tiedonsiirron merkitys korostuu)

Useimmissa rakennuksen tietomallin analyysi- ja simulaatiomenetelmien käyttötarpeissa hankkeen osapuolten välisen tiedonsiirron merkitys korostuu jollain tavalla. Tiedonsiirto onkin tietomallihankkeissa edelleen selkeästi ongelma. Kyselyn tulokset osoittavat että, tämä ongelma on myös alalla tunnistettu ja siihen kaivataan ratkaisuja. [Liite 1 s 18,20] Bilal Succar otaksuu, että tämän tarpeen tunnustaminen ja se, että osapuolet alkavat nähdä mallipohjaisen yhteistoiminnan potentiaaliset hyödyt on oleellinen muutoksen alullepaneva tekijä siirryttäessä tuotepohjaisesta mallintamisesta kohti mallipohjaista yhteistoimintaa. [10]

(Tiedonsiirto analyysiohjelmiin ongelmallista)

Olemassa olevat analyysiohjelmat ovat pääosin alakohtaisia niin sanottuja “alavirran” ohjelmistoja, jotka mallintavat suorituskyvyn osaa, joka on merkityksellistä rakennuksen linkaaren tietyille osalle tai juontuu siitä. Kuitenkin, mikäli nämä “alavirran” ohjelmistot eivät kuulu ohjelmistoperheeseen, on niillä hyvin vähän tekemistä keskenään. Ne eivät tällöin ole tietoisia toisistaan ja usein kuvaavat olennaisilta osiltaan samankaltaisenkin tiedon eri tavalla, eivätkä vaihda tai jaa samaa tietoa. [4] Esimerkiksi rakennussuunniteluun tarkoitettujen ohjelmien (Revit, ArchiCad, jne.) avulla luotuja malleja ei voi tavallisesti hyödyntää suoraan analyysi- tai simulaatio-ohjelmistossa.

(Tiedonsiirron käytäntö ilman tietomallipohjaista yhteistoimintaa)

Edelleen yleisenä käytäntönä on, että simulaatiota varten rakennetaan tavallisesti graafisen käyttöliittymän avulla toiminnallinen malli simulaatioon tarvittavista rakennuksen tiedoista. Nämä tiedot mallintaja kerää piirustuksista, valokuvista, määrityksistä tai muusta saatavilla olevasta projektiin liittyvästä materiaalista. Sen seurauksena, että tämän tyyppiseen toimintamalliin sisältyy saman työn (esim. geometrian) tekemistä useaan kertaan, liittyvät siihen samalla myös lähtötiedon tulkinnan ongelmat sekä muut inhimillisten virheiden mahdollisuudet. Jos rakennuksen geometria muuttuu hankkeen aikana, on nämä mallit myös päivitettävä erikseen. [7][13]

(Jonkun tiedon täytyy siirtyä)

Jotta rakennuksen tietomallin tietoja pystytään ohjelmanlähtöisesti analysoimaan, on mallitieto ja analyysiominaisuudet kuitenkin saatettava jollain tavalla samaan ympäristöön: Tietomalli on vietävä analyysiohjelmistoon tai analyysiominaisuudet tuotava suunniteluohjelmistoon. Molemmille lähestymistavoille on rakennushankkeessa tarvetta, johtuen eri osapuolten tehtävistä ja tavoista hyödyntää analyysijä ja simulaatiota osana työteh-

täviään. Ensin mainittu vaihtoehto on erityisesti tarkempien analyysien kohdalla paras lähestymistapa. Jälkimmäinen vaihtoehto onnistuu lähinnä tapauksissa joissa ei tarvita kovin kattavia analyysiominaisuuksia.

(Tiedon muuntaminen)

Kun suunnitteluohjelmistosta halutaan siirtää mallitietoa analyysiohjelmistoon, täytyy niiden välille toteuttaa tiedonmuuntaja. Mikäli tiedon täytyy kulkea molempiin suuntiin, tarvitaan tiedonmuuntajia kaksi. Jos yhdessä ohjelmistossa tuotettavaa mallitietoa voisi potentiaalisesti hyödyntää useammassa sovelluksessa, varteen otettava vaihtoehto on toteuttaa tiedonsiirto neutraalin tiedoston avulla, jossa tietorakenteet on toteutettu yhteisesti sovitulla tavalla.

Neljä pääasiallisesti käytettyä tapaa toteuttaa tiedonsiirto kahden ohjelmiston välillä:

- Suora suljettu yhteys kahden ohjelmiston välillä
- Suljetut tiedostomuodot, pääasiassa geometrian käsittelyyn
- Avoimet tuotetiedon mallin tiedostomuodot
- XML-pohjaiset tiedostomuodot

[5]

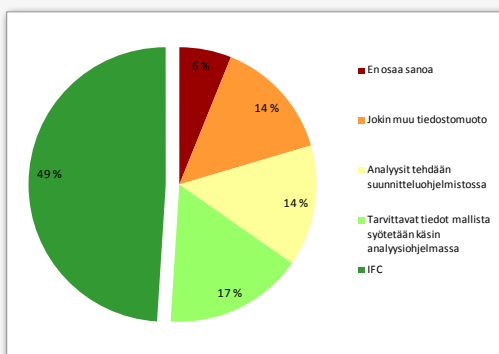
(Avoimien menetelmien edut)

Avoimet “neutraalin tiedoston” tiedonsiirtoon perustuvat menetelmät ovat hankkeen ohjauksen näkökulmasta edullisia, koska ne mahdollistavat tiedon tarkastamisen siirtovaiheessa. Tämä on sopimusteknisesti tärkeää: Jos hankkeessa sovitaan mallivaatimuksista osapuolien tuottamille malleille, mahdollistaa neutraali siirtotiedosto vaatimusten toteutumisen tarkistamisen. Suljetut linkit ohjelmistojen välillä eivät tarjoa tällaista mahdollisuutta vaikka tiedonsiirto muutoin saattaa näillä menetelmillä olla nopeampaa ja vähemmän altista virheille. [22]

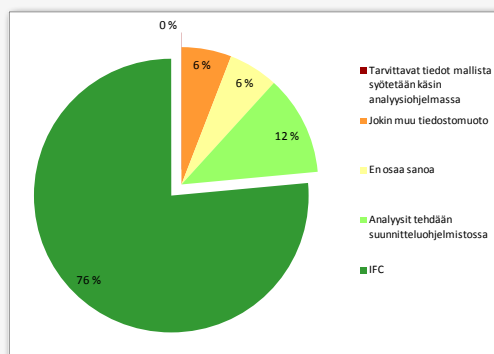
(IFC on suosituin standardi)

Tällä hetkellä laajimmin käyttöön otettu avoin tiedonsiirron standardi alalla on IFC (Industry Foundation Classes), joka pyrkii olemaan kokonaisvaltainen kaiken rakennuksen

Vastaaajien käyttämät tiedonsiirron menetelmät:



Parhaina pidetyt tiedonsiirron menetelmät:



Muut käytetyt tiedostomuodot:

- dwg
- gdl-objektit
- oma xml-pohjainen

Kaavio 1. IFC-tiedostomuoto on laajimmin käytössä oleva tiedonsiirron standardi alalla. [Liite 1 s 17]

linkaaren tiedon kattava XML-muotoinen tietorakenteen malli/kaavio. Muun muassa Senaatti-kiinteistöt edellyttää tietomallipohjaisissa hankkeissaan IFC standardin kanssa yhteensopivien ohjelmien käyttöä.

(IFC:n synty)

Rakennusalalla tarve yleisen rakennuksen esitystavan luomiseen käytettäväksi tiedon vaihdon standardina tunnistettiin 1990-luvun jälkipuoliskolla.[11] Joukko yrityksiä Autodesk'in johdolla perustivat IAI:n (Industry Alliance for Interoperability) Yhdysvalloissa 1994 ratkaisemaan tätä tietokonepohjaisen tiedonsiirron ongelmaa eri rakennusalan osapuolten välillä. Vuotta myöhemmin nimi muutettiin muotoon International Alliance for Interoperability. IAI alkoi kehittää STEP-teknologian (ISO 10303) pohjalta rakennus-alalle omaa tiedonsiirtostandardia IFC:tä. IFC on edelleen kehityksen alla, mutta on jo tällä hetkellä laajimmin käyttöön otettu avoin tiedonsiirron standardi alalla.

(IFC: kattavuudesta ja kasvusta)

IFC sisältää laajasti geometrisia esitysmahdollisuuksia ja objektien suhteita toisiinsa sekä ominaisuustietoja, kuten materiaali, suorituskyky sekä ympäristön ominaisuuksia, kuten tuuli, geologia- ja säätieta. IFC:n avulla voidaan jo esittää laaja joukko rakennussuunnitteluun, -tekniikkaan ja tuotteisiin liittyvää tietoa, mutta kaiken rakennusalan hankkeessa siirrettävissä olevan tiedon joukko on edelleen paljon suurempi. IFC:n kattavuus laajenee edelleen aina uuden versiojulkaisun mukana.

(IFC:n luonne)

IFC:n potentiaali on sen rakenteessa ja laajuudessa sekä *“hyvin järjestetyssä ja suhteellisessa datan esitystavassa”* [23], mutta samalla näillä vahvuuksilla on hintansa. Näin laajan ja yleisen, monta eri rakennusalan osa-aluetta kattavan tiedonsiirron välineen kehittäminen vie aikansa. Oman aikansa vie myös ohjelmistovalmistajien vastaaminen tämän standardin vaatimuksiin, siten että niiden voidaan katsoa olevan IFC- kelpoisia sovelluksia, jotka pystyvät tuottamaan sovitun standardin ja rakenteen mukaista tietoa.

(Muut alakohtaiset tiedonsiirron avoimet standardit suhteessa IFC:hen)

Nopeasti kasvava tarve tiedonsiirtoon suunnitteluohjelmistojen ja analyysiohjelmistojen välillä on poiknut IFC:n rinnalle muita pienempiä ja usein pienestä koostaan johtuen nopeammin kehittyviä avoimia tiedonsiirron standardeja. Näissä tiedonsiirron ongelmaa

Table 1. Summary of energy analysis software tool features 1/2

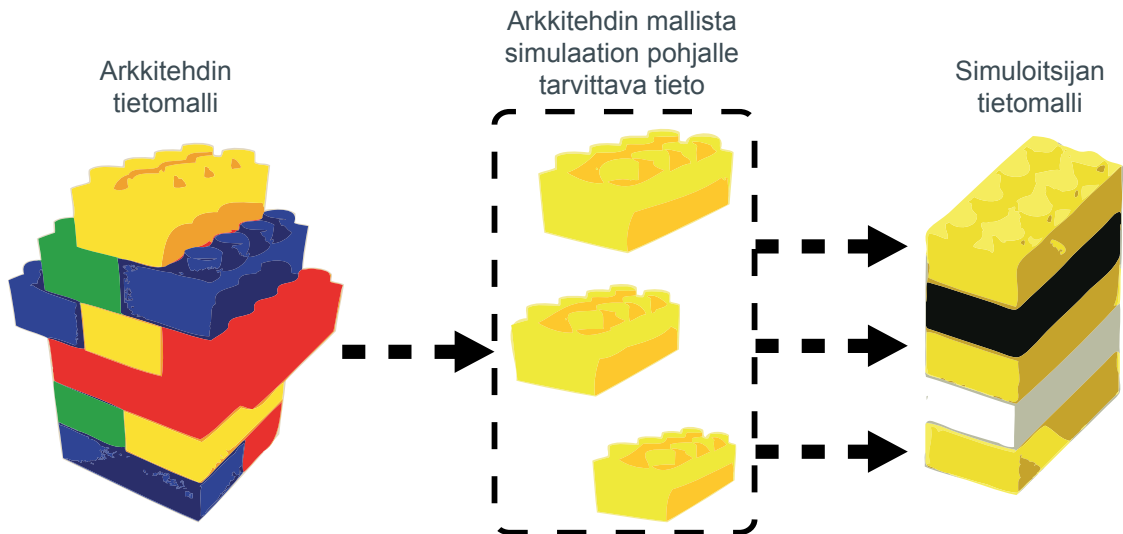
	IES 5.8.1	Ecotect 5.6	E-Quest 3-6	EnergyPlus v2.1	IDA ICE 3.0	RIUSKA 4.4
User interface	comfortable	adequate, manual needed	a bit illogical, has wizards though	Doesn't have any	requires understanding	easy to use
BIM based import (other formats)	gbXML (DXF; GEM; MIT)	IFC, gbXML (+lots more)	gbXML, only indirectly by GBS (didn't work properly)	(IFC), gbXML, only indirectly (IDF; IMF)	IFC (IDM; IDA; IDS; DWG; DXF)	IFC
Bim based export (other formats)	none	IFC, gbXML	none	none	none	IFC
3D geometry modelling	via CAD	via CAD	simple, restricted	no, only external	via CAD or in the program	via CAD
Input parameters						
temperature gradient	-	-	not tested	not tested	X	X
leakage air rate	-	X	not tested	not tested	X	X
space type	X	-	not tested	not tested	X	X
cooling/heating set point	X	-	not tested	not tested	X	X
air flow rate min/max (Vs,m2)	X	-	not tested	not tested	X	X
HVAC equipment heating/cooling profile	X	Yes, but all HVAC profiles must be the same	not tested	not tested	X	limited to four types

Taulukko 1. *“gbXML- skeema on IFC:tä yksinkertaisempi ja helpompi ymmärtää, mikä mahdollistaa skeeman laajennuksen nopeammat toteutukset eri suunnitteluohjelmistoihin.”* [23]

lähestytään tavallisesti tapauskohtaisesti tiedonsiirron tarpeen näkökulmasta. Laajimmin käyttöön otettuna (bottom-up) standardina mainittakoon gbXML, joka on kehitetty erityisesti tiedonsiirtoon suunnitteluohjelmistojen ja energia-analyysiohjelmistojen välillä. [24]

(Yleispätevä malli aiheuttaa vaatimuksia)

Tietomalliin pohjautuvassa rakennushankkeessa on tavoitteena pidetty tiedonsiirron osalta arkkitehdin rakennussuunnitteluohjelmistossa tuottamaa mallia, joka soveltuisi sellaisenaan mahdollisimman moneen eri tarkoitukseen.[14] Arkkitehdin osalta tämä aiheuttaa valtavan määrän vaatimuksia tietomalliin sisältyvän tiedon laadun ja määrän osalta. Yleispätevän mallin rakentaminen on työlästä. Se on vaivan arvoista ainoastaan, mikäli sitä



Kuva 21. Arkkitehdin mallin siirtäminen kokonaisuudessaan analyysiohjelmaan esimerkiksi IFC-tiedonsiirtomuodon avulla sujuu harvoin ongelmitta. Onnistuneen tiedonsiirron jälkeenkin analyysiin tekijälle oikean tiedon suodattaminen saattaa olla työn ja tuskan takana. Arkkitehti ei puolestaan voi suodatusta tehdä, jos tiedon siirron käyttötapausta ei ole määritely.

todella kyetään hyödyntämään muiden toimijoiden tarpeisiin. Ongelmana on, että tiedonsiirron tekniset toteutukset sekä mallivaatimukset ja ohjeet eivät riitä takaamaan tiedonsiirron onnistumista, koska niiden avulla ei päästä käyttötapauskohlaiseen tarkkuuteen.

(Tietovaatimukset käyttötapauskohaisia)

Erikoisalan analyysin tekijä tarvitsee tavallisesti vain murto-osaa kaikesta siitä tiedosta, mitä “yleispätevä” malli pitää sisällään. Ongelmana tällä hetkellä on tämän analyysiä varten tarvittavan tiedon suodatus isosta kokonaisuudesta. Toimivin lähestymistapa nykytilanteessa on tiettyyn käyttötarkoitukseen tarkoitettujen mallin tuottaminen arkkitehdin mallista. Tämä edellyttää tarvittavan tiedontarpeen määrittämistä käyttötapauskohaisesti. Kun tarvittavat vaatimukset voidaan käyttötapauskohaisesti asettaa voi arkkitehti (tai muu toimija), joka tuntee “yleispätevän” mallin sisällön, suodattaa mallistaan rajatun tietojoukon analyysin tekijälle. Tällöin saadaan jo nykyisin käytössä olevilla menetelmillä käyttökelpoista materiaalia analyysien pohjalle suoraan arkkitehdin mallista.

(Mallipalvelimista)

Mallipalvelimet on suunniteltu mallin säilytykseen ja malliin sekä sen sisältämään dataan käsiksi pääsyn hallintaan joko palvelinsivustolla tai sisäisellä palvelimella sisäisessä verkossa. Nykyään useimmat yhtiöt käyttävät tiedostopohjaisia palvelimia jotka käyttävät tavallisia tiedoston siirron protokollaa tiedonsiirtoon palvelimen ja asiakaskoneen välillä. [5]

3.2 Tulosten tarkkuus

(Simulaatiot uudentyyppisenä tieteen metodina)

Tiedon teoria on läpi filosofian historian ollut ihmiskeskeistä siinä mielessä, että se on pohjautunut ihmisen sensorijärjestelmään (havaintojärjestelmään). Paul Humphreys esittää tekstissään tietokonesimulaatioiden siirtävän tiedon teorian painopistettä pois ihmiskeskeisyydestä, koska simulaatioissa käsitellään niin valtavaa määrää tietoa niin kompleksisella tasolla, ettei yksittäinen ihminen tai ihmisryhmä pysty käsittelemään tai hahmottamaan prosessia kokonaisuudessaan. Humphreys esittää tämän muodostavan täysin uudenlaista tieteen metodiikkaa. [25 s 2] Vaikka tämä väite ei olekaan saanut yksimielistä hyväksyntää kaikilta tahoilta on simulaatioiden käytännön hyödyllisyys kuitenkin kiistämätöntä. Kun tavanomaiset keinot eivät riitä, tietokonesimulaatiot ovat usein ainoa tapa oppia jotain dynaamisista malleista.

(Tietoteoreettinen sameus/läpinäkymättömyys "Tiedon musta laatikko")

"Eräs digitaalisen tiedonkäsittelyn ja siihen perustuvan tieteen huomionarvoisista ominaisuuksista on väistämätön simulaation pohjalla olevasta käsitteellisestä mallista simulaation lopputulokseen johtavan laskennallisen prosessin tietoteoreettinen sameus. Tässä tapahtumasarja on tietoteoreettisesti samaa suhteessa kognitiiviseen/tietoa käsittelevään toimijaan X ajassa t ainoastaan, mikäli X ei tiedä t:ssä kaikkia tietoteoreettisesti merkittäviä tapahtumasarjan osatekijöitä. Tapahtumasarja on välttämättä tietoteoreettisesti samaa, jos ja vain jos X:n luonteen huomioon ottaen X:n on mahdotonta tietää kaikkia tietoteoreettisesti merkittäviä tapahtumasarjan osatekijöitä." [25 s 2]

(Toimijälähtöiset ongelmat)

Tieteen filosofian alalla on pitkään käyty keskustelua siitä tarvitseeko käyttäjän tietää syöttötiedon ja tuloksen välisten tapahtumasarjojen yksityiskohtia tietääkseen, että se mitä laite tai tässä tapauksessa simulaatio esittää, edustaa tarkasti todellista kokonaisuutta. Vaikka oletettaisiin, että tämänkaltainen tieto ei olisi välttämätöntä, on siitä huolimatta tarpeellista tietää vähintäänkin lähtöarvojen ja lopputuloksen merkitys, jotta lopputulosta kyetään oikealla tavalla arvioimaan. Rakennuksen tietomallin analyysien ja simulaatioiden osalla suurimmat ongelmat tarkkuudessa ovat toimijoiden osalla ja virheille herkimät osa-alueet ovat nimenomaan lähtötietojen syöttäminen sekä tulosten tulkinta. Mikäli analyysin tekevällä osapuolella ei ole riittävästi tietotaitoa kyseessä olevan analyysin tekemiseen eikä liioin ymmärrystä tulosten todellisesta merkityksestä ei tehdystä analyysistä tai simulaatiosta saada tavoiteltua hyötyä. Analyysin tai simulaation suorittavalla osapuolella tulisi aina olla riittävä tietämys analyysin pohjalle, jotta hän kykenee tarkistamaan analyysituloksen ja havaitsemaan mahdolliset puutteet analyysin lähtötiedoissa.

(Tiedon yksinkertaistuminen - oikoteiden vaara)

Tietokonesimulaatioiden tulokset voivat olla harhaan johtavia, koska tietokoneilla suoritettujen laskelmien täsmällisestä luonteesta johtuen niiden avulla voidaan tarkastella ainoastaan osaa koko parametriavaruudesta eli muuttujien joukosta. Kun joudutaan tarkastelemaan rajattua osajoukkoa, ei välttämättä saada esiin kaikkia tai tiettyjä mallin tärkeitä ominaisuuksia. Tietokoneiden tiedonkäsittelyn tehon kasvaessa tämä ongelma lievittyy, kun yhä enemmän muuttujia voidaan huomioida simulaatiota tehtäessä.

(Tiedon yksinkertaistaminen)

Nykyisellä tiedonkäsittelyn teholla toimittaessa rakennushankkeissa yksinkertaistusta ja mallien rajausta joudutaan tekemään vielä merkittävästi. Yksinkertaistaminen tarkoittaa

tuloksen virhemarginaalin kasvua, mutta yleensä myös simulointiin käytettävän ajan lyhenemistä.

Mallin yksinkertaistus voi tarkoittaa, joko rakennuksen tietomallin eli rakennuksen fyysisten ja toiminnallisten ominaisuuksien digitaalisessa mallin yksinkertaistamista tai simulaatiomenetelmän eli simulaation pohjalla käytettävien fysikaalisten lähestymistapojen digitaalisen mallin yksinkertaistamista. Tietomallin yksinkertaistamista voi olla esimerkiksi tilaryhmien mallintaminen erillisten tilojen sijaan. Simulointimenetelmän yksinkertaistaminen puolestaan voi olla esimerkiksi (jonkin parametrin) olettamista vakioiksi sen sijaan, että se laskettaisiin kaikissa tapauksissa perustuen siihen vaikuttaviin fysikaalisiin ilmiöihin. Se mitä osa aluetta on rakennushankkeen kannalta järkevintä yksinkertaistaa, riippuu siitä miten paljon painoarvoa simulaatiotuloksen tarkkuudelle ja simuloinnin kestolle kyseisessä hankkeen vaiheessa laitetaan.

“Kaikkia ei voi laskea teoreettisesti tarkimman kautta, tai se johtaa siihen, että itse rakennuksen mallia yksinkertaistetaan. Oikeastaan kysymys on juuri siitä, että missä suunnassa yksinkertaistusta tulisi tehdä. Olisiko parempi hyödyntää tarkempaa lähtötietoa ja pikkaisen epätarkempaa laskentaa, kuin yksinkertaistaa lähtötietoa, jolloin se on epätarkempaa ja sitten tarkentaa simulointia?” [14]

(Absoluuttinen tulos voi heiketä liikaa)

Yksinkertaistamisella on saattaa joissain tapauksissa olla merkittäviä vaikutuksia analyysin tai simulaation tulokseen vertailtaessa lopulta rakennetusta kohteesta mitattuun tulokseen. Simulaation tai analyysin absoluuttisen tuloksen riittävää tarkkuutta on pidettävä lähtökohtana simulaatioiden käytölle ylipäänsä.

(Myös oletusten tekeminen heikentää absoluuttista tulosta)

Yksinkertaistamisen lisäksi tai sen osana simulaatioon tai analyysiin tarvittavien lähtötietojen osalta joudutaan myös tekemään oletuksia. Jos esimerkiksi jotain analyysin suorittamiseen vaadittavaa tietoa ei ole vielä suunnitelmaan sisällytetty, täytyy asiasta tehdä oletus, jotta simulaatio voidaan suorittaa. Luonnollisesti hankkeen varhaisimmissa vaiheissa todellista tietoa on saatavilla vähän ja oletuksia tehdään monessa kohtaa eikä analyysin absoluuttiselle tarkkuudelle tule antaa liian suurta painoarvoa.

(Vertailutuloksen arvo)

Rakennushankkeessa rakennusta suunniteltaessa ja päätöksiä tehtäessä suurempi painoarvo onkin vertailutuloksilla. Vertailutuloksella tarkoitetaan kahden erilaisen mallin tutkimista saman simulaation avulla ja näistä vaihtoehtoisista malleista saatuja simulaatiotuloksia. Tällaisella vertailulla voidaan eri mallivaihtoehdot useissa tapauksissa laittaa jonkin näkökulman kannalta paremmuusjärjestykseen vaikka simulaation tuloksella verrattuna mitattuun tulokseen olisikin heittoa.

“Esimerkiksi auringon säteilyn mallinnustavalla on joissain tapauksissa iso vaikutus absoluuttiseen lopputulokseen. Lisäksi sillä on myös vaikutusta myös eräissä vertailutapauksissa. Jos vertaillaan esimerkiksi ikkunaa, jossa on markiisin yläpuolinen lippa sellaiseen tapaukseen jossa sitä ei ole, niin auringon säteilyn erilaiset mallinnustavat voivat aiheuttaa eriäviä tuloksia.” [26]

(Ohjelmistojen sertifiointit)

Jotta rakennushankkeessa on mielekäästä käyttää tietomallipohjaisia simulaatio- ja analyysiohjelmia täytyy niiden laadun arvioiminen olla käyttäjälle mahdollista. Tätä tarkoitusta varten olisi ohjelmistolla oltava osaavan ulkopuolisen tahon antama tyyppihyväksyntä. Kansainvälisesti muun muassa IEA (International Energy Agency) on vertaillut energia-analyysiohjelmistoja ja antanut mahdollisen hyväksyntänsä vertailun pohjalta. Vertailu on kuitenkin ongelmallista. Analyysi- ja simulaatio-ohjelmia ei voida pitää keskenään suoraan vertailukelpoisina, johtuen niiden toisiinsa nähden erilaisista lähestymistavoista fysikaalisten ilmiöiden mallintamiseen.

“Ovatko energia-analyysit vertailukelpoisia? Siinä suhteessa eivät, että niiden fysikaalinen lähestymistapa on ihan eri, mutta niitä on validoitu ja vertailtu ja verifioitu 80-luvun alusta lähtien IEA:n (International Energy Agency) erilaisissa annexeissa.” [26]

Energia-analyysiohjelmistoja validoivia ja sertifiioivia tahoja:

- IEA - International Energy Agency
- BESTEST - Building Energy Simulation test
- ANSI/ASHRAE Standard 140
- CEN - European committee for standardization

(Laskentamenetelmien sertifiointin vajavaisuudesta)

Hiljattain julkaistussa Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiivissä painotetaan suorituskyyyn perustuvia normeja ja vaaditaan normien kanssa yhtenevyyttä osoittavan ohjelmiston sertifiointia. Tämä kehitys on erittäin myönteistä, koska oikeiden/todellisten suorituskyyyn perustuvien normien myötä, uusiutuvan energian teknologioihin ja innovatiivisiin energiatehokkuuden toimenpiteisiin rakennuksissa rohkaistaan, sen sijaan, että niitä rajoitettaisiin ohjailevilla vaatimuksilla. Innovatiivisten matalan energian rakennusten mallintaminen on haastavaa ja olemassa olevat menetelmät analyysi- ja simulaatio-ohjelmistojen testaamiseen eivät ole vielä riittävän kattavia. CEN:issä kehitteillä olevat laskentamenetelmät tulevat toimimaan enimpään osaan tavanomaisista rakennuksista, mutta ne eivät tule olemaan riittäviä innovatiivisten matalaenergiarakennusten kohdalla. [27]

4. Huomioita tietomallin analyysien soveltamisesta rakennushankkeeseen

4.1 Analyyseihin tarvittavan tiedon kertyminen hankkeessa

(Analyysitiedon kertyminen hankkeen aikana)

Rakennuksen tietomallin täytyy sisältää jotain tietoa rakennuksesta, ennen kuin mitään analysointia tai simulointia voidaan tehdä. Tämän tiedon ei tarvitse olla kolmiulotteista geometristä tietoa, vaan se voi olla esimerkiksi numeerista. Tiedon ei myöskään tarvitse olla jo päätettyä suunnittelutietoa, vaan se voi olla vaatimustietoa, oletuksia, tai vaihtoehtoista ehdotusluontoista tietoa. Tavallisesti hankkeen edetessä alussa tiedetään hyvin vähän ja oletetaan paljon. Hankkeen edetessä osa oletuksista ja ehdotuksista tarkentuu päätöksiksi ja näiden lisäksi tehdään uusia oletuksia ja ehdotuksia. Analyysejä ja simulaatiota voidaan tehdä aina kulloinkin saatavilla olevasta tiedosta. Sitä mukaa kun tiedon määrä lisääntyy ja tarkentuu mahdollistuvat myös yhä useammanlaiset analyysit ja simulaatiot. Myös analyysien ja simulaatioiden tulokset tarkentuvat.

(Analyysien lähtötieto hanketta suunniteltaessa)

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä ei välttämättä ole kykyä simulaatiotuloksen ymmärtämiseen tai edes kaikkien tarvittavien tietojen keräämiseen tietyn analyysin tai simulaation tekemistä varten. Lisäksi hankkeeseen ryhdyttäessä on tietoa simulaatioita varten saatavilla rajallisesti. Monet alkuvaiheen analyysit eivät kuitenkaan vaadi tietoa, jonka hallitsemiseen vaaditaan syvällistä erityisalan ammattitaitoa ja tietoja. Kun tietomalliin syötetään mitä hyvänsä tietoa voidaan sitä tietoa jollain menetelmällä analysoida ja sen vaikutuksia simuloida. Esimerkiksi, kun karkea arvio rakennuksen laajuudesta on olemassa ja asemakaavasta saadaan reunaehdoja kuten kerrosluku, rakennusoikeus jne. voidaan näiden tietojen pohjalta tehdä nopeasti massamallivaihtoehtoja joita voidaan sijoittaa ympäristöönsä virtuaalimaailmassa ja tutkia esimerkiksi miten eri tyyppiset massoitte-luvaihtoehdot varjostavat ympäristöään. Muun muassa tämän tyyppiseen tiedon malliin lisäämiseen rakennushankkeeseen ryhtyvälläkin on tavallisesti mahdollisuus. Osaa analyyseistä ja simulaatioista ei joko voida tai ei ole mieltä tehdä hankkeen alussa, vaan ne tulevat mukaan siinä vaiheessa hanketta, kun analyysille on olemassa riittävät lähtötiedot ja analyysin tekeminen on järkevää.

(Lähtötieto ja tavoitetaso asettaminen)

Tietomallin analyysien ja simulaatioiden suurimmat lupaukset ovat niiden käytössä hankkeessa kokonaisvaltaisesti tavoitteen hallinnan työkaluna. Rakennuksien ominaisuuksiin liittyviä tavoitteita on asetettu ja pyritty hallitsemaan suunnittelussa jo pitkään. Ilman simulaatiotyökaluja jo rakennuksen tavoitetaso asettaminen useimmilla osa-alueilla on suhteellisen hataralla pohjalla. Tavanomaista on peilata tavoitetasoa olemassa olevaan rakennuskantaan ja määrittää esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuuden tavoitetaso sen mukaan, mikä on vastaavan käyttötarkoituksen mukaisen, suurin piirtein samankokoisen rakennuksen energiankulutus. Joidenkin ominaisuuksien osalta tämä kokemukseen pohjautuva menetelmä on saattanut tuottaa tyydyttäviä tuloksia, mutta esimerkiksi energiatehokkuuden osalta tavoitetasoja ja todellisia vertailuarvoja on hankala muodostaa, koska

kahta täysin samanlaista rakennusta ei ole olemassa.

(Standardeista ja määräyksistä saatava tieto, "standarditalo")

Tietopohjana analyyseja ja simulaatioita varten voidaan alustavan tilaohjelman lisäksi hankkeen alkuvaiheessa hyödyntää sekä yleisiä rakennusmääräyksiä ja ohjeita että alueellisia rakentamista sääteleviä määräyksiä, kuten asemakaava jne. Simulaatioiden avulla vertailutapaukseksi voidaan ottaa suunnitellun laajuinen rakennus joka täyttää rakennusmääräykset ja asemakaavan määrittämät reunaehdot. Suhteellisen pienellä vaivalla voidaan rakentaa eräänlainen tontti- ja hankekohtainen standarditalon malli eli määräykset täyttävä oikeaa kokoluokkaa oleva "laatikko", jolle tehtyjä analyyseja voidaan käyttää vertailukohtana, johon todellisen suunnitteluvaihtoehtojen ominaisuuksia verrataan.

(Enemmänkin tyyppitietoa olisi mahdollista määrittää)

Määräykset toimivat näissä tapauksissa siis eräänlaisen minimi-standardin määrittäjinä. Nykyisten määräyksistä saatavien tietojen lisäksi voitaisiin rakennusmääräyskokoelmaan sisällyttää muutakin tietoa tyyppillisistä rakennuksista, kuten tarvittavat karkeat lähtötiedot rakennuksen käyttäjoille ja käyttömäärille jolloin myös alkuvaiheen analyysit tarkentuisivat entisestään ja mahdollisten analyysien määrää voitaisiin lisätä. Suomessa ollaan tällä alalla kehityksen kärjessä siinä, että useammat toimijat kehittävät niin sanottuja tyyppimalleja, joihin ei vielä sisälly tarkempaa tuotantoa varten vaadittavaa tietoa. [14]

(Ohjelmistokannan puutteet alkuvaiheen suunnittelussa)

Suunnitteluohjelmissa ja niiden toiminnallisuudessa näkyvä lopputuotannon vahva painotus. Markkinoilta ovat pitkään puuttuneet todelliset tietomallin pohjaksi soveltuvat luonnosteluohjelmistot, joissa muutosten teko olisi kevyttä ja nopeaa ja lopputulos sisältäisi tarvittavan tiedon karkeita alustavia analyyseja varten riittävän monella osa-alueella.

(Tiedon kertymisen vaikutukset mallin muokattavuuteen)

Myös suunnittelun sujuvuuden ja tehokkuuden kannalta on tärkeää ymmärtää mallin vaiheistuksen merkitys, koska tietomallin tarkoituksena on olla kumulatiivinen kokonaisuus: Eräänlainen tietopankki, johon kaikki oleellinen rakennukseen liittyvä tieto koko rakennuksen elinkaaren ajalta kerääntyy. Jokainen tiedon muru, joka tietomallisisältöön lisätään "jäykistää" tietomallia eli tekee siitä vaikeammin muokattavan. Tästä syystä etenkin suunnittelun alkuvaiheessa tulisi kaikin tavoin pyrkiä säilyttämään mallin keveys ja joustavuus. Tietoja joita tarvitaan vasta hankkeen loppuvaiheissa, ei tulisi syöttää malliin liian aikaisin. Samoin toimijoiden ja eri ohjelmistojen määrän lisääntyminen lisää tilaajan päätöksenteon hitautta johtuen tiedonsiirtoon liittyvistä hidastumisista.

(Konseptivaiheen jälkeen - lisää tietoa ja tarkempia analyysejä)

Konseptivaiheen jälkeen kun mekaaniset järjestelmät on mitoitettava ja rakenteelliset järjestelmät suunniteltava, mallin monimutkaisuus kasvaa. Tässä vaiheessa analyysien teko ja analyysien tulkinta on jo yleensä spesialistien työtä. Hankkeen ohjauksen kannalta tärkeäksi tässäkin nousee osapuolien välinen yhteistyö ja tiedonsiirto, jotta analyysien pohjalla käytettävät lähtötiedot pysyisivät yhtenäisinä hankkeen ja mallin vaiheesta riippumatta. Kaikkien rakennusten on täytettävä useanlaisia perusvaatimuksia, kuten rakenteelliset vaatimukset, ympäristöstä huolehtiminen, käyttöveden saanti, jätevesien poisto, paloturvallisuus, sähkönjako, viestinnän vaatimukset yms. Se miten nämä vaatimukset rakennusprojektissa ratkaistaan, on saatettu pääpiirteittäin päättää aikaisemmin. Tässä vaiheessa täytyy suunnitelmaa näiden osalta ryhtyä tarkentamaan ja tarkastelemaan suh-

teessa suosituksiin, määräyksiin, ohjeisiin. [5 s 167]

Suunnitelman kehittyessä on myös alettava määrittelemään rakennuksen useita eri järjestelmiä koskevia yksityiskohtia urakkatarjouskilpailua sekä osien valmistusta ja asennusta varten. Tämä vaatii paljon teknistä tietoa.

(Lähtö-, oletus- ja tulostietojen kulku hankkeen aikana)

Alkuvaiheessa asetetut tavoitteet ja tehdyistä simulaatioista saadun tiedon tulisi välittyä hankkeessa myöhemmin mukaan tuleville suunnittelijoille, jotka tarkentavat ja laajentavat lähtötietoja. Optimitilanteessa voidaan hankkeen alusta sen loppuun saakka käyttää samaa ohjelmistoa jolloin analyysien ja simulaatioiden pohjalla olevat fysikaaliset mallit ja niihin liittyvät oletukset pysyvät samoina. Jos tämän lisäksi analyysien lähtötiedot säilyvät hankkeen edetessä pysyvästi osiltaan yhtenevinä, pysyvät myös analyysitulokset vertailukelpoisina läpi hankkeen. Tällöin voitaisiin analyyseistä ja simulaatioista saatuja tuloksia todella hyödyntää tehokkaasti suunnittelun ja hankkeen ohjaukseen. Tällä hetkellä analyyseistä saatava tieto välittyy hankkeessa ainoastaan erillisten raporttien välityksellä. Lähtötiedot ja analyysien pohjalle tehdyt oletukset eivät usein välity lainkaan hankkeen seuraaviin vaiheisiin. Tietomallintamisen ajatuksen mukaista olisi, että nämäkin tiedot kulkisivat mallin mukana ja olisivat sieltä tarkastettavissa ja tulostettavissa.

(Käyttötapauskohtaisesti tarvittavan tiedon määrittäminen)

Monelta osin määritelmiä siitä, mitä tietoa kukin eri osapuoli tarvitsee missäkin mallivaiheessa, ei ole tuotettu. Tällaiset käyttötapauskohtaiset määrittelyt ovat merkittävässä asemassa tiedonsiirron onnistumisen kannalta ja sen vuoksi myös analyysien ja simulaatioiden tehokkaan käytön kannalta hankekohtaisten tavoitteiden hallinnan näkökulmasta. Useimmiten hyvien käytäntöjen ja ohjeiden puuttuessa analyysit ja simulaatiot otetaan käyttöön niin myöhään hankkeessa, että suurimmat potentiaaliset edut menetetään, kun mahdollisuudet käyttää analyysejä ohjaamaan suunnitteluratkaisuja jäävät käyttämättä.

4.2 Analyysit osana toimijoiden työnkuvaa

(Kenen tehtäväkenttää)

Analyysien kirjo on laaja ja yksittäistä analysoitavaa asiaa voidaan lähestyä useammalla eri tavalla. Yksi yleisimpiä esiin nousevia kysymyksiä uusien toimintamallien ja työtehtävien esiinmarssin yhteydessä on luonnollisesti "Kuka tämän tekee". Tavanomaisesti tietomallintamisen hyödyntäminen mahdollisuuksien mukaan analyysien ja simulaatioiden pohjalla palvelee ja tehostaa yksittäisen toimijan omaa työtä. Tällaisissa tapauksissa tietomallin analyysien ja -simulaatioiden käyttö osana toimijan omaa toimenkuvaa on luontevaa, koska se pyrkii vähentämään manuaalisen työn määrää ja tuomaan lisäarvoa työlle.

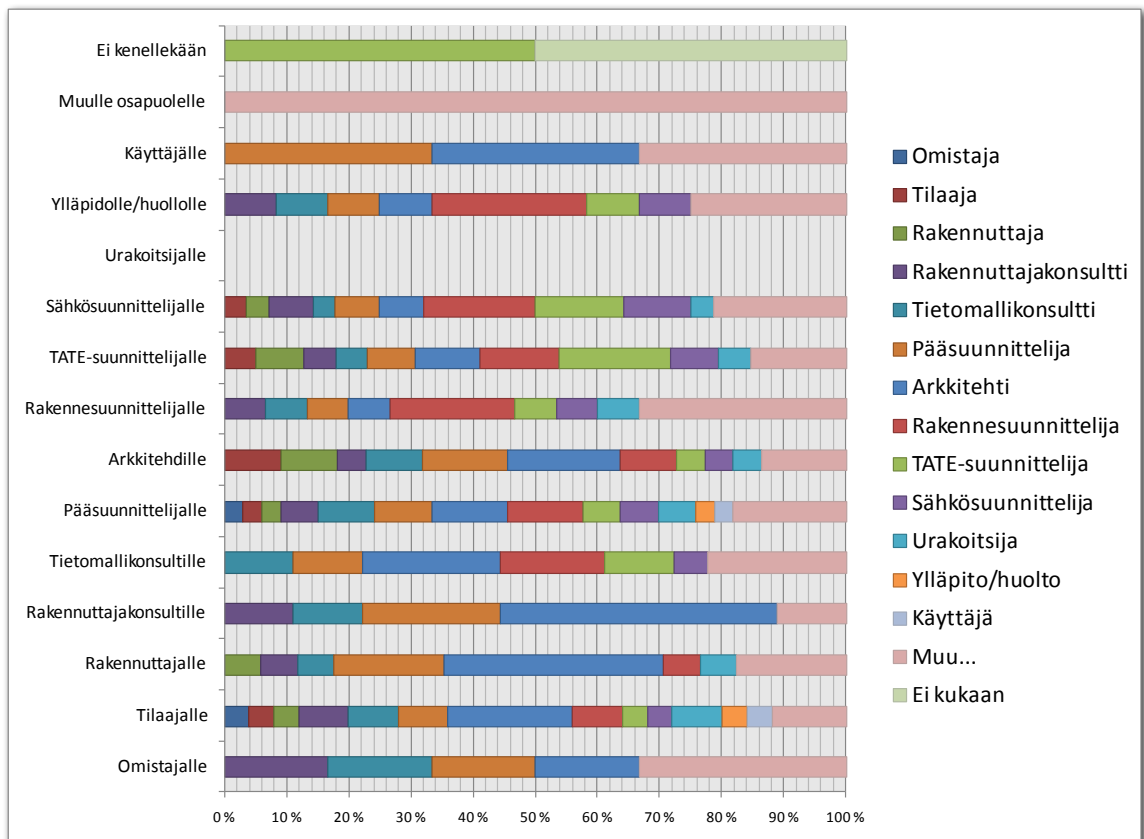
(Uusia mahdollisuuksia -> uusia tehtäviä)

Siirtyminen tietomallintamiseen tuo uusia analyysi- ja simulaatiotyökaluja kuitenkin myös sellaisien osapuolten ulottuville rakennushankkeissa, jotka eivät ole pystyneet niitä tavanomaisessa toimessaan hyödyntämään. Lisäksi analyysien ja simulaatioiden koko hankkeen laajuinen hyödyntäminen tavoitteenhallintaan edellyttää analyysi- ja simulaatiomenetelmien käyttöä sellaisissa hankkeen vaiheissa joissa niitä ei ennestään ole kyetty tekemään, kuten hankkeen varhaisimmissa vaiheissa. Tällöin hankkeen kulloisessakin vaiheessa mukana olevien suunnittelutahojen on kyettävä käyttämään analyysimenetel-

miä osana työtään. Hankekohtaisesti tämä tarkoittaa joko nykyisten toimijoiden työnkuvi- en ja osaamistason laajentamista tai analyysien ja simulaatioiden tekemiseen kykenevän asiantuntijan kiinnittämistä hankkeeseen riittävän ajoissa. Menetelmien ja käytäntöjen puutteellisuus nykytilanteessa lisää siirtymävaiheessa työmäärää vielä entuudestaan.

Suurimmaksi osaksi käytännössä Suomessa ollaan Succar:in kuvauksen mukaisen tietomallintamisen kehityksen vaiheen 1. [10 s 364] kaltaisessa tilanteessa, jossa toimijat mallintavat tietomalliohjelmistoilla, mutta yhteistyö pohjautuu vanhoihin toimintamalleihin ja sopimusmenettelyihin. Tiedonsiirron ongelmat olivat tehdyssä kyselyssä yksi eniten esille tulleista asioista vastauksissa. Tiedonsiirto ohjelmistosta toiseen ei ole vielä sillä tasolla, että yhteistyö mallipohjaisesti olisi helppo omaksua. Toisaalta osapuolet ovat vasta juuri omaksuneet työskentelyn tietomalliohjelmistoilla ja saavat hyödyt yhteistoimin- nasta mallin avulla alkavat vähitellen hahmottaa.

Vastausten kertyminen kysymykseen vastanneilta osapuolilta:
Kenelle vastuu tietomallipohjaisista analyyseistä ja simulaatioista rakennushankkeessa kuuluu?



Kaavio 2. Tietomallin analyysien ja simulaatioiden käyttö rakennushankkeessa koskee jokaista hankkeen toimijaa liittyen joko suoraan tai välillisesti kunkin osapuolen toimenkuvaan. Vastuut tietomallianalyyseistä ja -simulaatioista rakennushankkeessa aiheuttavat kuitenkin epäselvyyttä [Liite 1 s 6]

4.2.1. Käyttäjä

(Käyttäjä hankkeessa ja analyysit)

Käyttäjä on rakennushankkeessa se osapuoli, jonka toiminnallisiin ja tilallisiin tarpeisiin rakennus suunnitellaan. Käyttäjä on rakennuksen ensisijaisen käyttötarkoituksen mukaisen käytön asiantuntija ja rakennusta suunniteltaessa ovat käyttäjän tarpeet ensisijaisessa asemassa.

(Mahdollisuudet)

Simulaatioilla ja analyyseillä voidaan visualisoida ja havainnollistaa käyttäjälle miten suunnitelma vastaa käyttäjän tavoitteita esimerkiksi toiminnallisuuden näkökulmasta. Tämä mahdollistaa käyttäjäosapuolen osallistumisen myös tavoitteiden asetteluun paremmin. Analyysi- ja simulaatiotyökalut mahdollistavat rakennuksen suunnittelun tarkemmin vastaamaan käyttötarkoitustaan. Käyttötoimintaa voidaan simuloida jo hyvin varhaisessa vaiheessa ja tavoitteet säilyttää läpi rakennushankkeen ja todentaa missä hyvänsä rakennushankkeen vaiheessa. Rakennuksen suorituskykyä voidaan seurata myös käyttövaiheessa ja verrata todellista suorituskykyä asetettuihin tavoitteisiin. Myös käyttäjää itseään voidaan joissain tapauksissa simuloida, jotta rakennuksen käytöstä saadaan parempi kuva.

(Haasteet)

Pelkkä simulaatioiden ymmärtäminen ja tavoitteiden hallinta suunnitteluprosessissa ei riitä takaamaan sitä, että tavoitteet saavutetaan. Joitain asioita on lähes mahdoton simuloida luotettavasti. Vaikeimpia simuloitavia rakennuksen ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä on ihminen sekä rakentavana osapuolena, että käyttäjänä.

Helsingin sanomien artikkeli 5.heinäkuuta antaa esimerkin matalaenergiatalon asukkaan yrityksestä ohittaa lämmitysjärjestelmä lämmittämällä huoneistoaan pitämällä uunia päällä. Talon hallittu lämmitysjärjestelmä luonnollisesti havaitsi tämän lisälämmön lähteen ja vähensi huoneiston lämmitystehoa.

Pahimmassa tapauksessa järjestelmä saattaisi joutua jäähdyttämään huoneistoa käyttäjän pyrkiessä lämmittämään sitä "omin keinoin". Tällöin energiankulutus kaikkineen lisääntyisi. Käyttäjältä edellytetään siis toimintaa asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Tämä vaatii tietoa tavoitteista ja tahtotilaa käyttäjältä. Käyttäjän tulisi myös kyetä seuraamaan rakennuksen/asunnon suorituskykyä suhteessa asetettuihin tavoitteisiin sekä huolehtimaan teknisten järjestelmien asianmukaisista huolto- ja korjaustoimenpiteistä.

Näiden haasteiden lisäksi on huomattava, että rakennuksen käyttötarkoitus saattaa vaihtua useaankin kertaan rakennuksen elinkaaren aikana.

(Käyttäjä tilaajana)

Käyttäjä on joissain tapauksissa myös rakennushankkeeseen ryhtyvä osapuoli eli tilaaja. Tilaaja tekee lähtökohtaisesti hanketta koskevat päätökset. Analyysien ja simulaatioiden merkitys on suurin käyttäjälle nimenomaan silloin, kun ne ovat rakennushankkeessa mukana jo tavoitteen asettelussa ja ohjaavana tekijänä suunnittelussa.

Parhaassa tapauksessa tietomallin analyysi- ja simulaatiotulosten avulla tilaaja saa hankesuunnitteluvaiheessa tietoa rakennuksen mahdollisuuksista ja tukea sekä jo tavoitteen asetteluun, että investointipäätökseensä. Lisäksi tilaajaosapuoli saa koko hankkeen ajan

luotettavaa tietoa, siitä miten suunnitelma vastaa asetettuja tavoitteita sekä lopulta tavoitteiden mukaisen rakennuksen.

(Toimiminen vetäjänä uuden teknologian toimintaympäristössä)

Tilaaajaosapuolena toimiminen hankkeessa edellyttää tavoitteiden asettamista. Koska tietomallintaminen on uutta teknologiaa, vaatii sen hyödyntäminen tavoitteiden asettamiseen selvitystyötä sekä asiaan perehtymistä tilaajan osalta.

“Jos tilaaja ei varmistu suunnittelijan riittävästä voimavaroista, niin siitä kärsii suunniteltavan kohteen laatu, tietomallin suunnitteluprosessi tai loppujen lopuksi molemmat.”

Tilaaajaosapuolen on perehdyttävä tietomallianalyysien ja -simulaatioiden hyödyntämismahdollisuuksiin sekä määrätietoisesti pyrittävä kehittämään suunnitteluprosessia, asetettava selkeitä tavoitteita ja kannustettava hankkeen muita osapuolia uuden teknologian käyttöön. Tilaajan tulisi tutustua olemassa oleviin tietomalliohjeistuksiin sekä sisäistettävä ohjeistuksen merkitys. Ohjeita olisi kyettävä soveltamaan omien toimintamenetelmien mukaan ja mukauttamaan kuhunkin hankkeeseen ja sen tarpeisiin soveltuvaksi. Jos ohjeet ja luettelot eivät sovellu hankkeeseen hyvin käytännössä, jäävät asetetut tavoitteetkin suunnittelun ohjausmielessä ulkokohtaiseksi. [50-28 s 18-19]

4.2.2. Rakennuttaja

(Lyhyesti kuka ja mikä suhde analyysieihin)

Rakennuttajalla tarkoitetaan organisaatiota, jonka tehtäväksi rakennuttaminen on annettu. Rakennuttajan vastuulla on tilaajan tarpeen tyydyttäminen asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Rakennuttamistehtävissä voi toimia tehtävään riittävästi perehtynyt henkilö, rakennusprojektin johtoryhmä, rakennustoimikunta tai rakennuttajakonsultti. Rakennuttaja osallistuu tilaajan aloitteesta hankkeen tavoitteiden asettamiseen, koko rakennuksen suunnitteluun ja toteuttamisedellytysten selvittämiseen, valitsee suunnittelijat ja teettää tarvittavat suunnitelmat, huolehtii rakentamiseen liittyvästä päätöksenteosta ja organisoinnista sekä vastaa hankkeen kustannusohjeistuksesta. Lisäksi rakennuttaja laatii hankkeakatalun, hankkii rakennustöille tarvittavat päätökset ja luvat, valvoo suunnittelua ja toteutusta sekä teettää rakennustyöt sopimuksiin perustuen.

[38-29]

Rakennuttamisen organisoinnin tarkoituksena on määrittää hankkeelle toimeenpaneva vastuuelin. Rakennuttamisen organisoinnista vastaa toimeksiantajan tähän tehtävään rakennuttamissopimuksella valtuuttama henkilö tai organisaatio.

Rakennuttamistehtäviä ovat rakennusvarallisuuden strateginen johtaminen ja käyttäjän tilantarpeen tyydyttäminen, rakennuttamisen organisointi, projektin suunnittelu ja ohjaus sekä eri vaiheissa suoritettavat hanketehtävät.

Rakennuttamisessa on tehtävä strateginen rakentamispäätös, organisoitava tehtävien suoritus, johdettava rakennuttamisprosessia, huolehdittava käyttäjän ja ylläpitäjän tarpeista, koordinoitava, ohjattava ja valvottava eri osapuolten työtä sekä turvattava kiinteistönpidon elinkaaritalous. rakennuttajan velvollisuutena on huolehtia toimeksiantajan edusta rakennushankkeessa.

[30][31]

Rakennuttajakonsultti

Rakennuttajakonsultti on luonnollinen tai juridinen henkilö, joka alansa asiantuntijana suorittaa rakennuttamistehtävät tilaajalta saamiensa valtuuksien puitteissa.

[41]

4.2.3. Suunnittelija

(Lyhyesti kuka ja mikä suhde analyyseihin)

Suunnittelijaosapuoli vastaa rakennuksen tuotesuunnittelusta. Osapuoli muodostuu suunnittelijaryhmästä, jossa on edustettuna eri alojen suunnitteluasiantuntemus. Suunnitteluryhmän työn koordinoinnista vastaa pääsuunnittelija.

[30]

Suunnittelijat ovat tietomallipohjaisten simulaatiotyökalujen käytön keskipisteessä. Pääasiallinen osaaminen ohjelmistojen käytöstä on heillä ja myös suurimmat vaikutukset simulaatiotyökalujen käytöstä on suunnittelijaosapuolille. Erikoissuunnittelijalla simulaatiotyökalut voivat monesti olla jopa pääasiallinen työmenetelmä.

(Mahdollisuudet)

Analyysi- ja simulaatiotyökalut tuovat monenlaisia mahdollisuuksia suunnittelijoille, kuten:

- Mahdollisuus tutkia suunnitteluvaihtoehtoja uudenaikaisista näkökulmista.
- Mahdollisuus osoittaa suunnitelman toimivuus tilaajalle tai muulle osapuolelle.
- Mahdollisuus käyttää tilaajan erikoisempiakin tavoitteita suoraan suunnittelulähtökohtana.

(Analyysien ja simulaatioiden käyttö suunnittelutyön kiinteänä osana)

Suunnittelutyö on luovaa työtä. Se on luonteeltaan usein kokeilevaa ja leikkivää visiointia, jossa uusia näkökulmia ja mahdollisuuksia lähestymistapoja tarkastellaan monin erilaisin menetelmin. Analysointi- ja simulointityökaluja käytettäessä suunnittelun apuna ei niiden kautta saatujen tulosten avulla välttämättä pyritä suoraan täyttämään tiettyä tavoitetasoa tai standardia, vaan kokeilemaan erilaisten vaihtoehtojen suhdetta analyysitulokseen. Tarkoituksena on kartuttaa suunnittelijan suunnittelutietopääomaa kokeellisesti ja kokemuksellisesti: Löytää toimivia ratkaisuja ja toimivuuden rajoja tuleviakin suunnitelmia varten. Analyysien ja simulaatioiden tämänkaltainen käyttö on usein hankkeen muilta osapuolilta piilossa. Menetelmällä saatu sisältö työlle näkyy, ja siirtyy eteenpäin tavallisesti ainoastaan suunnitteluratkaisun muutoksena.

Analyysiominaisuuksien tullessa välittömäksi osaksi suunnitteluohjelmistoja on suunnittelijan mahdollista käyttää ominaisuuksia kiinteänä osana suunnitteluaan. Reaaliaikaiset simulaatiot mahdollistavat tulevaisuudessa välittömän palautteen suunnittelijalle suunnitelmaa mallinnettaessa.

(Ratkaisujen perustelu ja havainnollistaminen)

Analyysi- ja simulaatiotyökalut keinon perustella suunnitteluratkaisunsa toisille osapuolille kuten tilaajalle tai viranomaiselle. Monien suunnitteluratkaisujen vaikutukset rakennuksen muihin ominaisuuksiin eivät ole intuitiivisesti pääteltävissä. Näissä tapauksissa analyysi- ja simulaatiotulokset voivat olla apuvälineenä rakennuksen toimivuutta todistettaessa.

Suunnittelijan on osattava omaan työhönsä liittyen arvottaa mitä analyysejä missäkin hankkeen vaiheessa on syytä tehdä ja mikä työkalu siihen parhaiten soveltuu. Tietomallianalyyksien käyttö hankkeessa kokonaisvaltaisesti edellyttää pääsuunnittelijalta toisaalta perustietämystä hankkeessa käytettävistä analyyksimenetelmistä, toisaalta myös mahdollisten analyyksien kentästä.

Tarkempien erikoisosaamista vaativien analyyksien ja -simulaatioiden teko on erikoissuunnittelijoiden työtä. Rakennushankkeessa toimivalla arkkitehdillä ei useinkaan ole riittävää tietämystä analyyksien tai simulaation lähtötiedoista, jotta hän voisi sen suorittaa. Kuitenkin arkkitehdille, joka lähtökohtaisesti tuottaa tietomalliin rakennuksen alustavan geometrian, on analyyseillä myös merkitystä.

Arkkitehdin suunnitteluratkaisut vaikuttavat kaikkiin rakennuksen osa-alueisiin jollain tavalla. Tietomallipohjaisessa hankkeessa arkkitehti on myös tavallisesti osapuoli, joka aloittaa mallinnustyön (vaatimusmalli/tilaryhmämalli/tilamalli). Hankkeen alkuvaiheessa ei suunnittelussa välttämättä ole vielä mukana erikoissuunnittelijoita.

4.2.4. Urakoitsija

(Lyhyesti kuka ja mikä suhde analyyseihin)

Urakoitsijat toimivat kaikissa urakkamuodoissa rakennustyön toteuttavana osapuolena hankkeessa. Urakoitsija on rakentamisen ja rakennustyömaan toiminnan ammattilainen. Analyyksit ja simulaatiot vaikuttavat urakoitsijan joissain tapauksissa suoraan (esim. työmaan aikataulutuksen ja tavarantoimituksen simulointi) ja toisinaan vain välillisesti (esim. olosuhdesimulointi). Joissakin tapauksissa urakoitsijalle saattaa kuulua myös esimerkiksi rakennus- ja LVIS-suunnitteluvastuu, jolloin tietomallin analyyksien ja simulaatioiden vaikutus heidän toimintaansa on vastaava, kuin aiemmin kuvattu vaikutus suunnittelijoille.

(Urakoitsijan toiminnan simuloinnit)

Urakoitsijan toimintaan liittyviä simulaatioita ovat muun muassa työmaan järjestelyjen ja rakentamisen simulointi logistiikan ja aikataulujen analysoimiseksi. Lisäksi rakennustyömaan turvallisuusjärjestelyjä on mahdollista tarkastella simulointityökalujen avulla.

(tiiviimpi vastavuoroisuus suunnitelmiin nähden)

Urakoitsijan osalta tietomallisimulaatioiden käyttö lisää myös vastavuoroisuutta suunnitelmiin nähden. Urakoitsijan tekemän työn ja valitsemien laitteiden on vastattava suunniteltuja, koska muutoin rakennus ei vastaa simulaatioiden lähtötietoja eikä tavoiteltua lopputulosta saavuteta. Jos urakoitsija haluaa poiketa suunnitelmasta, tehdyt muutokset on päivitettävä simulaatioon jotta muutosten vaikutukset ovat todennettavissa.

Mikäli hankkeessa on tavoitteellisesti simuloitu jonkin laitteen toimintaa (esim. IV-koneet, valaisimet jne) on asennukset tehtävä suunnitelmien mukaan. Urakoitsijoiden valitsemien tuotteiden on vastattava simulaatiossa käytettyjä. Urakan lopulla mittaus- ja säätötyöt on tehtävä huolellisesti ja suunnitellun mukaisesti. Tärkeää on myös automatiikan toimiminen suunnitellulla tavalla: IV-koneiden käyntiajat, lämmön talteenoton toiminta, ilmamäärien pudotus pakkasella, yöjäähdytys ja niin edelleen.

4.2.5. Viranomainen

(Lyhyesti kuka ja mikä suhde analyysihin)

Rakennushankkeessa viranomainen on osapuoli, joka valvoo rakennustoimintaa ja huolehtii, että rakentamisessa noudatetaan, mitä laissa, määräyksissä, asetuksissa ja ohjeissa määrätään tai ohjeistetaan. Valvonnan laajuutta ja laatua harkittaessa tulee maankäyttö- ja rakennuslain mukaan huomioida “rakennushankkeen vaativuus, luvan hakijan ja hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden asiantuntemus ja ammattitaito sekä muut valvonnan tarpeeseen vaikuttavat seikat.” [33] Rakennuksen tietomallin analyysit ja simulaatiot itsessään ovat tapa mitata rakennuksen laatua suunnitteluvaiheessa. Ne tuovat uudenlaisia mittavälineitä, joilla on vaikutusta myös laadun valvojan näkökulmasta.

(Analyysit viranomaisen työkaluna)

Lähtökohtaisesti rakennusalaan ja ympäristön suunnitteluun liittyvät viranomaiset toimivat rakennetun ympäristön laadun varmistajina, joten analyysit istuvat toimintansa puolesta hyvin viranomaisten työnkuvaan. On todennäköistä, että tietomallipohjaisten analyysi- ja simulaatiotyökalujen käytön ja käyttötaitojen lisääntyessä niiden käyttöä aletaan myös enenevässä määrin huomioida lainsäädännössä.

(Askel nyt jo vaadittavista ei-tietokonepohjaista analyyseistä kohti tietomallipohjaista menetelmää)

Tietomallista riippumattomat alueelliset analyysit ja selvitykset ovat ja olemassa olevassa järjestelmässä esimerkiksi kaavoituspuolella laajasti käytössä. Näiden käytäntöjen siirtäminen tietomalliympäristöön on helppo nähdä luontevana kehityssuuntana. Analyysit ja simulaatiot ovat tapa todentaa suunnitellun rakennuksen olosuhteita ja ominaisuuksia. Kun nämä menetelmät jatkuvasti tarkentuvat ja tulevat havainnollisemmiksi ja helppo- ja nopeakäyttöisemmiksi on todennäköistä, että tulevaisuudessa niiden avulla tullaan yhä useammassa tapauksissa todentamaan että rakennus täyttää annetun määräyksen. Joissain tapauksissa voidaan jopa olettaa, että kompleksinen simulaatio on ainoa tapa järkevästi osoittaa miten jokin tietty suunnitelman ominaisuus vastaa siitä annettua säädöstä. Tällaisissa tapauksissa voidaan pitää todennäköisenä, että säädöksissä tullaan myös vaatimaan analyysin tai simulaation tekemistä.

(määräysten tiukkeneminen)

Lainsäädännön tiukkeneminen voi myös osiltaan vaikuttaa siihen, että työskentely tietomalliympäristössä lisääntyy, kun vaaditun säädösten mukaisen tavoitetasen saavuttamista ei voida helposti osoittaa ilman tietomallille tehtäviä analyyskejä ja simulaatioita.

(Kompensaatio)

Yleisemmin voidaan olettaa, että simulaatiot tulevat yleistymään ns. kompensatioperiaatteen käytössä, koska ne monissa tapauksissa mahdollistavat tavallisesta poikkeavan suunnitelman laadun osoittamisen jollain tietyllä osa-alueella. Monissa tapauksissa ohjeet on annettu tarkempina ja yksityiskohtaisempina käytännön ratkaisuna, kuin mitä määräys edellyttää. Rakentamisessa käytettävän määräysten hierarkian vuoksi, asetus voidaan ‘ohittaa’, jos pystytään muulla tavoin osoittamaan että hierarkiassa ylempänä oleva samaa asiaa koskeva määräys tai laki toteutuu. Toisin sanoen virtuaalisesti voidaan aina rakentaa rakennus jota ei lain puitteissa muuten voida rakentaa ja analyysien ja simulaatioiden avulla osoittaa rakennuksen toimivuus tai toimimattomuus jollain osa-alueella.

(Analyysien ja simulaatioiden mahdolliset vaikutukset määräysten luonteeseen)

Analyysit ja simulaatiot mahdollistavatkin määräysten kehittymisen yleisempään suuntaan. Esimerkiksi sen sijaan, että vaaditaan tiettyä seinän lämmöneristävyyttä tai ikkunapinta-alaa, voidaan vaatia osoittamaan että rakennus täyttää vaatimukset energiankulutuksen ja lämpöviihtyvyyden osalta tai että valaistusolosuhteet ovat riittävät.

4.2.6. Uudet toimijat

(uudet menetelmät vaativat uusia toimijoita)

Tietomallintamisen tulo mukaan rakennuksen suunnitteluprosessiin ja sen hyödyntäminen on vahvasti sidoksissa rakentamisen tehtäväluetteloiden uudistamiseen. [14] Uudet työmenetelmät eivät aina välttämättä istu suoraan vanhojen työtapojen sijoille tai suoraan vanhoille toimijoille. Tietomallintaminen tuo mukanaan alalle uudenlaista ammattitaidon tarvetta, joka ei ole välttämättä siirrettävissä olemassa olevien rakennushankkeen osapuolten vastuulle. Tietomallipohjaista suunnittelua ei opetella normaalihankkeen sivutuotteena vaan erityiseen pilottiprojektiin tulee varautua sekä henkilö- että aikataulu-resursoinnissa.

(Tietomallikonsultti/tietomallikoordinaattori)

Tietomallikonsultin tehtävänä on koordinoida tietomallitoimintaa hankkeessa ja avustaa osapuolia täyttämään heiltä vaaditut tehtävät tietomallipohjaisessa prosessissa. Analyysien ja simulaatioiden kohdalla tämä tarkoittaa erityisen huomion kiinnittämistä tiedon siirron tapauksiin ja muun muassa niistä johtuviin malli-/mallinnustapavaatimuksiin. Tietomallintamisen koordinointiin kuuluu esimerkiksi mallinnusohjeiden ja -tavoitteiden dokumentointi sekä tietomallien yhdistäminen ja tarkastaminen. Tietomallikonsultin rooli voidaan sisällyttää pääsuunnitteluun tai se voi olla erillinen hankkeen johtoon liittyvä toimenkuva.

[28 s 18]

JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityön tavoitteena oli tutkia tietomallin analyysi- ja simulaatiomenetelmiä sekä niiden käyttöä rakennushankkeessa.

Tietomallintaminen tuo uusia mahdollisuuksia analyysien ja simulaatioiden käyttöön.

Tieto- ja viestintäteknologian kehittyminen on lisännyt analyysien ja simulaatioiden hyödyntämistä kaikilla teollisuuden aloilla. Tietomallintamisen tulo rakennusalalle tehostaa edelleen rakennushankkeen prosesseja kokonaisvaltaisesti ja myös analyysien ja simulaatioiden tekemistä. Lisäksi se mahdollistaa analyysi- ja simulaatiotyökalujen kehittymisen todelliseksi rakennushankkeen tavoitteen hallinnan ja laadunvalvonnan työkaluiksi.

Menetelmien hyödyt ovat ilmeiset, mutta eivät vielä kaikilla tiedossa:

Tavoitteenasettelun ja -hallinnan työkaluna ne tulevat hyvin esiin. Suunnitteluvaihtoehtoja voidaan vertailla mitattavin arvoin tavoitteisiin siten, että vertailu on myös luotettavaa ja kustannustehokasta. Analyysi- ja simulaatiomenetelmille ei ole vielä olemassa arvo- tai hyötymittareita, eivätkä menetelmien hyödyt näyttäyty samana arvoisina kaikkien toimijoiden näkökulmasta.

Kehityksen seuraukset ovat laajat ja kauaskantoiset:

Tietomallintamisen ja siihen liittyvien työkalujen kehitys ei rajoitu ainoastaan teknologiaan: Uusi teknologia luo uusia prosesseja, uudenlaisia tulosvaatimuksia sekä tapoja päästä näihin tuloksiin ja uudenlaisia osajia. Uudet prosessit puolestaan luovat uudenlaisia liiketoimintamalleja, standardeja, ohjeita ja menettelytapoja.

Rakennushankkeen tilaajaosapuolet ovat nähneet hyödyt ja ottaneet seuraavat tarvittavat askeleet. Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimuksia kehitetään tavoitteena kansalliset tietomallinnusohjeet. Analyysien ja simulaatioiden osuus ohjeissa korostuu entisestään ja painotus siirtyy kohti rakennushankkeen alkua, jossa analyysijä ja simulaatioita tarvitaan eniten tuottamaan tietoa päätöksen teon tueksi. Tämä tarve edellyttää myös eri alojen analyysien ja simulaatioiden osajien tuloa rakennushankkeeseen mukaan entistä aikaisemmassa vaiheessa ja entistä tiiviimpää ja avoimempaa yhteistyötä koko hankkeen ajan.

Ongelmakohdat ovat selvillä ja kehitystä tapahtuu kaikilla osa-alueilla:

Tietomallipohjaisten analyysien ja simulaatioiden ongelmakohdat löytyvät yhteen toimivuudesta. Ongelmat kiteytyvät ruohonjuuritasolla yksittäisissä tiedonsiirron tapauksissa. Ongelmat eivät kuitenkaan ole ylitsepääsemättömiä, vaan usein ratkaistavissa. Jotta yhteistoiminta tietomallin avulla voisi onnistua tarvitaan oikeanlaiset ohjeet, työkalut ja valistuneet toimijat.

LÄHTEET

- [1] Kiviniemi, A. ICT-barometri 2007 - ICT:n käyttö Suomen rakennusalalla [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa:http://cic.vtt.fi/buildingsmart/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=24
- [2] Kiviniemi, A. Tarandi, V. Karlshøj, J. Bell, H. Karud, O. J. Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM. [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa:Http://www.eracobuild.eu/fileadmin/documents/Erabuild_BIM_Final_Report_January_2008.pdf
- [3] Samuelson, O. THE IT-BAROMETER, DECADE'S DEVELOPMENT OF IT USE IN THE SWEDISH CONSTRUCTION SECTOR [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa:http://www.itcon.org/data/works/att/2008_1.content.07095.pdf
- [4] Bazjanac, V. Virtual Building Environments (VBE) - Applying Information Modeling to Buildings. [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa:<http://gaia.lbl.gov/btech/papers/56072.pdf> Bazjanac, V.
- [5] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., BIM Handbook. New Jersey ja Canada, John Wiley & Sons, Inc. 2008, ISBN: 978-0-470-18528-5, p 490
- [6] Ryghaug, M., Sørensen, K.H. How energy efficiency fails in the building industry. Energy Policy, 2009, vol. 37, issue 3, p 984-991
- [7] Hietanen, J. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu, Filosofinen selvitys tieto- ja viestintäteknologian mahdollisuuksista, Tampere, Rakennustieto Oy, 2005 ISBN 951-682-783-7, p 95
- [8] Eastman, C. General purpose building description systems, SCIENCE & PUBLIC POLICY the international journal of the Science Policy Foundation, 8(1976)1, pp 17-26
- [9] Penttilä, H. DESCRIBING THE CHANGES IN ARCHITECTURAL INFORMATION TECHNOLOGY TO UNDERSTAND DESIGN COMPLEXITY AND FREE-FORM ARCHITECTURAL EXPRESSION, Journal of Information Technology in Construction, 11(2006), pp 395-408.
- [10] Succar, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, Automation in Construction, 18(2009), pp 357-375.
- [11] İlal, M.E. THE QUEST FOR INTEGRATED DESIGN SYSTEM: A BRIEF SURVEY OF PAST AND CURRENT EFFORTS, Middle East Technical University, Journal of the Faculty of Architecture, (2007)2, 149-158
- [12] Kiviniemi, A., Requirements management interface to building product models, Espoo, VTT, 2005, ISBN 951-38-6-656-4

[13] U.S. General Service Administration, Public Buildings Service, GSA BIM Guide Series 05 [WWW]. [viitattu 12.8.2011], Saatavissa:http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_Series_05_Version_1.pdf

[14] Laine, Tuomas. Osastonjohtaja, Olof Granlund Oy, Helsinki, Haastattelu 17.2.2010

[16] 2010/31/EU EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI, 19.5.2010, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu), EUVL Nro L 153/13, 18.6.2010

[17] Kiviniemi, A. Rekola, M. Belloni, K. Kojima, J. Koppinen, T. Mäkeläinen, T. Kulujärvi, H. Hietanen, J. Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007 - Yleinen osuus [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa1_Yleinen_osuus.pdf

[18] Kiviniemi, A. Rekola, M. Belloni, K. Kojima, J. Koppinen, T. Mäkeläinen, T. Kulujärvi, H. Hietanen, J. Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007 - Osa 6: Laadunvarmistus ja mallien yhdistäminen [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa6_Laadunvarmistus_versio1_02.pdf

[19] Kiviniemi, A. Rekola, M. Belloni, K. Kojima, J. Koppinen, T. Mäkeläinen, T. Kulujärvi, H. Hietanen, J. Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007. Osa 9: Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä. [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa9_TATE-analyysit.pdf

[20] Tuomas Laine, Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa, Tampere 2008, Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 42 p

[21] Penttilä, H. EARLY ARCHITECTURAL DESIGN AND BIM. Proceedings of the 12th International CAAD Futures Conference, Sydney, Australia, July 11-13, 2007. Springer, Dordrecht, 2007, pp. 291-302

[22] Hietanen, Jiri. Datacubist Oy, Tampere, Haastattelu 2011

[23] Dong, B. Lam, K.P. Huang, Y.C. Dobbs, G.M. A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments, Proceedings of Building Simulation 2007, Beijing, China, 3-6 September 2007, Tsinghua University, Beijing, China, 2007, pp 1530-1537

[24] About gbXML [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: <http://www.gbxml.org/aboutgbxml.php>

[25] Huphreys, P. THE PHILOSOPHICAL NOVELTY OF COMPUTER SIMULATION METHODS [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://www.romanfrigg.org/Links/MS1/Synthese_MS1_Humphreys.pdf (Käännökset Lemponen, M)

[26] Vuolle, Mika. Ohjelmistokehittäjä, Equa Simulation Finland Oy, Haastattelu 7.6.2010

- [27] Judkoff, R. Task 34 - Testing and Validation of Building Energy Simulation Tools Overview [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: <http://www.iea-shc.org/task34/index.html>
- [28] Rantala, M. TIETOMALLINTAMISEN TAVOITTEET, VAATIMUKSET JA HYÖDYT TILAAJAN NÄKÖKULMASTA, Case: Espoon Sairaala. Tutkielma, Espoo, Teknillinen Korkeakoulu, Koulutuskeskus Dipoli, 31. Rakennuttajakoulutus.
- [29] Kankainen, J. Junnonen, J-M. Rakennuttaminen, 2. tark. p. 2004, Rakennustieto. 101 s.
- [30] RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku, 1989, Rakennustietosäätiö. 24 s.
- [31] RT 10-10575 Rakennuttamisen tehtäväluettelo, RAP 95, 1995, Rakennustietosäätiö. 14 s.
- [32] RT 13-10574 Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot, KSE 1995, 1995, Rakennustietosäätiö. 8 s.
- [33] L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki
- [34] Muttilainen Juha. Senaatti-kiinteistöt, Helsinki, Haastattelu 17.2.2010
- [35] Reinikainen, Erja. Olof Granlund Oy, Helsinki, Haastattelu 17.2.2010
- [36] Rintala, Timo. Pöyry Oy, Espoo, Haastattelu 18.2.2010
- [37] von Bagh, Sergej. BST-Arkkitehdit Oy, Tampere, Haastattelu 2010
- [38] Bazjanac, V., Kiviniemi, A. Reduction, simplification, translation and interpretation in the exchange of model data. 2007
- [39] Ympäristöministeriö, Kansallinen rakennuspoliittinen ohjelma, Loppuraportti 10.5.2007, p
- [40] Ino, M. Installed Sound Systems/ Part 4: Current Constraints and Challenges of Speaker Installation Planning and Fine-tuning. [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://www.nagata.co.jp/e_news/news0804-e.html
- [41] U.S. Department of Energy, Building Energy Software Tools Directory [WWW]. [viitattu 12.8.2011]. Saatavissa: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm

Liite 1. Kysely tietomallin analyysi- ja simulaatio-ohjelmien käyttöön liittyvistä kokemuksista ja mielipiteistä Suomessa

Tiivistelmä

Tutkimuksessa arvioitiin Tietomallin analyysi- ja simulaatiotyökalujen käyttöä rakennushankkeissa sekä käsityksiä ja mielipiteitä niiden käytöstä ja vaikutuksista rakennushankkeelle ja sen eri osapuolille. Tutkimus toteutettiin internet-kyselynä.

Kysely kohdennettiin rakennushankkeen eri osapuolien (K, R, S, U, V) ammatti- ja tutkimusryhmittymille. Tulokset (44 vastaajaa) osoittavat, että rakennuksen tietomallin analyysityökalut mielletään alalla positiiviseksi kehitykseksi, mutta kokemukset, osaaminen ja tietämys niihin liittyen on toistaiseksi vähäistä.

Toteutus

Kysymyksen alustavaksi kohderyhmäksi määriteltiin rakennushankkeen eri osapuolien edustajat. Kattavaa otosta kohderyhmästä oli tutkimuksen resurssien puitteissa mahdollista saada.

Kun kysely oli laadittu ja hyväksytetty tutkimuksen tilaajilla (Senaatti-kiinteistöt ja Skanska Oy), lähetettiin se seuraaville rakennusalan ammattijärjestöille sekä koulutus- ja tutkimuslaitoksille:

ATL, SAFA, SKOL, Rakennustietosäätiö, Kiinteistöliitto, VTT, RIL, ja TKK:n koulutus- ja palveluyksikkö Aalto PRO. Nämä tiedottivat kyselystä jäsenistölleen sähköpostitse tai julkaisivat linkin kyselyyn internetsivustoillaan. Lisäksi tilaajaosapuolten kohdalla otettiin erikseen yhteyttä suuriin vuokratyöyhtiöihin sekä isoimpien kaupunkien tilakeskuksiin.

Kysely julkaistiin 3.5.2010 ja oli avoinna aina 17.11.2010 asti. Kyselystä lähetettiin muistutukset kahteen kertaan sen avoinnaoloaikana. Kysely avattiin yhteensä 267 kertaa ja siihen vastasi kaikkiaan 44 henkilöä. Osajille tarkoitettuihin tarkempiin kysymyksiin analyysi- ja simulaatio-ohjelmistojen käytöstä, vastasi keskimäärin 20 henkilöä.

Rakenne

Rakenteellisesti kysely jakautui kahteen osioon:

1. Kysymykset joilla selvitetään tietoja vastaajasta ja hänen asemastaan suhteessa rakennushankkeeseen ja Tietomallin analyysi- ja simulaatiotyökalujen käyttöön.
2. Kysymykset tietomallin analyysien ja simulaatioiden käyttökokemuksista rakennushankkeissa ja siitä miten niiden käyttö vastaajan mielestä on vaikuttanut rakennushankkeessa.

Kyselyn rakenne

Tietomallipohjaisen rakennussuunnittelun analyysi ja simulaatiomenetelmät

Tämä on kysely rakennuksen tietomallien hyödyntämisestä analyyseissä ja simulaatioissa. Kysely liittyy Tampereen Teknilliselle Yliopistolle tehtävään diplomityöhön, jonka ovat tilanneet Senaatti kiinteistöt ja Skanska Oy. Diplomityötä ohjaavana tahona toimii lisäksi Tietoa Finland Oy.

Tietomallin analyyseillä ja simulaatioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ensisijaisesti talotekniikan analyysejä, niin kuin ne on esitetty Senaatti kiinteistöjen tietomallinsohjeessa ja rakennustiedon Pro IT julkaisussa "Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa":

- Energiasimulointi
- Olosuhdesimulointi
- Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi
- Ympäristövaikutusanalyysi
- Talotekniikka osana arkkitehtuuria
- Valaistusvisualisointi ja simulointi
- Valaistuslaskenta

sekä muita analyysejä ja simulaatioita joiden avulla arvioidaan rakennuksen tietomallia suhteessa johonkin ympäröivään olosuhteeseen tai asian tilaan. Esim, Akustiikan analyysit, palosimulaatio, tuulen vaikutus rakennuksen julkisivuun jne.

[Tutustu senaatin ohjeisiin tästä](#)

Kyselyn tarkoituksena on kerätä tietoa tietomallianalyyseiden yleisyydestä, käyttökokemuksista ja käyttäjien suhtautumisesta analyyseihin ja simulaatioihin.

Pyydämme teitä vastaamaan mahdollisimman moneen kysymykseen oman tieto ja taitotasonne mukaan. Mikäli ette kykene vastaamaan johonkin kysymykseen tai ette ymmärrä sen merkitystä jättäkää kysymys väliin ja siirtykää seuraavaan.

Osa I: Kysymyksiä kaikille

Ensimmäisessä osassa olevat kysymykset on suunnattu kaikille kyselyyn osallistuville. Kysymykset koskevat pääosin toimintaansa liittyviä taustatietoja, joiden avulla voidaan muodostaa vastaajarynniä kyselyn tuloksista. Lisäksi ensimmäisessä osassa on muutama kysymys kokemuksestanne koskien tietomallianalyysejä ja simulaatioita sekä suhtautumistanne niihin.

Osa II: Kysymyksiä osajille

Toisen osan kysymykset on suunnattu henkilöille joilla on kokemusta hankkeista, joissa tietomallianalyysejä tai simulaatioita on käytetty tai kokemusta tietomallianalyyseiden ja simulaatioiden tuottamiseen tarkoitettujen ohjelmistojen käytöstä.

-3= erittäin huono, +3= erittäin hyvä

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Osan yksi tarkoituksena, oli kerätä tietoa vastaajasta ja hänen asemastaan suhteessa rakennushankkeeseen ja Tietomallin analyysi- ja simulaatiotyökalujen käyttöön. Tämän lisäksi kysyttiin vastaajan mielipidettä siitä, kenelle vastuu tietomallin analyyseiden ja simulaatioiden tekemisestä rakennushankkeessa kuuluu, sekä siitä miten paljon haittaa tai hyötyä analyyseiden ja simulaatioiden tekemisestä rakennushankkeen eri osapuolille on.

Osan kaksi tarkoituksena, oli kerätä tarkemmin tietoa vastaajan käyttökokemuksista sekä mielipiteitä käyttökokemuksista. Osa jakautui kysymyksiin, jotka liittyivät analyyseiden- ja simulaatioiden käyttökokemuksiin hankkeessa ja kysymyksiin, jotka koskivat käytettyjä ohjelmistoja ja tiedonsiirtoa.

Kysymykset olivat pääasiallisesti monivalintakysymyksiä. Jokaiseen luokkaan oli myös sijoitettu useampia avoimia kysymyksiä jotta vastaajille olisi mahdollisuus tarvittaessa ilmaista mielipiteensä myös monivalintakysymyksissä huomiotta jääneisiin asioihin.

Tulokset

Kysymykset 1 ja 2

Kysymyksillä kerättiin tietoa vastaajan yrityksen koosta ja sijainnista. Tarkoituksena oli selvittää tämän tiedon avulla miten laajasti tietomallia Suomessa hyödynnetään analyysin ja simulaatioiden osalta.

Kysymys 1-2

1) Yrityksenne koko

- Alle 10 työntekijää
- 10-50 työntekijää
- 50-200 työntekijää
- 200-1000 työntekijää
- yli 1000 työntekijää

2) Yrityksenne toimialue

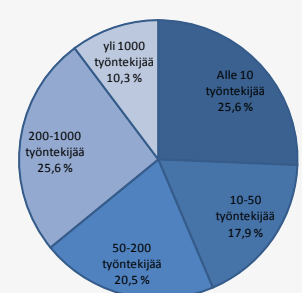
Valitse ne alueet, joissa yrityksellänne on toimipaikkoja.

- 1 Etelä-Suomen lääni
- 2 Länsi-Suomen lääni
- 3 Itä-Suomen lääni
- 4 Oulun lääni
- 5 Lapin lääni
- 6 Ahvenanmaan lääni
- Koko Suomi
- Pääkaupunkiseutu



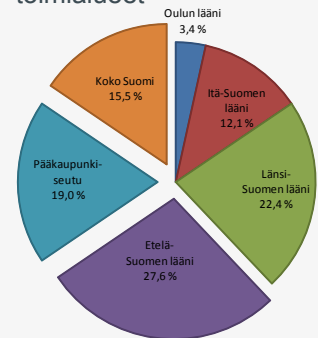
Tulokset 1-2

Vastanneiden yritysten koko

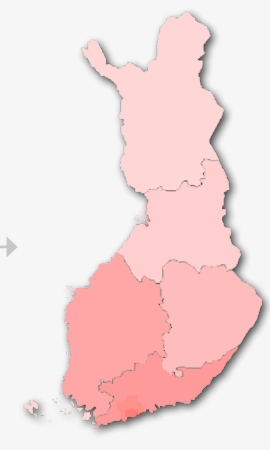


Yrityksen koko	Prosentti
Alle 10 työntekijää	25,6 %
10-50 työntekijää	17,9 %
50-200 työntekijää	20,5 %
200-1000 työntekijää	25,6 %
yli 1000 työntekijää	10,3 %

Vastanneiden yritysten toimialueet



Toimialue	Prosentti
Oulun lääni	3,4 %
Koko Suomi	15,5 %
Itä-Suomen lääni	12,1 %
Länsi-Suomen lääni	22,4 %
Etelä-Suomen lääni	27,6 %
Pääkaupunkiseutu	19,0 %



Vastaukset jakoutuivat suhteellisen tasaisesti yritysten eri kokoluokkien välillä. Vastanneista yli puolet toimi pienissä yrityksissä (alle 50 työntekijää). Vastaajien osalta toiminta painottui eteläiseen Suomeen: Noin puolet vastanneista kertoi toimivansa Etelä-Suomen läänissä ja/tai pääkaupunkiseudulla.

Kysymykset 3 - 5

Kysymyksillä pyrittiin selvittämään vastaajan kokemuspohjaa ja tietotaitoa tietomallianalyysien ja -simulaatioiden käytössä.

Kysymys 3-5

3) Kuinka monessa projektissa, jossa on hyödynnetty tietomallin analyysieja ja simulaatioita, olette olleet mukana?

- Valitse...
- yli kymmenen projektia
- 5-10 projektia
- 2-4 projektia
- 1 projekti
- 0 projektia

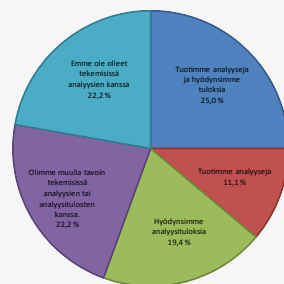
4) Mikä oli oma työnkuvaanne projekteissa analyysihin ja simulaatioihin nähden?

- Valitse...
- Tuotimme analyysieja ja hyödynsimme tuloksia
- Tuotimme analyysieja
- Hyödynsimme analyysituloksia
- Olimme muulla tavoin tekemisissä analyysien tai analyysitulosten kanssa.
- Emme ole olleet tekemisissä analyysien kanssa

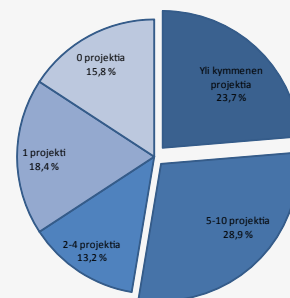
5) Muu osaamisenne tietomallianalyysieihin liittyen tai muuta kommentoitavaa.

Tulokset 3-5

Vastaajien osallistuminen projekteihin, joissa on hyödynnetty tietomallianalyysieja tai simulaatioita.



Vastaajien työnkuva analyysieihin ja simulaatioihin nähden näissä projekteissa.



Koko vastaajajoukon (44 vastaajaa) kokemuspohjaa tietomallipohjaisiin analyysieihin ja simulaatioihin nähden voidaan pitää hyvänä. Vain neljä vastanneista ei ollut ollut mukana projekteissa, joissa tietomallianalyysieja tai -simulaatioita olisi hyödynnetty. Suuri osa kyselyyn vastanneista tunsi tietomallianalyysit ja simulaatiot kohtuullisen hyvin. Voidaan myös olettaa, että niillä, jotka ovat olleet mukana projekteissa, on ollut enemmän mielenkiintoa vastaamiseen.

Tulokset 3-5

Avoimet vastaukset - Vastaajien muu osaaminen tietomallianalyysihin ja -simulaatioihin nähden:

- Mallien visuaalinen tarkastelu, mittatarkastelu Valaistus ja akustiikka mallien tietoja myös pyydetty toimittajilta
- Tietomallintamisen kokonaisprosessien kehittäminen. Tutkimustyö (= uuden tiedon tuottaminen)
- Käytämme työssämme ainoastaan tietomallia, jos tilaajalla on osaamista mallin hyödyntämiseen hyödynnämme sitä mutta jos ei niin teemme omaksi iloksi ja toimintamme kehittämiseksi
- Tuotamme tietomallia rakennesuunnittelussa, jota käytetään analyyseissä. Mielestäni teidän olisi hyvä huomioida myös rakenteisiin tehtävät lujuusanalyysit jotka suoritetaan tietomalleihin ja ovat mitoituksen perustana.

Kysymykset 6-7

Kysymyksillä pyrittiin selvittämään vastaajan roolia rakennushankkeessa sekä hänen mielipidettään siitä mille osapuolelle rakennushankkeessa vastuu analyyysien ja simulaatioiden tekemisestä kuuluu. Lisäksi vastaajaa pyydettiin arvioimaan asteikolla -3 - +3 miten paljon haittaa tai hyötyä tietomallianalyyseistä kullekin osapuolelle on.

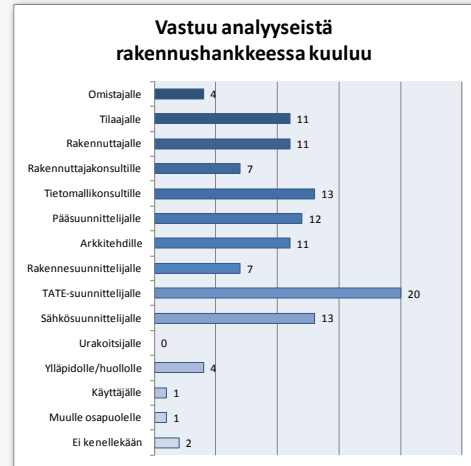
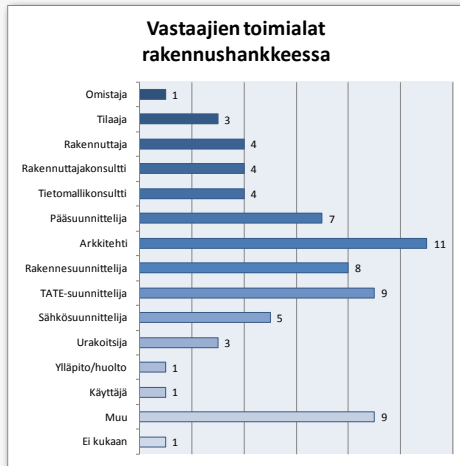
Kysymys 6-7

6) Vastaa seuraaviin rakennushankkeen osapuolia käsitteleviin kysymyksiin valitsemalla yksi tai useampi vaihtoehto.

Mikä vaihtoehto vastaa parhaiten toimialaanne rakennushankkeessa?	Keille osapuolille vastuu tietomallianalyysien tekemisestä mielestänne kuuluu?	Arvioi asteikolla -3 +3 miten paljon haittaa tai hyötyä tietomallianalyyseista on eri osapuolille. -3 = paljon haittaa, +3 = paljon hyötyä							En osaa sanoa
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
<input type="checkbox"/> Omistaja	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Tilaaaja	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Rakennuttaja	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Rakennuttajakonsultti	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Tietomallikonsultti	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Pääsuunnittelija	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Arkkitehti	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Rakennesuunnittelija	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> TATE suunnittelija	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Sähkösuunnittelija	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Urakoitsija	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Ylläpito/huolto	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Käyttäjä	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Muu... <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Muu... <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Muu... <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Ei kukaan	<input type="checkbox"/>								

7) Muuta kommentoitavaa.

Tulokset 6-7



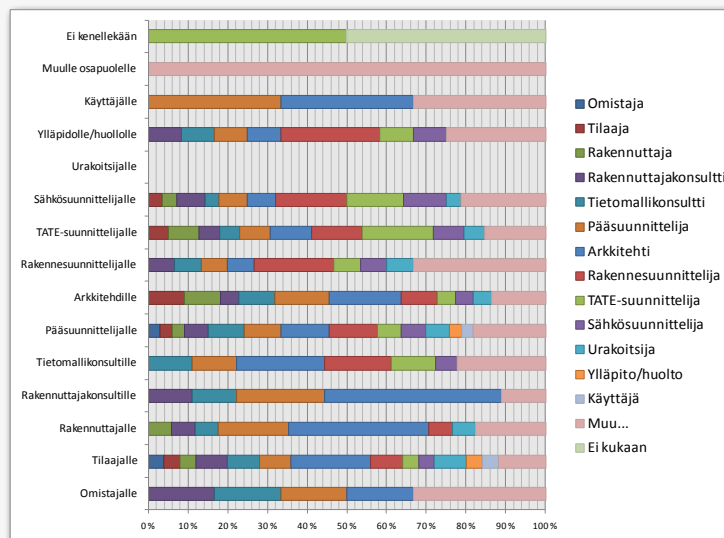
Muut osapuolet:

- Elinkaarisuunnittelija
- Kehittäjä
- Tutkija
- Avustava suunnittelija
- Kehittävä tutkija
- Ylläpidon konsultointi
- Simuloitsija
- Rakennusosatoimittaja
- Energiatehokkuuskonsultti

Selvästi aktiivisimmin kyselyyn olivat vastanneet suunnittelijat. Vähiten vastauksia tuli tilaaja- ja omistajaosapuolilta. Vastuukysymyksessä vastaukset jakautuivat kohtalaisen tasaisesti. Vastuullisena osapuolena analyysien ja simulaatioiden tekemisen suhteen nähdään kaikki hankkeen osapuolet rakennuttajaa lukuun ottamatta. Omistaja ja käyttäjä saivat myös vähän ääniä. Eniten yksittäisiä ääniä sai talotekniikkasuunnittelija. Suunnittelijapuoli nähtiin muutenkin selkeästi analyysien tekemisestä vastaavana tahona. Myös erillisen tietomallikonsultille jaettiin vastuuta.

Tulokset 6-7

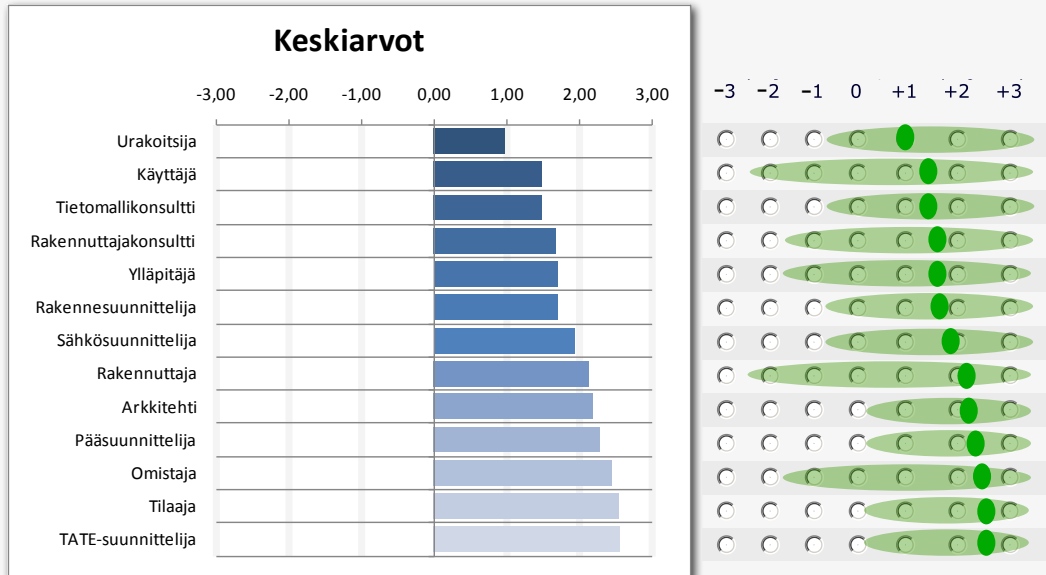
Vastausten kertyminen eri osapuolilta: *Kenelle vastuu tietomallipohjaisista analyyseistä ja simulaatioista rakennushankkeessa kuuluu?*



Tulokset 6-7

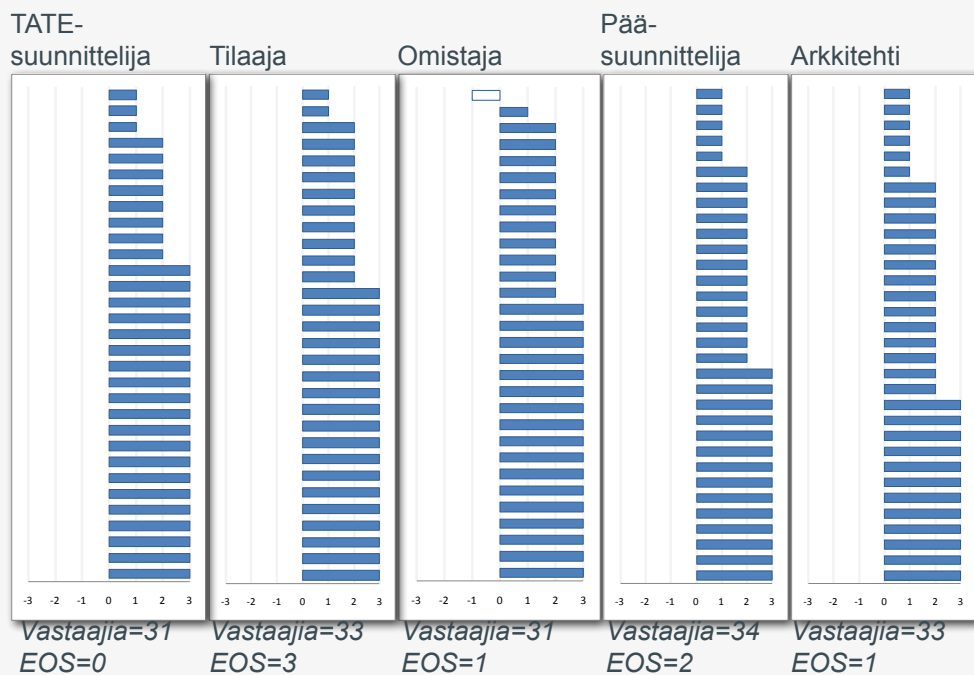
Miten paljon haittaa tai hyötyä tietomallin simulaatioista tai analyyseistä on rakennushankkeen eri osapuolille.

-3=erittäin paljon haittaa, +3=erittäin paljon hyötyä

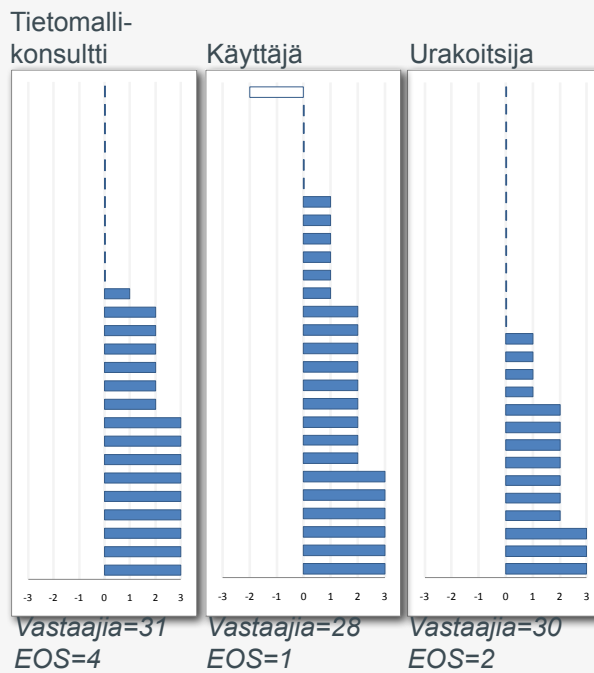
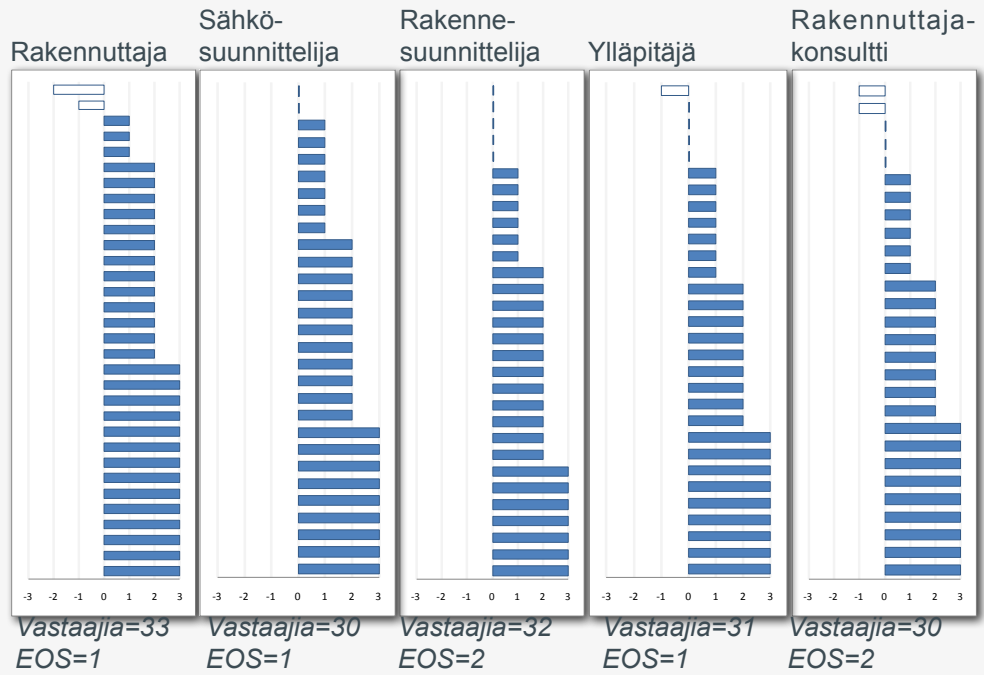


Tietomallin analyysit ja simulaatiot nähtiin vastaajajoukossa varsin hyödyllisinä hankkeen eri osapuolille. Voimakkaimmin tietomallianalyyseistä nähtiin hyödyntävän talotekniikkasuunnittelijaa sekä omistaja- ja tilaajaosapuolia, vähiten urakoitsijaa ja käyttäjää.

Tulokset 6-7 -3=erittäin paljon haittaa, +3=erittäin paljon hyötyä



Tulokset 6-7 -3=erittäin paljon haittaa, +3=erittäin paljon hyötyä



Avoimet kommentit:

- Tietomallin tekeminen on muiden kuin arkkitehtisuunnittelijoiden tehtävä.
- Rakennuttaja/tilaaja päättää analyysien tuottamisesta. Sähkösuunnittelu kuuluu TATE-suunnitteluun.
- Tietomallianalyysien tekeminen ei lähtökohtaisesti sisälly kenellekään vaan nämä on erikseen edellytettävä. Omistaja-, tilaaja- ja rakennuttajaorganisaation pitää ymmärtää näiden merkitys, jotta analyysien tekeminen osataan tilata. Luonnollisinta on, että analyysien tekemisestä vastaavat näiden alojen suunnittelijat.

Kysymykset 8-9

Kysymyksellä pyrittiin selvittämään miten laajasti tietomallin analyyseja ja simulaatioita on hyödynnetty niissä hankkeissa, joissa vastaaja on ollut mukana sekä tiedusteltiin, mitä analyysejä vastaajan mielestä tulisi siirtää käyttövaiheen järjestelmiin ja huoltokirjaan.

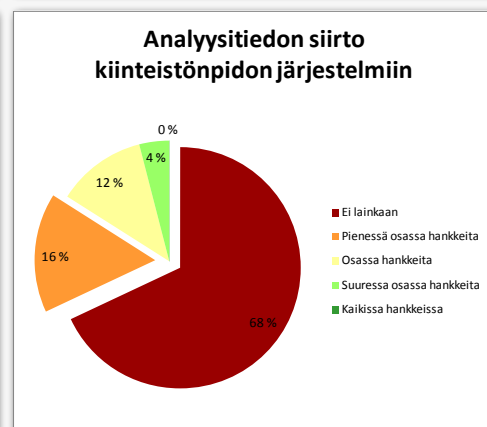
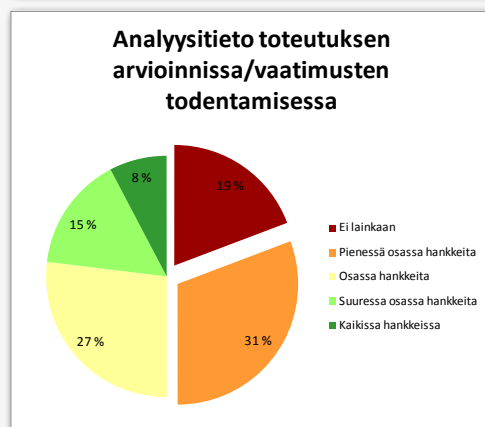
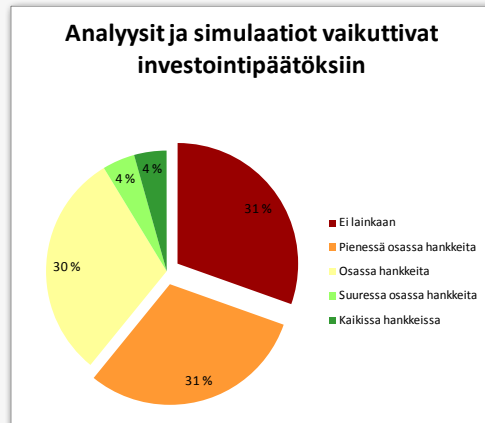
Kysymys 8-9

8) Miten laajasti hyödynnätte tietomallianalyyseja ja simulaatioita hankkeissanne.

	Ei lainkaan	Pienessä osassa hankkeita	Osassa hankkeita	Suuresta osassa hankkeita	Kaikissa hankkeissa
Miten usein hankkeissanne tietomallin avulla tehdyt analyysit ja simulaatiot vaikuttavat investointipäätöksiinne?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Miten usein tietomallianalyyssit ja simulaatiot ovat suunnittelua ohjaavassa asemassa hankkeissanne?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Käytättekö analyysitietoa toteutuksen arvioinnissa/vaativusten todentamisessa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Siirrätekö analyysitietoa kiinteistönpidon järjestelmiin?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9) Mitä analyysitietoa tulisi mielestänne siirtää käyttövaiheen järjestelmiin/huoltokirjaan?

Tulokset 8-9



Tulokset 8-9

Avoimet vastaukset (käyttövaiheen järjestelmiin ja huoltokirjaan tulisi siirtää:)

- Käyntijat, asetu arvot, kultustavoitteet jne.
- Suunniteltu energiankulutus.
- Energia, olosuhde, Täte-elinkaarikust, ympäristövaikutus, Lujuusanalyysit.
- Energiankulutuksen tavoitearvot.

Vastauksista käy ilmi, että analyysien ja simulaatioiden käyttö tehokkaasti hankkeissa on vastaajien keskuudessa varsin vähäistä. Tietomallin analyysit ja simulaatiot eivät olleet vastaajajoukolla merkittävästi käytössä päätöksenteon työkaluna hankkeissa. Analyysijä ja simulaatioita käytettiin jonkin verran suunnittelun apuvälineenä sekä toteutuksen arvioinnissa. Kiinteistönpidon järjestelmiin tietomallin analyyseistä ja simulaatioista ei tietoa siirretty juuri ollenkaan.

Kysymys 10

Monivalintakysymyksellä pyrittiin selvittämään vastaajien mielipiteitä tietomallin analyysien ja simulaatioiden vaikutuksista rakennushankkeen eri näkökohtiin. Kysymysvaihtoehtojen asettelu osoittautui ongelmalliseksi. Tämä aiheutti epäselvyyttä vastaajille. Kysymyksen 10 vastauksia ei julkaista osana tätä raporttia.

Kysymys 10

10) Arvioi talotekniikkaan ja olosuhteisiin liittyvien tietomallianalyysien ja simulaatioiden vaikutuksia rakennushankkeissa joissa olette olleet mukana.

3= alensi merkittävästi, +3= nosti merkittävästi

	3	2	1	0	+1	+2	+3	En osaa sanoa
Vaikutus suunnitteluratkaisujen laatuun?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutus suunnittelun virheiden määrään?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutus oman työne määrään?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutus oman työne haastavuuteen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutus valmiin rakennuksen laatuun?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutus rakennuksen elinkaarikustannuksiin?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutus hankkeen kokonaiskustannuksiin?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kysymykset 11-12

Kysymyksissä vastaajia pyydettiin arvioimaan eri tietomallin analyyseihin ja simulaatioihin liittyviä osa-alueita omien kokemusten pohjalta asteikolla -3 - +3, ja annettiin mahdollisuus avoimeen vastaukseen aiheeseen liittyen.

Kysymys 11-12

11) Arvioi talotekniikkaan ja olosuhteisiin liittyviä tietomallianalyyseja ja simulaatioita rakennushankkeissa joissa olette olleet mukana annetulla asteikolla.

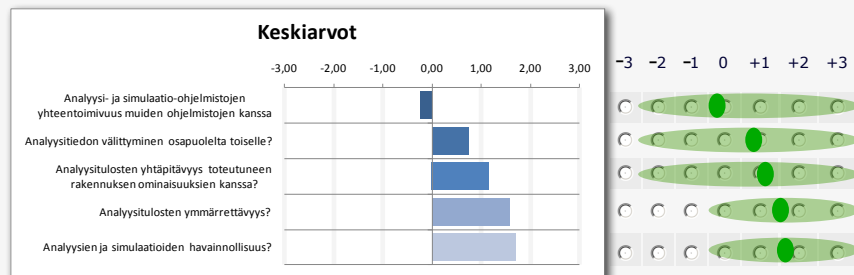
-3= erittäin huono, +3= erittäin hyvä

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	En osaa sanoa
Analyyseiden ja simulaatioiden havainnollisuus?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analyyseiden tulosten ymmärrettävyys?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analyyseiden välittyminen osapuolelta toiselle?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analyyseiden ja simulaatio-ohjelmistojen yhteentoimivuus muiden ohjelmistojen kanssa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analyysitulosten yhtäpitävyys toteutuneen rakennuksen ominaisuuksien kanssa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

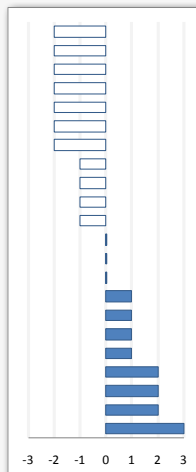
12) Muuta kommentoitavaa.

Tulokset 11-12

-3=erittäin huono +3=erittäin hyvä

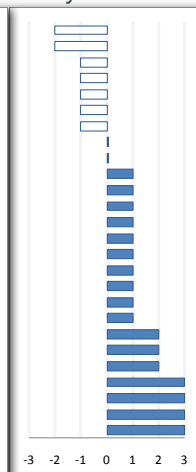


Yhteentoimivuus



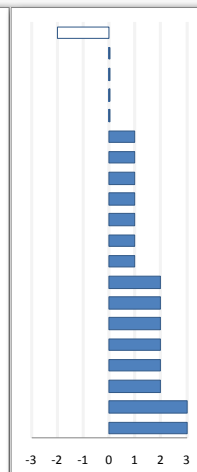
Vastaajia=28
EOS=6

Tiedon välittyminen



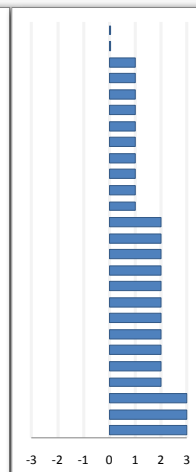
Vastaajia=28
EOS=2

Yhtäpitävyys toteuman kanssa



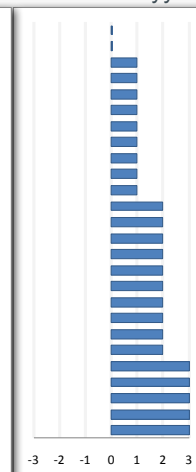
Vastaajia=28
EOS=8

Havainnollisuus



Vastaajia=28
EOS=2

Tulosten ymmärrettävyys



Vastaajia=28
EOS=2

Tulokset 11-12

Avoimet vastaukset:

- Simulaatioiden ja tulosten havainnollisuuteen ja ymmärrettävyyteen vaikuttaa suuresti ihmisen osaamisen taso. Itse simulointityökaluja käyttäville asia ei ole ongelma, mutta niille, jotka eivät ole simuloinnin tai rakentamisen ammattilaisia työkalujen output ei välttämättä ole suoraan kaikkein parhaimmassa muodossa.
- Tulosten yhtäpitävyys toteutuneen rakennuksen tuloksiin on suuresti riippuvainen lähtötietojen tarkkuudesta. Itse fysikaaliset mallit simulointityökaluissa ovat monesti riittävän tarkkoja, mutta simuloinnissa käytetyt tiedot eivät jostain syystä vastaakaan todellisuutta (esim. sisäiset kuormat) tai simulointityötä tekevän ammattitaito ei ole riittävä.
- Käyttäjiltä saadun lähtötietomateriaalin laatu on keskeinen tekijä simulointien tarkkuudelle.
- Rakennuksen mallin siirtymisessä arkkitehdin ohjelmista simulointiohjelmiin on vielä merkittäviä ongelmia työtavoista / ohjelmistoista johtuen.

Vastaajien joukossa ohjelmistojen yhteensopivuus koettiin eniten ongelmallisena, mutta tiedon välittyminen osapuolelta toiselle nähtiin siitä huolimatta toimivan kohtalaisesti. Vastaajajoukko piti analyysituloksia melko hyvin yhtäpitävänä todellisuuden kanssa. Epätarkkuuden osalta kehoitettiin kiinnittämään huomiota mahdolliseen lähtötiedon epätarkkuuteen ja simuloinnin tekijän taitotasoon. Tietomallin analyysien ja simulaatioiden havainnollisuus ja ymmärrettävyys saivat hyvän arvion, mutta huomiota haluttiin kiinnittää analyysin tai simulaation tulosten tulkitsijan tietämykseen ja sen vaikutukseen asiassa.

Kysymys 13

Kysymyksellä selvitettiin, mitä analyyseja tai simulaatioita vastaaja on tehnyt ja mitä ohjelmistoa käyttänyt kyseisen analyysin tekemiseen.

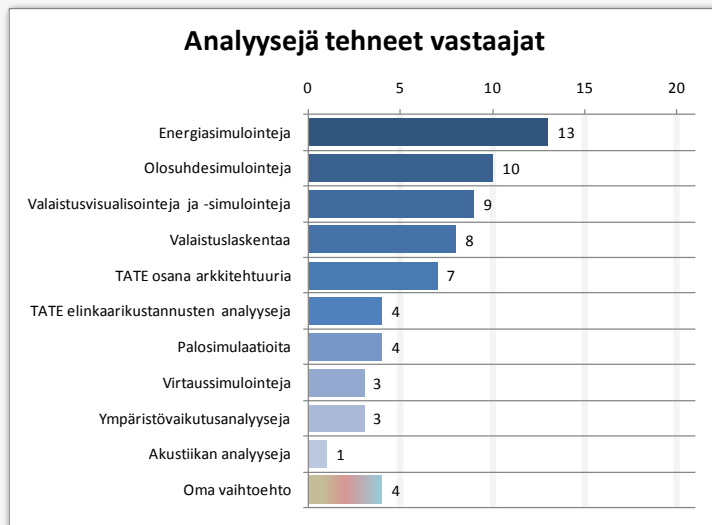
Kysymys toteutettiin monivalintakysymyksenä, johon oli listattu Senaatti-kiinteistöjen ohjeiden mukaiset talotekniikan analyysit. Näiden lisäksi vaihtoehtoina annettiin akustiikan analyysi ja palosimulaatio sekä tyhjiä kenttiä omaa vaihtoehtoa varten. Jokaisen vaihtoehdon perässä oli myös tekstikenttä käytetyn ohjelmiston määrittämistä varten.

Kysymys 13

13) Mitä tietomallin analyyseja tai simulaatioita olette tehneet ja mitä ohjelmistoa käytitte kyseisen analyysin tai simulaation tekemiseen?

Tehty analyysi tai simulaatio	Ohjelmisto
<input type="checkbox"/> Energiasimulointi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Olosuhdesimulointi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Virtaussimulointi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> TATE elinkaarikustannusten analyysi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Ympäristövaikutusanalyysi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> TATE osana arkkitehtuuria	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Valaistusvisualisointi ja simulointi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Valaistuslaskenta	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Akustiikan analyysi	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Palosimulaatio	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oma vaihtoehto 1	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oma vaihtoehto 2	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oma vaihtoehto 3	<input type="text"/>

Tulokset 13



Oma vaihtoehto:

- Tate osana rakenteita:
Navis Works
- Lujuuslaskentaa:
Robot, Staad
- Kustannuslaskentaa:
TS
- Aikataulutusanalyysejä:
TS

Tulokset 13 - käytetyt ohjelmat

Energiasimulointi

- ecodesinger
- IDA-ICE
- MagiCAD
- comfort&energy
- Riuska

Olosuhdesimulointi

- IDA-ICE
- Riuska

Virtaussimulointi

- Ansys
- CFX

TATE elinkaarikustannusten analyyssi

- Excel
- Lifest

Ympäristövaikutusanalyyssi

- BSLCA

TATE osana arkkitehtuuria

- 3D studio max
- Archicad
- Magicad
- Navisworks
- Solibri

Valaistusvisualisointi ja -simulointi

- 3D studio max
- Renderlights
- Autodesk VIZ
- Dialux
- Lightscape

Valaistuslaskenta

- Dialux

Akustiikan analyyssi

- Ecophon toimitti tietoa

Palosimulaatio

- FDS, Ozone

Vastaajajoukosta eniten oli tehty energia- ja olosuhdesimulointeja. Näihin selkeästi käytetyimmät ohjelmistot olivat IDA-ICE ja Riuska.

Kysymys 14

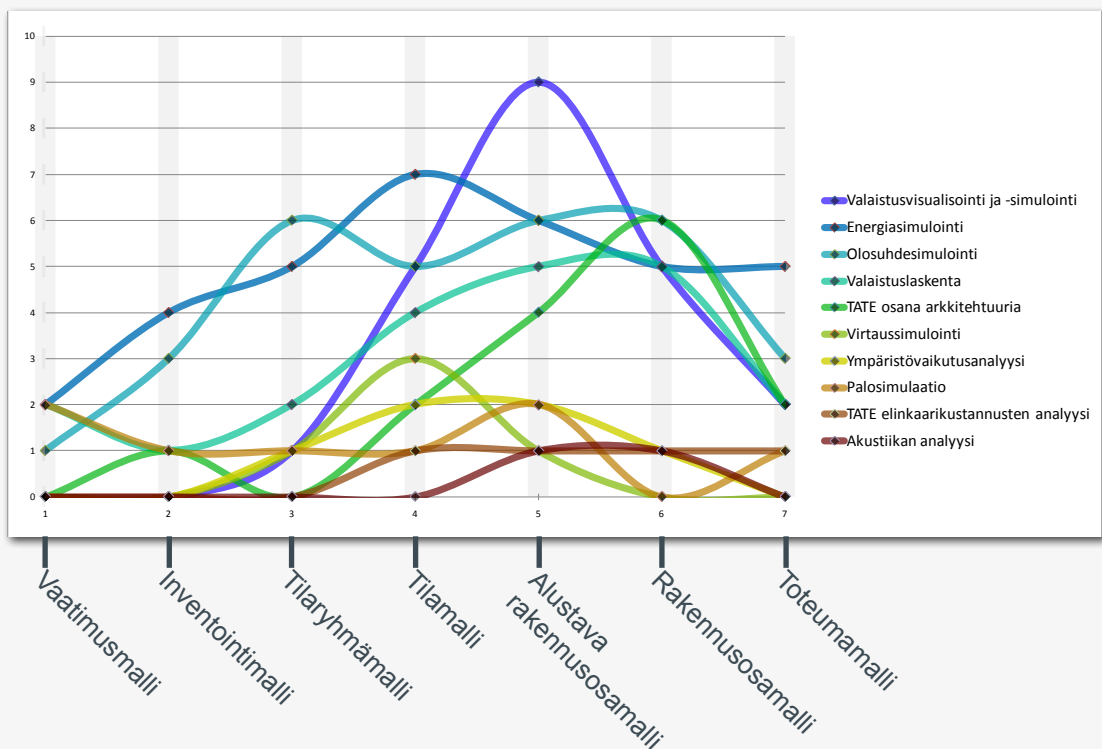
Monivalintakysymyksellä pyrittiin selvitetään missä mallivaiheessa vastaajat olivat tehneet analyysejä.

Kysymys 14

14) Missä mallivaiheessa olette tehneet kyseisiä analyysejä?

	Vaatusmalli	Inventointimalli	Tilaryhmämalli	Tilamalli	Alustava rakennusosamalli	Rakennusosamalli	Toteumamalli
Energiasimulointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olosuhdesimulointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Virtaussimulointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TATE elinkaarikustannusten analyysi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ympäristövaikutusanalyysi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TATE osana arkkitehtuuria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valaistusvisualisointi ja simulointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valaistuskalkulaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akustiikan analyysi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Palosimulaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oma vaihtoehto 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oma vaihtoehto 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oma vaihtoehto 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tulokset 14



Vastauksista nähdään, että analyysit ja simulaatiot painottuvat suunnitteluvaiheen malleihin. Hankesuunnitteluvaiheen vaatimusmallin analyysejä ja simulaatioita oli vastaajajoukon keskuudessa tehty selvästi vähiten.

Kysymys 15

Kysymyksellä selvitettiin mielipiteitä siitä, miten hyödyllisenä vastaaja piti tekemiänsä analyysejä rakennuksen laadun kannalta.

Kysymys 15

15) Asteikolla -3 - +3, miten hyödyllinen kyseinen analyysi mielestäsi on rakennuksen laadun kannalta?

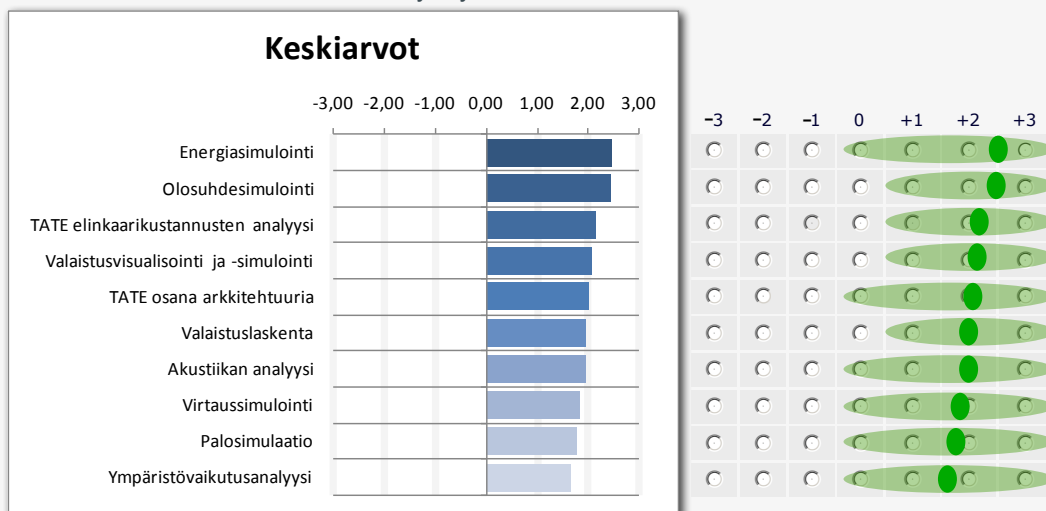
-3 = erittäin haitallinen +3 = erittäin hyödyllinen

	En osaa sanoa	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Energiasimulointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Olosuhdesimulointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Virtaussimulointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TATE elinkaarikustannusten analyysi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ympäristövaikutusanalyysi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TATE osana arkkitehtuuria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valaistusvisualisointi ja simulointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valaistuslaskenta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Akustiikan analyysi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Palosimulaatio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tulokset 15

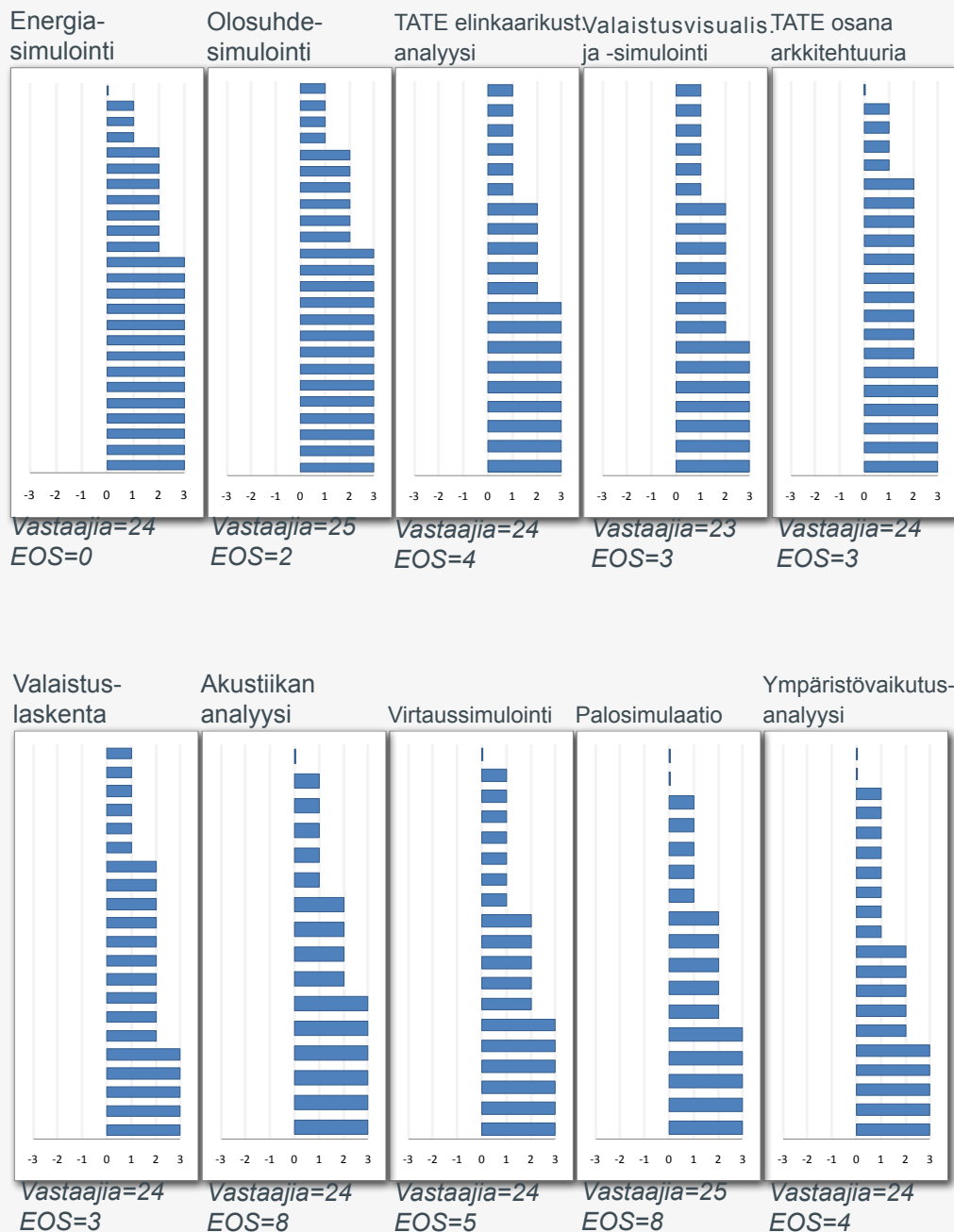
Miten hyödyllinen analyysi on rakennuksen laadun kannalta?

-3=erittäin haitallinen, +3=erittäin hyödyllinen



Vastaajajoukko piti analyysejä rakennuksen laadun kannalta järjestään hyödyllisinä. Hyödyllisimpinä pidettiin energia- ja olosuhdesimulaatioita.

Tulokset 15



Kysymykset 16-17

Kysymyksillä kerättiin tietoa vastaajan käyttämistä tiedon siirron menetelmistä suunnitelu- ja analyysiohjelmistojen välillä sekä mielipidettä siitä, mikä tiedonsiirron tapa olisi paras.

Lisäksi vastaajilta tiedusteltiin avoimella kysymyksellä, mitä analyysejä tai simulaatioita nykyisten lisäksi tulisi tehdä.

Kysymys 16-17

16) Tiedonsiirto suunnitteluohjelmistojen ja analyysi /simulaatio ohjelmistojen välillä.

Miten hoidatte tiedonsiirron tällä hetkellä?

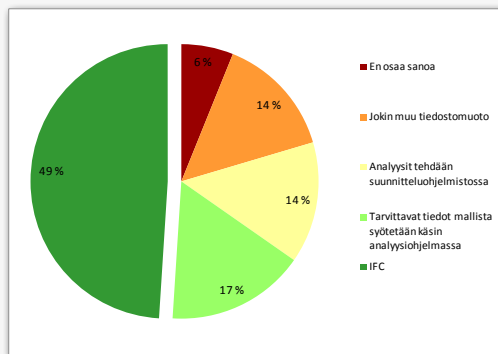
Mikä tiedonsiirtotapa olisi mielestänne paras?

<input type="checkbox"/> IFC	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Jokin muu tiedostomuoto	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Analyysit tehdään suunnitteluohjelmistossa	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Tarvittavat tiedot mallista syötetään käsin analyysiohjelmassa	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>

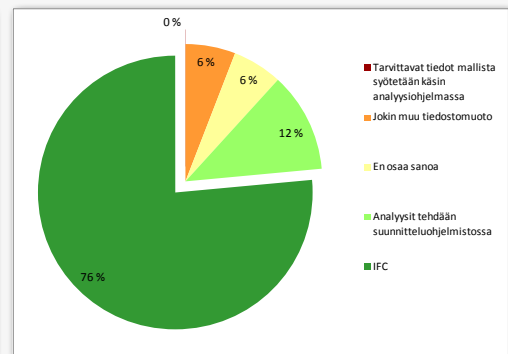
17) Mitä analyyseja tai simulaatioita mielestäsi pitäisi tehdä nykyisten lisäksi?/muuta kommentoitavaa

Tulokset 16-17

Vastaaajien käyttämät tiedonsiirron menetelmät:



Parhaina pidetyt tiedonsiirron menetelmät:



Muut käytetyt tiedostomuodot:

- dwg
- gdl-objektit
- oma xml-pohjainen

Avoimet vastaukset: *Mitä muita analyysejä tulisi tehdä*

- kestäväen rakentamisen kokonaisanalyysijä
- LVI-verkoston painetasolaskelmat, äänilaskelmat. Tasapainotuspiirustukset erillisenä toimeksiantona, siten, että urakoitsijan valitsema tuote on mallissa mukana, eli laskelmiin voitaisiin luottaa. Saataisiin aito digitaalinen prototyyppi. Ym. asia pitää saada selville suunnittelutarjoustu tehdessä ja sitä pitää rakennuttajakonsultin toimesta valvoa, että se suoritetaan.
- Elinkaarianalyysijä

Selvästi käytetyin menetelmä tietomallipohjaisten analyysien ja simulaatioiden tiedonsiirrossa oli avoimen tiedonsiirto-standardin IFC käyttö. Jonkin verran tietoja joudutaan vielä syöttämään myös uudelleen analyysiohjelmistossa.

Muista käytetyistä tiedostomuodoista dwg oli selkeästi käytetyin.

Vastajaat näkivät IFC:n nykyisistä tiedonsiirron menetelmistä parhaana.

Kysymykset 18-20

Kyselyn viimeiset kysymykset olivat avoimia kysymyksiä joilla kartoitettiin vastaajan mielipiteitä analyysien ja simulaatioiden tuottamisen suurimmista hyödyistä ja ongelmista lisäksi lopussa oli avoin kenttä kehitysehdotuksille ja muille kommenteille.

Kysymys 18-20

18) Mitkä ovat suurimmat ongelmat tietomallipohjaisten analyysien ja simulointien tuottamisessa rakennushankkeissa?

19) Mitkä ovat suurimmat hyödyt tietomallipohjaisten analyysien ja simulointien tuottamisessa rakennushankkeissa?

20) Kehitysehdotuksia/muuta kommentoitavaa

Tulokset 18-20

Ongelmat:

- Ohjelmistojen yhteensovittaminen
- Eri mallien yhteensovittaminen
- Ohjelmistojen yhteistoiminta
- Ohjelmien yhteensopivuus
- Ohjelmistojen välisen tiedonsiirron ongelmat
- Tiedonsiirto
- Ohjelmistojen yhteensopivuus puutteellista.
- Työmäärä
- Vastuut
- Vastuunoton puute
- Kuka tekee
- Kuka tekee ja kuka maksaa? Ei selkeitä vastuualueita.
- Palveluntarjoajia ei ole tiedossa
- Vakiintuneiden toimintatapojen puute.
- Ivi sä toimistot piirtää edelleen käsin
- Tilaajan sitoutuminen tietomallien analyysiin
- Tilaajat ei teetä simuloiteja
- Iedon-/ratkaisujentuottamisprosessin näkökulmasta vaan projektin läpimenoprosessin näkökulmasta. Suunnittelutyön johtajan tuli ehdottaa mitä analyysijä ja simulaatioita aina ko. projektissa on todennäköisesti tarpeellista tehdä > tämän voisi sisällyttää proj.suunnitelmaan
- Omistajat eivät niitä pyydä eivätkä osaa hyödyntää
- Tilaajan osaamattomuus tilattaessa työtä
- Osaaminen
- Eri suunnitteluosapuolien osaamitasojen vaihtelut

Tulokset 18-20

- Vähäinen muiden konsulttien kokemus mallintamisessa.
- Arkkitehtimallit on mallinnettu siten, että ne eivät ole yhteensopivia analyysi- ja simulointiohjelmien kanssa, joten mallinnus joudutaan tekemään uudestaan simuloiteja varten.
- Simuloinin pohjana käytettävien mallien laatuongelmat
- kiire
- merkitysten ymmärtämättömyys
- Lähtötietojen oikeellisuus ja IFC-mallien sekä natiivimallien tarkkuustaso
- Tehokäyttö vaatii erikoisosaamista. Analyysiohjelmistot erillisiä suunnitteluohjelmistoista.
- prosessin sirpaleisuus ja toimijouiden suuri määrä,

Hyödyt:

- Lähtötietoaineiston tuottaminen
- Saadaan luotettavampaa tietoa päätöksenteon tueksi.
- oleellista tietoa eri suunnitteluratkaisujen arvioimisen tueksi - tuottavat keskeistä tietoa kaikkeen päätöksentekoon - eri vaihtoehtojen toiminnallisuuksia voidaan tutkia analyysien ja simulaatioiden tarkemmin valottamina. - saadaan sitä mitä on tilattu (tavoitteidenmukaisuus)
- Luotettava ja kustannustehokas vaihtoehtojen vertailu
- Päätöksenteon helpottaminen eri energiamuotojen valinnan edessä
- suunnitteluratkaisujen testaus ennen hankkeen toteuttamista
- Laatu paranee.
- Simulointien avulla suunnitteluratkaisut voidaan toteuttaa aidosti siten, että huomioidaan elinkaarikustannukset eikä ainoastaan investointikustannuksia.
- LCC
- uusien ja innovatiivisten ratkaisujen löytyminen huonojen ratkaisujen poissulkeminen
- Fataalit virheanalyysit jääneet pois. Tarkemmat ja optimaalisemmat tulokset.
- Voidaan vertailla eri suunnitteluratkaisujen toimivuutta ja perustella valitut suunnitteluratkaisut
- Energiansäästö
- Kun suunnitelman mukainen toiminta voidaan varmistaa analyysein, "varmuusker-toimia" voidaan laskea. Vältetään kalliilta muutostöiltä siinä tilanteessa ettei mitattu todellisuus vastaakaan suunniteltua.

Kehitysehdotuksia/muuta kommentoitavaa

- Tietomalli soveltuu ainoastaan suuriin rakennushankkeisiin. Sitä ei tule pitää ehdotomana suunnittelun vaatimuksena. Huom. Ennen osattiin rakentaa kestäviä rakennuksia, nyt aika käytetään - mallien tuottamiseen - ohjelmien kanssa pelaamiseen. Tietomallit eivät välttämättä tuota hyvää suunnittelua ja lopputulosta.
- analyysien tilaaminen helpoksi ja edulliseksi
- arvo/hyötymittaroinin kehittäminen analyysi/simulaatiotiedon arvottamiseen
- Tilaaja pitäisi kouluttaa tietämään mitä haluavat tilata.
- Lisää standardeja alalle (ohjeistus, ohjelmistot) jotta päästään soveltamaan kehittämisen sijasta.
- Kysely oli vähän sekavan oloinen.

Ongelmat:

Avoimeen kysymykseen tietomallianalyysien ja -simulaatioiden ongelmista tuli kokonaisvastaajamäärään suhteutettuna runsaasti vastauksia. Vastaukset jakautuivat pääosin kolmeen kategoriaan:

1. Tiedonsiirron ongelmat

Tiedonsiirto eri ohjelmistojen välillä tunnustettiin suurimmaksi yksittäiseksi ongelmaksi tämänhetkisessä tilanteessa.

2. Osaaminen

Vastanneiden kommentteissa merkittäväksi ongelmakohdaksi nousi eri osapuolten taitotaso suhteessa tietomallintamiseen. Osa toimijoista piirtää edelleen käsin ja rakennuksen tietomalliakin tuottavien osapuolten välillä saattaa mallien laadussa olla merkittäviä eroja. Vakiintuneita toimintatapoja ei alalla ole. Analyysien- ja simulaatioiden osalta palveluntarjoajia todettiin olevan vähän ja toisaalta kysyntääkään ei nähty olevan riittävästi, että toimivia ratkaisuja aktiivisesti kehitettäisiin.

Eryteisesti vastauksissa nousi esiin tilaaja-osapuolen asema analyyseihin sitoutumisessa ja niiden tilaamisessa. Vastauksissa tuotiin esiin, että tietomallianalyysien ja -simulaatioiden merkitystä ei nähdä, niitä ei tilata, eikä osata hyödyntää. Tilaajilta toivottiin sitoutumista tietomallien analyyseihin. Erikseen ehdotettiin, että suunnittelutyön johtajan tulisi ehdottaa, mitä analyysejä ja simulaatioita projektissa kulloinkin on tarpeellista tehdä ja että tämän tiedon voisi sisällyttää projektisuunnitelmaan.

3. Vastuut

Vastuukysymyksen epäselvyys ja vastuunoton puute tuotiin esiin myös avoimissa vastauksissa ongelmana. Selkeät työnkuvat tietomallianalyysien- ja simulaatioiden tuoman lisätyömäärän osalta puuttuvat. Epätietoisuus siitä kuka työn tekee ja kuka sen maksaa tuli myös voimakkaana esiin.

Muina ongelmina tulivat esiin muun muassa kiire sekä suunnittelu- ja rakennusprosessin sirpaleisuus ja toimijoiden suuri määrä.

Hyödyt:

Tietomallin analyysit ja simulaatiot nähtiin vastaajien joukossa hyödyllisinä ja tähänkin avoimeen vastauskenttään vastauksia tuli runsaasti. Osa vastauksista koski analyysien ja simulaatioiden hyötyjä ylipään eikä niinkään tietomallipohjainen menettelytapa huomioiden.

Hyötyjä vastaajat näkivät ennen kaikkea analyysien ja simulaatioiden tuottamista lähtötiedoista, joiden nähtiin konkretisoituvan erityisesti tilaajaosapuolelle. Lähtötiedon nähtiin tietomallipohjaisesti olevan luotettavampaa ja helpompaa sekä mahdollistavan eri vaihtoehtojen luotettavamman ja kustannustehokkaamman arvioinnin.

Analyysien nähtiin myös vaikuttavan siten, että hankkeessa voidaan aidosti huomioida rakennuksen elinkaarikustannukset pelkkien investointikustannusten sijaan.

Fataalien virheanalyysien jääminen pois nähtiin merkittävänä tietomallianalyysien etuna verrattuna ilman tietomallia tehtyihin analyyseihin ja simulaatioihin.

Esiin tulleiden ongelmien ja hyötyjen lisäksi vastaajat toivat esiin seuraavanlaisia näkökohtia. Alalle toivottiin lisää standardeja ohjeistusten ja ohjelmistojen osalta sekä koulutusta osapuolille. Analyysien tilaamisen toivottiin helpottuvan ja muuttuvan edullisemmaksi.