



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TALOTEKNISEN TIETOMALLINNUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO JA HYÖDYNTÄMINEN SUUNNITTELUYRITYKSESSÄ

Ville Siro

Opinnäytetyö
Helmikuu 2018
Talotekniikan koulutus
LVI-tekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-tekniikka

SIRO, VILLE:

Taloteknisen tietomallinnuksen käyttöönotto ja hyödyntäminen suunnitteluyrityksessä

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Helmikuu 2018

Digitalisaatio on kiihtynyt vauhdilla aina 1980-luvulta alkaen, ja sen kehitykseen on tullut 2010-luvulla valtava piikki tekoälyn ja virtuaalitodellisuuden ottaessa suuria harppauksia eteenpäin aina tähän päivään saakka, ja kehityksen voi olettaa jatkuvan. Tästä syystä taloteknisessä suunnittelussa ollaan murrosvaiheessa, kun tietomallipohjainen suunnittelu-prosessi rupeaa yleistymään perinteisen suunnittelun rinnalla. Tietomallisuunnittelu on projektirakenteeltaan erilainen kuin perinteinen suunnitteluprojekti, ja tietomallinnettavasta projektista saadaan huomattavasti enemmän informaatiota irti sekä tuotettuja suunnitelmia pystytään soveltamaan useaan eri käyttötarkoitukseen. Opinnäytetyössä esitellään tietomallisuunnittelun aiheuttamia hyötyjä, vaikutuksia sekä haasteita perinteiseen suunnitteluprojektiin verrattuna. Työssä käsitellään tietomallisuunnittelun aloittamista yrityksessä sekä tietomallinnuksen sovelluksia esimerkiksi virtuaalitodellisuutta hyödyntäen.

Tietomallinnus on rakennusalalla vielä kohtuullisen uusi asia, joten sen tuottamia hyötyjä on haastavaa vielä todeta suuressa mittakaavassa. Yksittäisessä rakennushankkeessa oikein toteutetulla tietomallisuunnittelulla voidaan säästää noin kymmenesosa rakennushankkeen arvosta. Tämä on laskennallinen tulos, jota voi pitää suuntaa-antavana lukuna, mutta sen toteutuminen edellyttää kaikkien osapuolien sitoutumista tietomallinnuksen hyödyntämiseen.

Taloteknisen tietomallinnuksen työkaluja ja sovelluksia tutkiessa todettiin, että yleisimmillä suunnitteluohjelmilla pystytään tuottamaan erinomaisesti tietomallisuunnitelmia, mutta niiden täysi potentiaali jää vielä vajaaksi, sillä alalla ei ole tarpeeksi laajaa osaamista tietomallien hyödyntämisestä rakennushankkeissa. Tietomallien visualisointiin virtuaalitodellisuudessa soveltuvia ohjelmia on markkinoilla muutamia, mutta ne soveltuvat huonosti taloteknisten tietomallien tarkasteluun. On luultavaa, että parin seuraavan vuoden aikana markkinoille tulee ilmaisohjelmia, jotka soveltuvat paremmin näiden tietomallien visualisointiin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Building Services

SIRO, VILLE:

Introduction and Utilization of Building Information Modelling in Building Services Engineering Company

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 1 page
February 2018

Digitalization has increased quickly since 1980s and it has made a major step in its development thanks to the significant leaps in the artificial intelligence and virtual reality until today, and one can expect the trend continue. This is why we are at a critical stage in building services engineering, as building information modelling is becoming more common alongside traditional engineering. Building information modelling differs from a regular engineering project by giving a lot more information about the project, and the produced plans can be applied to various purposes. This bachelor's thesis introduces the utilities, effects and challenges of building information modelling compared to traditional engineering. The thesis deals with the introduction of building information modelling in a company as well as the applications of building information modelling, for example virtual reality.

Building information modelling is a relatively new subject in the construction industry, so its benefits are still difficult to verify on a large scale. In a single building project, building information modelling can save approximately a tenth of the total price of the building project. This calculated value can be considered an estimated result, but its realization requires commitment to the building information modelling project by every party.

The examination of the common tools and applications of the building information modelling in building services engineering revealed that common engineering software can produce excellent building information models, but the lack of knowledge in utilizing building information modelling in the construction projects leaves room for improvement. There are software on the market that assort with the visualization of building information models, but they badly suit the purposes of building services engineering. Probably in the next few years, free software that assort better with the visualization of these building information models will appear into the market.

Key words: Building Information Modelling, virtual reality, Building Services Engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TIETOMALLINNUS	7
2.1	Tietomalli.....	7
2.1.1	Tietomalliformaatti	7
2.1.2	Tietomallinnuksen hyödyt.....	8
2.1.3	Tietomallinnuksen haasteet.....	9
2.1.4	Tietomallinnuksen vaikutukset suunnitteluprojektiin	10
2.2	Tietomallinnuksen taloudelliset vaikutukset	11
3	SUUNNITTELUKYÖKÄLUT	15
3.1	Suunnitteluohjelmat	15
3.2	Järjestelmävaatimukset	16
3.3	Tietomallin havainnollistamisohjelmat.....	17
4	TALOTEKNINEN TIETOMALLISUUNNITTELU	22
4.1	Tarveselvitys ja hankesuunnittelu.....	22
4.2	Yleissuunnittelu	22
4.2.1	Tilavaraussuunnittelu	23
4.2.2	Edellytykset yleissuunnittelun onnistumiseksi	24
4.3	Toteutussuunnittelu.....	25
4.3.1	Talotekninen alakattosuunnittelu	25
4.3.2	Reikävaraukset	26
4.4	Rakentaminen	27
4.5	Käyttöönotto, takuu-aika ja ylläpito.....	27
5	VIRTUAALITODELLISUUS OSANA TIETOMALLISUUNNITTELUA..	28
5.1	Virtuaalitodellisuus	28
5.2	Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen suunnittelussa	31
5.3	Virtuaali- ja lisätty todellisuus osana yritystä.....	33
6	TIETOMALLINNUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO YRITYKSESSÄ.....	35
7	POHDINTA.....	40
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	44
	Liite 1. Hukkatyypit rakennushankkeessa	44

ERITYISSANASTO

3D-malli	Rakennuksesta tuotettu kolmiulotteinen visualisointi.
AR	Lisätty todellisuus (Augmented Reality.)
CAVE	Seinille heijastettu virtuaaliympäristö (Cave Automatic Virtual Environment.)
CPU	Tietokoneen keskusprosessori (Central Processing Unit.)
GPU	Tietokoneen grafiikkaprosessori (Graphics Processing Unit.)
IFC-malli	Kolmiulotteinen, suunnittelijan tekemä malli, joka on visuaalisesti esiteltävissä esim. tietokoneen näytöltä. IFC-malli sisältää käyttötarkoituksen mukaista tietosisältöä.
Komponentti	Jonkin järjestelmän osa, esim. venttiili, säätöpelti tai mittari.
Objekti	IFC-standardin mukainen komponentti.
Origo	Suunnitelmien nollapiste.
RAM	Tietokoneen hajasaantimuisti (Random Access Memory.)
VR	Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality.)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkitaan tietomallinnuksen vaikutusta rakennushankkeeseen, ja keskitytään erityisesti toimivan taloteknisen tietomallin laatimiseen osana rakennushanketta. On tärkeä ymmärtää tietomallinnuksen keskeisimmät periaatteet, sillä tietomallisuunnittelu on aiempaa, ns. perinteistä suunnittelutyötä yhtenäisempää kanssakäymistä eri suunnittelualojen välillä vaativaa suunnittelutyötä.

Työssä perehdytään tietomallisuunnittelun vaikutuksiin suunnittelijan- ja yrityksen näkökulmasta. Osana työtä on laadittu ohjelista yritykselle tietomallisuunnittelun aloittamisen tueksi. Työssä perustellaan tietomallisuunnittelun kannattavuutta taloudellisin perustein rakennusteollisuuden hukan vähentämisellä, sekä yrityksen saamien imagollisten sekä laajentumis- ja uudistumismahdollisuuksien avulla.

Työssä esitellään virtuaali- ja lisätyn todellisuuden hyödyntämiskeinoja taloteknisessä yrityksessä, ja pohditaan mahdollisuuksia kehittää yrityksen palveluita ja toimintaa käyttäen näitä tekniikoita. Pohdintaa on tehty tällä hetkellä markkinoilla olevien palveluiden perusteella, sekä tutkittu virtuaalitekniikan alan kehitystä, ja pohdittu alalla tapahtuvan kehityksen vaikutusta tietomallisuunnitteluun.

Työn tarkoituksena on saada taloteknisen suunnitteluyrityksen siirtyminen perinteisestä suunnittelusta tietomallisuunnitteluun helpommaksi, ja antaa ohjeita ja vastauksia tietomallisuunnittelussa ilmeneviin ongelmiin tai epäselvyyksiin. Lisäksi työ tarjoaa laajan katsauksen tietomallinnuksen nykyisistä- ja tulevista hyödyistä ja ohjaa ajattelua tietomallisuunnittelun kehittämisestä visuaalisempaan suuntaan.

2 TIETOMALLINNUS

2.1 Tietomalli

Tietomallinnus, eli BIM-teknologia (Building Information Modelling) on tullut tärkeäksi osaksi rakennushanketta. Tietomallinnusta voidaan hyödyntää monella tapaa koko rakennuksen elinkaaren ajan. Rakennuksen tietomalliin on yhdistetty kaikki rakennukseen liittyvä tekninen tieto, kuten rakenteiden laadut, tilojen ilmamäärät ja energiankulutustiedot. Tietomallinnuksella pyritään siihen, että rakennuksesta saadaan luotua ns. virtuaalinen kaksonen. (BuildingSMART, 2017.) Tämä tietomalli vastaisi siis rakennuksen käytön ajan täydellisesti olemassa olevaa rakennusta, ja siihen päivitetään kaikki rakennuksen käyttöajan aikana siihen tulevat muutokset.

2.1.1 Tietomalliformaatti

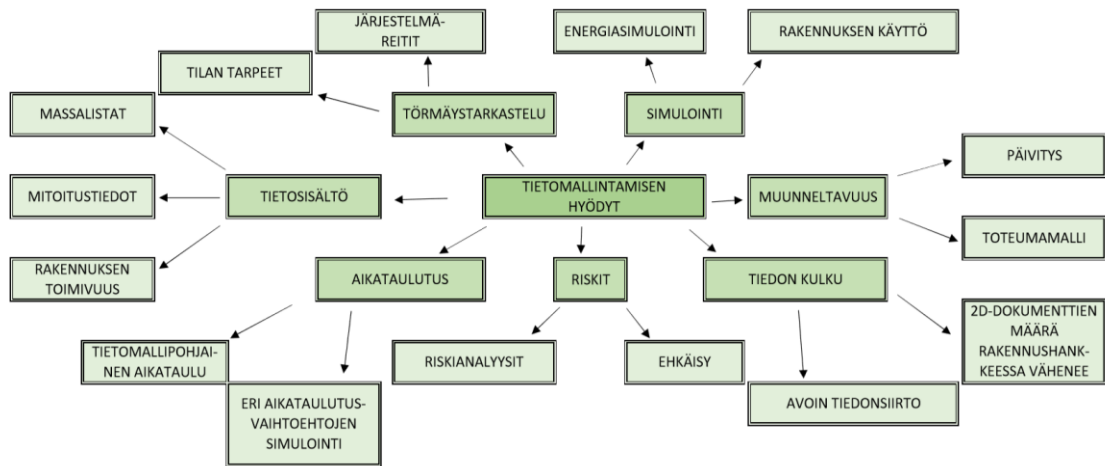
Tietomallinnettaessa tuotettu malli on muodoltaan IFC-tiedosto. IFC on lyhenne sanoista Industry Foundation Classes. IFC-tiedostomuoto on International Alliance of Interoperabilityn kehittämä tiedostomuoto. Nykyään järjestö tunnetaan nimellä BuildingSMART, ja se vaikuttaa suomessa nimellä BuildingSMART Finland. Nimen vaihdos tapahtui vuonna 2007. (BuildingSMART, Toimintakertomus 2016, 2.)

Vapaasti suomennettuna IFC tarkoittaa rakennuselementtien ja -objektien luokittelujärjestelmää. Joskus kuullaan puhuttavan 3D-suunnittelusta ja tietomallisuunnittelusta samana asiana, mikä ei kumminkaan pidä paikkaansa. 3D-suunnittelu voi olla tehty visuaalisesti havainnollistamaan suunnitelmaa, mutta sen objekteissa ja parametreissa ei ole minkäänlaista tietosisältöä. IFC-tiedoston luominen ja jakaminen eivät ole sidoksissa ohjelmistovalmistajaan, vaan se soveltuu tiedonsiirtoformaatiksi markkinoilla olevien suosituimpien rakennusosapohjaisten CAD-ohjelmien välillä. Tietomallinnus ei tarkoita pelkästään rakennuksen 3D-mallin luomista, vaan tietomallista saadaan myös erilaisia määrälaskuja ja energialaskelmia. (Micro Aided Design Oy, 2013, 1.) Nämä kaikki tiedot on sisällytetty samaan IFC-tiedostoon, josta niitä pystyy erilaisilla ohjelmilla hyödyntämään.

2.1.2 Tietomallinnuksen hyödyt

Mikäli tietomallinnusprosessi on hankkeen alusta asti hoidettu oikein, on tietomallinnuksesta hyötyä rakennushankkeen kaikille osapuolille. Kuviossa 1 on esitetty tietomallinnusprojektissa saavutettavia hyötyjä. Tietomallisuunnittelussa tärkeää onkin, että tietomallin koko tietosisältö saadaan mahdollisimman hyvin käyttöön. Rakennuksen tietomallia voidaan käyttää mm. suunnittelualojen välisien törmäystarkastelujen tekemiseen, rakennushankkeen aikataulutukseen, energiasimulointeihin ja riskianalyysiin (Trimble Solutions Corporation, 2017.)

KUVIO 1. Tietomallintamisen hyödyt



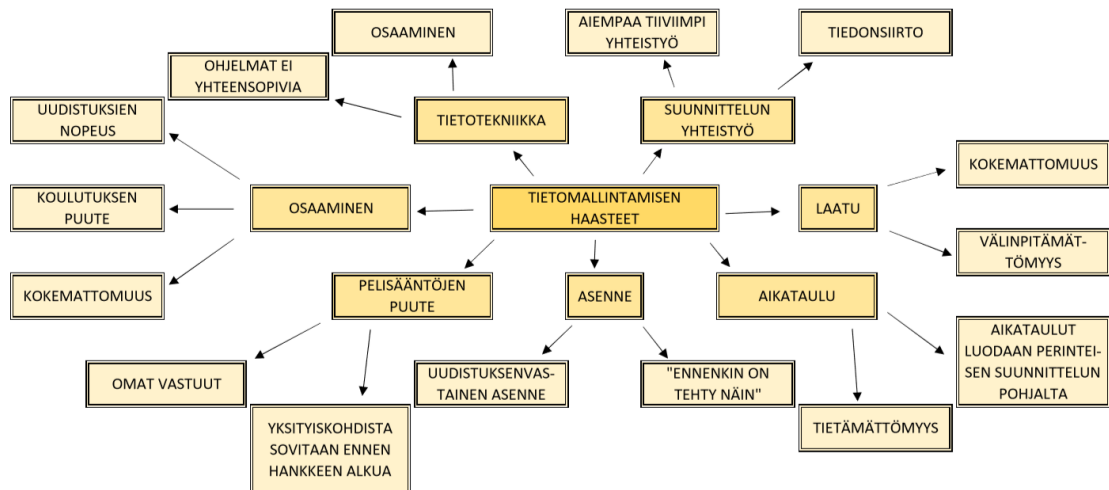
Tietomallinnus parantaa tiedon kulkua rakennushankkeen osapuolten välillä. Oikein tehty rakennuksen tietomalli vähentää perinteisten 2D-tasokuvien määrää hankkeen osapuolien välisessä tiedonsiirrossa. Tietomallinnus antaa mahdollisuuden kokeilla monia eri ratkaisuja esimerkiksi rakennuksen sisäisten järjestelmien asettelussa jo ennen rakennusvaiheen alkamista. Näitä ratkaisuja pystytään visuaalisesti esittämään hankkeen osapuolille, jolloin ratkaisujen hahmottaminen helpottuu ja päätösten teko on helpompaa. (Trimble Solutions Corporation, 2017.) Koska tietomallisuunnittelussa rakennus ollaan jo kerran virtuaalisesti tehty ennen rakennusprosessin alkamista, lopputuotteen laatu kasvaa, sillä suurin osa mahdollisista ongelmista on jo huomioitu ja ratkaistu. Tällöin luodut suunnitelmat vastaavat hyvin paljon sitä, miten rakennus tullaan todellisuudessa rakentamaan. Näin ollen suunnitteluohjelmista tai tietomalliohjelmasta saatavia massalistoja voidaan käyttää hyväksi rakennuksen järjestelmien massalaskennassa. (Yleiset tietomallivaati-
mukset 2012, Osa 6, 2-5.)

Mikäli kiinteistöön lisätään rakennushankkeen päättymisen jälkeen järjestelmiä, tai rakennusta laajennetaan, voidaan olemassa olevaa tietomallia käyttää hyödyksi suunnitelmia laadittaessa. Tietomallia pystytään myös päivittämään uusien järjestelmien osalta helposti.

2.1.3 Tietomallinnuksen haasteet

Kun yrityksessä siirrytään tietomallisuunnitteluun, tulee kaikkien hankkeen osapuolien sisäistää tietomallisuunnittelun ajatusmaailma, tai muussa tapauksessa projektissa tulee ilmenemään ongelmia. Kuviossa 2 on esitetty tietomallinnusprojektissa esiintyviä haasteita.

KUVIO 2. Tietomallintamisen haasteet



Tietomallisuunnittelun ollessa vielä melko uusi asia, ilmenee haasteita projektissa niin suunnittelijoiden tiedoissa ja taidoissa, kuin yleisissä suunnittelukäytänteissäkin. Yrityksen henkilöstö ei välttämättä ole saanut tarvittavaa koulutusta tietomallisuunnittelusta, sekä sen hyödyntämisestä rakennushankkeessa. Yrityksen sisäisiä haasteita ilmenee tietoteknisissä asioissa, kuten suunnitteluohjelmien yhteensovittamisessa tai uusien suunnitteluohjelmien haltuunotossa. Yrityksen sisäisiin haasteisiin kuuluu myös laadulliset haasteet, eli kyetäänkö senhetkisellä osaamisella tuottamaan kyllin laadukkaita tietomallisuunnitelmia, tai onko asenne sellainen, että tietomallisuunnittelua ei haluta aloittaa ja kehittää. Tällöin ongelmaksi muodostuu välinpitämättömyys tuotettujen suunnitelmien tasoa kohtaan, ja lopputuotteen laatu laskee.

Rakennushankkeen tasolla haasteita tietomallisuunnittelussa luovat aikataululliset ongelmat. Tietomallisuunnitteluun täytyy varata aikaa perinteistä suunnittelua enemmän, ja usein ongelmana aikataulussa onkin liian kireät aikataulut suunnittelun osalta. Tämä johtuu tietämättömyydestä tietomallisuunnittelun vaatimuksista projektin aikataulua luotaessa. Haasteita hankkeessa aiheuttaa suunnittelualojen aiempaa tiiviimpi yhteistyö ja tiedonsiirto, sillä tietomallisuunnittelu vaatii eri suunnittelualojen välistä tiiviimpää yhteistyötä perinteiseen suunnittelutapaan verrattuna tietomallisuunnitelmien runsaan tietosisällön takia. Ellei tietomallihankkeessa sovita hankkeen alussa riittävän tarkasti kunkin osapuolen vastuista ja hankkeen yksityiskohdista tietomallinnukseen liittyen, voi pahimmillaan tulla tilanne, jossa kukaan ei tiedä, millä tasolla oma tietomallisuunnittelu tulee toteuttaa.

2.1.4 Tietomallinnuksen vaikutukset suunnitteluprojektiin

Perinteisessä 2D-suunnittelussa suunnittelijan piirtämät järjestelmän komponentit eivät välttämättä sisällä minkäänlaista sisäistä laskentatietoa, kun taas tietomallisuunnittelussa jokaiselle komponentille on oltava oma tietosisältönsä. 2D-suunnittelussa ei järjestelmien koroilla kuvassa ole merkitystä muuten, kuin esimerkiksi LVI-järjestelmien viivatyypin kannalta. Tietomallisuunnittelussa järjestelmien korot ovat tarkkoja, ja järjestelmien pääreittien korkotiedot pitääkin merkitä rakennuksen tasokuvaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4, Liite 1, 3.)

Tietomallista tuotetut eri hankkeen osapuolien tulosteet ja laskelmat tehdään samasta tietomallista, jolloin yhdenkin suunnittelualan tietojen päivittäminen mallissa vaikuttaa mahdollisesti kaikkien muidenkin osapuolien suunnitelmiin. Tällöin kaikki osapuolet saavat päivitettyä muuttuneen tiedon omiin dokumentteihinsa välittömästi, kun taas perinteisessä suunnitteluprojektissa muuttunut tieto pitää päivittää erikseen kaikkiin suunnitelmiin ja dokumentteihin. Tietomallinnus vähentää riskiä sille, että suunnitelmiin tulee virheellistä tietoa hankkeen joltain osapuolelta, tai että tiedot tehdyistä muutoksista eivät tule kaikille hankkeen osapuolille tietoon. Taulukossa 1 on esitetty keskeisimpiä tietomallinnus- ja perinteisen suunnitteluprosessin eroavaisuuksia.

TAULUKKO 1. Suunnitteluprosessien eroavaisuuksia

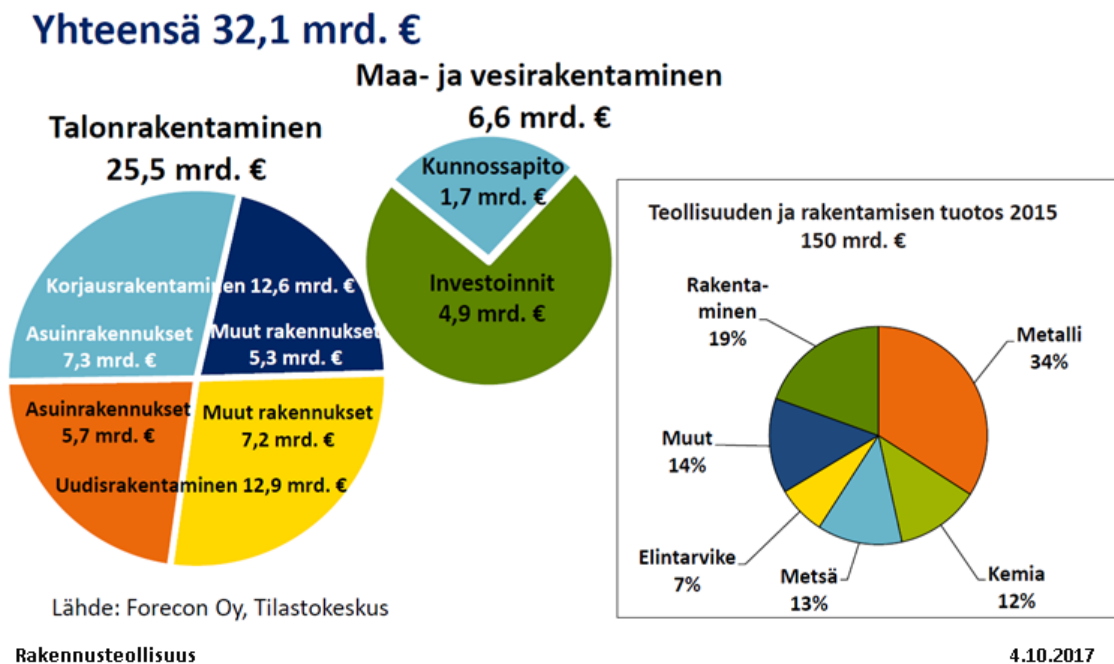
	Perinteinen suunnittelu	Tietomallisuunnittelu
Visuaalinen 3D-malli	Ei sisälly	Sisältyy
Komponenttien korko- asemat	Piirtotarkkuudeksi riittää oikea viivatyyppi	Piirrettävä todelliseen korkoon
Törmäystarkastelu	Ei sisälly	Sisältyy
Määräluettelot	Laskettava käsin	Sisältyy tietomalliin
Tiedonsiirto	Tieto luovutetaan vain tiedon pyytäjälle ainoastaan pyydetessä	Tiedon jakaminen on avointa kaikille sitä tarvitseville

Perinteisessä suunnittelussa tehtävässä laadunvarmistusprosessissa suunnitelmatiedoista tulee tarkastettua arviolta 5-10 %, kun taas tietomallisuunnittelussa vastaava luku on jopa 40-60 %. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 6, 3.) Perinteisistä tasokuvista ei myöskään voi tarkastaa niiden tarkoituksenmukaisuutta tai toimivuutta, kuten esimerkiksi valaistuksen toimivuutta, järjestelmien törmäilyjä tai simuloida kiinteistön energiankulutusta.

2.2 Tietomallinnuksen taloudelliset vaikutukset

Rakennusprojektissa yksi keskeisimmistä vaikuttajista on raha. Yleisenä huolena on, että tietomallinnusprojektissa suunnitteluun käytettävä aika kasvaa, jolloin suunnittelun hinta kasvaa samassa suhteessa. Vuonna 2004 USA:ssa on kuitenkin tehty tutkimus, jossa huomattiin, että rakentamisessa 57 % on turhaa työtä (Räsänen, 2015.) Suomessa vuoden 2016 rakennustuotannon arvoon (kuvio 3) suhteutettuna turhaan työhön kulutetaan 18,3 mrd. €.

KUVIO 3. Rakennustuotannon arvo vuonna 2016 (Rakennusteollisuus, 2017)



Tämä turha työ on kaikkea sitä, mikä ei edistä rakennushanketta tai lisää sen arvoa millään tavalla. Rakennushankkeissa on ruvettu laajalti käyttämään Lean-ajattelumallia hankkeen hukan vähentämiseksi. Lean-ajattelumallissa turha työ, eli rakennushankkeen hukka luokitellaan kahdeksaan eri kategoriaan: ylituotanto, odotus, kuljettaminen, tarpeeton käsittely, varastointi, tarpeeton liikkuminen, viat sekä työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen (Ceriffi Oy, 2017.) Rakennushankkeessa näistä eniten vaikutusta on odottamisella, vioilla sekä hukaksi luettamattomalla informaation puutteella. Rakennushankkeessa suunnittelun osuus projektin kokonaiskustannuksista on noin 4-8 % (Haahtela, 2015.) Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa suunnittelun osuus kasvaa verrattuna perinteiseen suunnitteluun.

Tietomallipohjaisen suunnittelun säästölaskelmien pohjana on käytetty S. Mannisen tutkimusta rakennusteollisuuden hukkatyypeistä. Taulukko on esitetty liitteessä 1. Taulukossa 2 on haastattelujen ja arvioiden perusteella esitetty, kuinka paljon kyseisistä hukkatyypeistä voitaisiin säästää nykyisellä tietomallisuunnittelun tasolla.

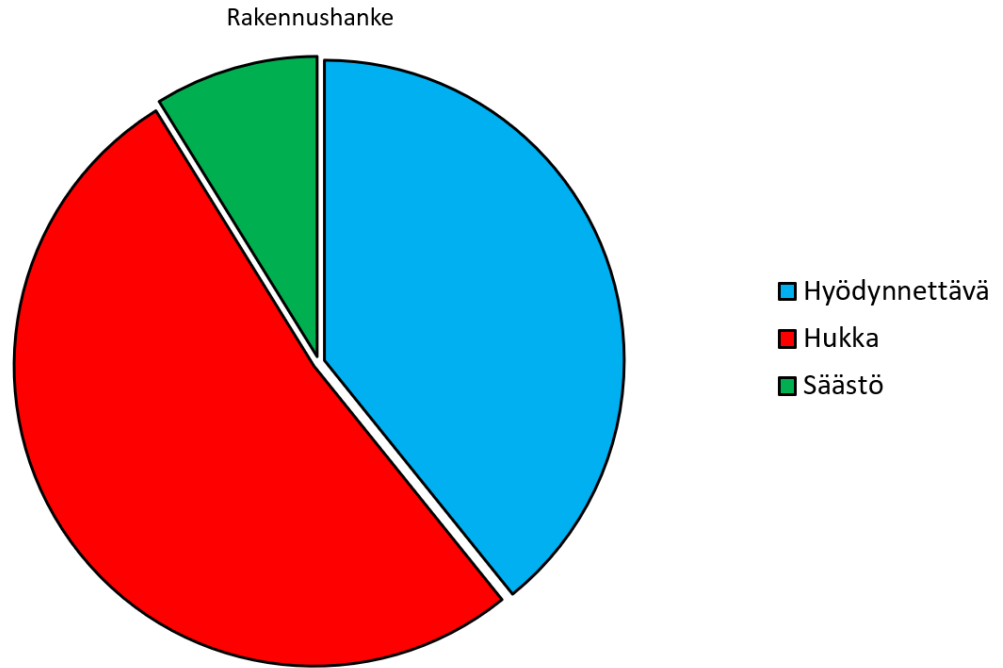
TAULUKKO 2. Säästökohteet tietomallipohjaisessa suunnittelussa

HUKKATYYPPI	WPN	Kustannus/ 18,3 mrd. €	Mahdollisuus vähentää	Kustannus- säästö
Kommunikaatio ja dokumentaatio	328	2,411 mrd. €	50 %	1,205 mrd. €
Työntekijöiden käyttämätön potentiaali	251	1,845 mrd. €	25 %	0,461 mrd. €
Viat	238	1,749 mrd. €	20 %	0,350 mrd. €
Väärät tuotteet tai palvelut	207	1,521 mrd. €	40 %	0,609 mrd. €
Tarpeettomat siirrot	201	1,477 mrd. €	25 %	0,369 mrd. €
Epäpätevä prosessointi	187	1,374 mrd. €	50 %	0,687 mrd. €
Tekeminen	186	1,367 mrd. €	50 %	0,683 mrd. €
Ylikuormitus	176	1,293 mrd. €	35 %	0,453 mrd. €
Huono rakentaminen	152	1,117 mrd. €	20 %	0,223 mrd. €
Ylikuormitus	148	1,088 mrd. €	35 %	0,381 mrd. €
Odottaminen	146	1,073 mrd. €	50 %	0,537 mrd. €
Tarpeeton kuljetus	144	1,058 mrd. €	40 %	0,423 mrd. €
Turvallisuus	51	0,375 mrd. €	20 %	0,075 mrd. €
Varastot	45	0,331 mrd. €	50 %	0,165 mrd. €
Muut (sää, varkaudet, vandalismi)	30	0,220 mrd. €	0 %	0 mrd. €
				6,622 mrd. €

Ei ole realistista olettaa, että tietomallisuunnittelulla pystytään eliminoimaan kaikki rakennushankkeen ongelmat, vaan hukkien vähentämismahdollisuuksissa on käytetty hyvin realistista arviota siitä, paljonko väheneminen voisi nykyisellä tekniikalla ja tietämyksellä olla. Hukan vähentämismahdollisuuden keskiarvoksi näillä arvoilla muodostuu 34 %, mikä tarkoittaisi vuoden 2016 rakennustuotannon arvossa noin 6,6 mrd. € kustannussäästöä.

Saatu tulos on todella suuri, joten tulosta on hyvä verrata pienemmän mittakaavan hankkeeseen. Kyseisillä prosenteilla 5 milj. € rakennushankkeessa tietomallipohjaisella rakentamisella säästettäisiin 970 000 €, eli noin viidennes. Tietomallinnusprosessissa havaitaan kuitenkin vain 40-60 % kaikista virheistä (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 6, 3), joten tämä huomioidessa rakennustuotannon arvosta olisi mahdollisuus säästää 2,6-3,9 mrd. €. Vastaavasti 5 milj. € rakennushankkeessa säästö olisi 0,4-0,6 milj. €, eli keskimäärin kymmenesosa hankkeen kokonaisarvosta. Tätä lukua voidaankin käyttää suuntaantavana arviona tietomallinnuksella saavutettavista säästöistä. Kuviossa 4 on esitetty, kuinka rakennushankkeen kustannukset sekä säästöt jakautuvat.

KUVIO 4. Rakennushankkeen kustannuksien ja säästöjen jakautuminen



Kuviosta voidaan todeta, että hankkeen kustannuksista noin puolet kuluu edelleen turhaan työhön, vaikka sitä tietomallisuunnittelulla voidaankin vähentää. Saatu säästö on kuitenkin mahdollista saavuttaa vain, jos kaikki hankkeen osapuolet noudattavat tietomallinushankkeen yleisiä vaatimuksia ja hoitavat työnsä huolella.

3 SUUNNITTELUKYÖKÄLUT

3.1 Suunnitteluohjelmat

Tässä luvussa keskitytään taloteknisiin suunnitteluohjelmiin ja siihen, miten ne soveltuvat tietomallisuunnitteluun. Luvussa tarkastellaan kahta suomen suosituinta taloteknistä suunnitteluohjelmistoa, Progman Oy: MagiCAD -suunnitteluohjelmaa sekä Kyndata Oy:n CADS Planneria. MagiCAD -ohjelmisto on suunniteltu Revit MEP:lle ja AutoCAD:lle, jotka ovat Autodesk Inc:n suunnitteluohjelmistoja. MagiCAD toimii näiden ohjelmistojen ”päällä”, eli se on ikään kuin talotekniseen suunnitteluun luotu laajennus kyseisille ohjelmille.

MagiCAD on suomalaisen Progman Oy:n kehittämä LVIS-sovellus. MagiCAD on suosituin suunnitteluohjelmisto pohjoismaissa, Venäjällä ja Kiinassa. (Progman Oy, 2017.) MagiCAD on lanseerannut uuden MagiCloud LVIS-tietomallikirjaston, joka sisältää yli miljoona mallinnettua taloteknistä tuotetta johtavilta laitevalmistajilta. (Progman Oy, 2017.) MagiCAD:n LVIS-sovellukset (kuva 1) ovat ladattavissa lisenssikohtaisesti tarpeen mukaan.



KUVA 1. MagiCAD:n LVIS-sovellukset (Progman Oy, 2017.)

Ohjelmalla suunnitellaan joko 2D- tai 3D-tilassa, tai vaihtoehtoisesti yhtä aikaa molemmissa näkymissä. Tehokas kahden näkymän suunnittelu vaatii kuitenkin vähintään kaksi tietokoneen näyttöä ja tehokkaan näytönohjaimen tietokoneeseen, sillä tehoton tietokone ei pysty käsittelemään 3D-objekteja tyydyttävällä nopeudella. MagiCAD:ssa on mitoitus- ja tasapainotustoiminnot taloteknisille järjestelmille. Ohjelma hoitaa käytännössä kaikki mitoitukset, mutta suunnittelijan ei tule täysin luottaa ohjelman tekemiin mitoituksiin. Ohjelma tottelee orjallisesti sille asetettuja mitoitusperusteita, joten mikäli suunnittelussa on sattunut jokin virhe, voi ohjelma mitoittaa koko järjestelmän täysin pieleen. Mitoituksille pystyy luomaan sääntöjä, miten ohjelma mitoittaa esimerkiksi putkikoot. Mitoituk-

sen jälkeen onkin syytä tarkastaa, onko ohjelman mitoitamat järjestelmät järkevästi toteutettavissa, vai olisiko mahdollista tehdä suunnitelmiin manuaalisesti muutoksia siten, että tuotettujen suunnitelmien laatu eikä oikeellisuus kärsi. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmien runkokanavien ja jakokanavien-, sekä käyttövesijärjestelmän runkojohtojen ja jakojohdojen mitoitusperusteiden eroavaisuudet.

CADS on suomalaisen Kyndata Oy:n kehittämä suunnitteluohjelmisto LVIS- sekä arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun. Ensimmäinen CADS -versio kehitettiin jo yli 30 vuotta sitten. CADS-tuotteet ovat Suomessa markkinajohtajia sähkösuunnittelu- ja sähköurakointiyrityksissä. (Kyndata Oy, 2017.)

Kyndata Oy on kehittänyt ohjelmistoon suunnittelualakohtaisia sovelluksia ja näihin sovelluksiin lisäosia. CADS Electric on tarkoitettu sähkö- ja automaatio suunnitteluun, CADS Hepac LVIA-suunnitteluun ja CADS House arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun. Kyndata Oy tarjoaa myös ilmaisen CADS Viewer -ohjelmiston, jolla pystyy katselemaan CAD-pohjaisia kuvia ja tulostamaan niitä. (Kyndata Oy, 2017.)

3.2 Järjestelmävaatimukset

Uusimpien suunnitteluohjelmien käyttöön vaaditaan tietokoneelta kohtalaisen paljon tehoa, mikäli laaditut suunnitelmat ovat laajoja, ja tiedostojen koko kasvaa suureksi. Jokaisen ohjelmiston valmistaja on esittänyt ohjelmiston järjestelmävaatimuksissa vähimmäisvaatimukset järjestelmälle ohjelmiston toimimiseksi. Usein on kuitenkin niin, että esitetyillä vaatimuksilla ohjelmisto toimii vain välttävästi, joten suositeltavaa onkin, että investointeja tehdessä panostetaan laitteiden tehoon. Myös kahden tietokoneen näytön hankkiminen parantaa työskentelyn tuottavuutta, sillä piirtäessä toisella näytöllä 2D-kuvaa, pystyy toisen näytön kuvasta tarkastelemaan reaaliajassa tuotettua suunnitelmaa kolmiulotteisena.

Nykyisin suunnittelu ohjautuu yhä enemmän virtuaalisempaan suuntaan. Kannattavaa onkin hankkia sellaiset laitteet, joilla pystyy lähitulevaisuudessa hyödyntämään virtuaalitodellisuutta osana suunnitteluprosessia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että laitteiden tulee olla VR-yhteensopivia (Virtual Reality – virtuaalitodellisuus.) Alla on listattu pöy-

tätietokoneen ja kannettavan tietokoneen vähimmäisjärjestelmävaatimukset virtuaalito-
dellisuuden hyödyntämiseen. (HTC Vive, 2017.) Laitteistovaatimuksissa on huomioitu
vain Windows-käyttöjärjestelmä, sillä mm. MAC ja Linux -käyttöjärjestelmät eivät ole
niin laajassa käytössä.

Pöytäkone:

- GPU: NVIDIA GeForce GTX 1060 tai parempi
- CPU: Intel Core i5-4590 vastaava tai parempi
- RAM: 8GB+
- Video output: HDMI 1.3
- Liitännät: 3 x USB 3.0
- Ajurit: Oculus 361.91 / HTC 361.75 tai uudempi
- Käyttöjärjestelmä: Windows 7 SP1 64bit tai uudempi

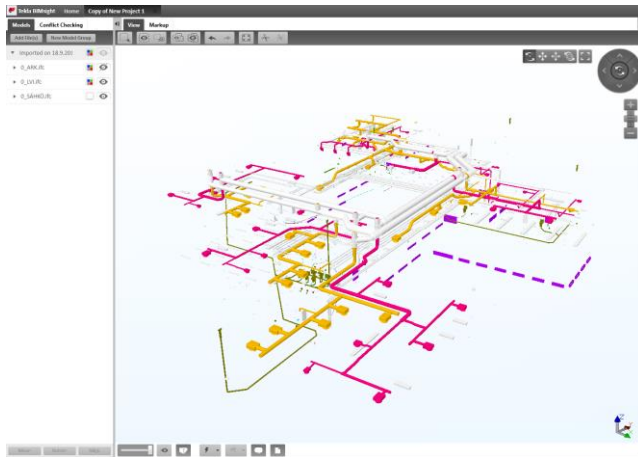
Kannettava tietokone:

- GPU: NVIDIA GeForce GTX 980 tai parempi
- CPU: Intel Core i7-6700HQ vastaava tai parempi
- RAM: 8GB+
- Video output: HDMI 1.3
- Liitännät: 3 x USB 3.0
- Ajurit: Oculus 361.91 / HTC 361.75 tai uudempi
- Käyttöjärjestelmä: Windows 7 SP1 64bit tai uudempi

3.3 Tietomallin havainnollistamisohjelmat

Tekla-ohjelmistot ovat Trimble Solutions Oy:n kehittämiä tietomallien tarkasteluohjel-
mia. Ohjelmistot perustuvat tietomallien avoimeen tiedonsiirtoon eri osapuolten välillä
(kuva 2.)

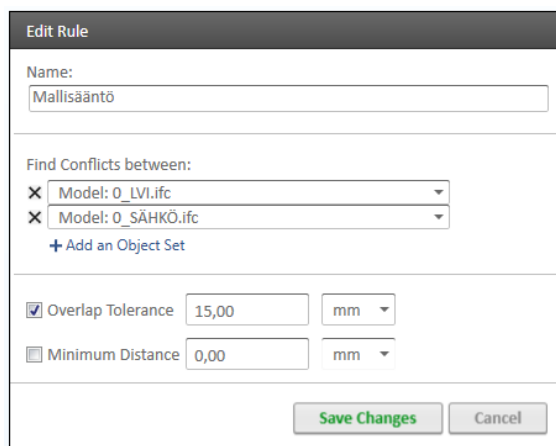
Tekla BIMsight on ilmainen ohjelma. Siinä on 30 päivän ilmainen käyttöoikeus, mutta
sen jälkeen ohjelma vaatii rekisteröitymisen. Rekisteröitymisen jälkeen ohjelman käyttö
on edelleen ilmaista. Ohjelman vapaa käyttö perustuu siihen, että rekisteröitymisen jäl-
keen Tekla pystyy käyttämään rekisteröitymiseen vaadittavaa sähköpostiosoitetta suora-
markkinointiin. (Trimble Solutions Corporation, 2017.)



KUVA 2. Tekla BIMsight tarkastelu

Ohjelmalla pystyy avaamaan monta IFC-tiedosto yhtä aikaa, ja liittämään ne yhdeksi tek-
lan omaksi, .tbp -muotoiseksi projektitiedostoksi. Ohjelmalla pystyy tarkastelemaan tie-
tomallin parametrien tietosisältöä, mutta sillä ei pysty luomaan määräluetteloita. Ohjelma
onkin tarkoitettu lähinnä vain tietomallin visuaaliseen tarkasteluun esimerkiksi työmaalla
tai suunnittelutyössä.

Tekla BIMsight:lla pystyy suorittamaan eri IFC-tiedostojen komponenttien välisiä tör-
mäystarkasteluja. Törmäystarkastelua varten pitää projektiin luoda sääntö törmäystarkas-
telulle, mitä ohjelma noudattaa (kuva 3.)



KUVA 3. Törmäystarkastelun säännön luominen

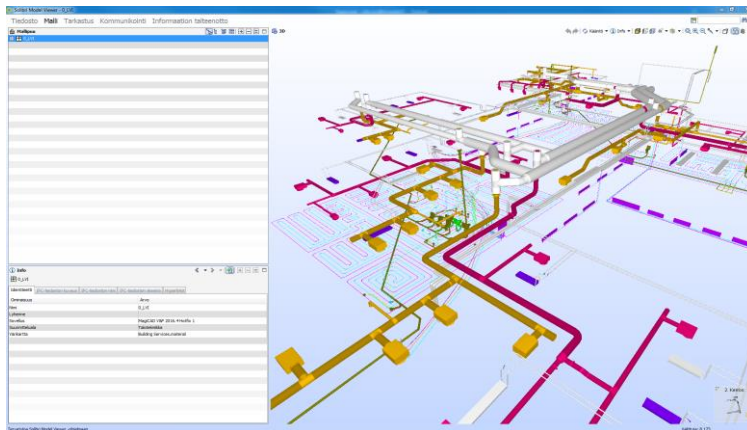
Ohjelmalla pystyy lisäämään tietomalliin viestejä esimerkiksi tehdyn törmäystarkastelun
jälkeen sellaisiin kohtiin, joissa törmäystarkastelussa on ilmennyt ongelmia. Viestejä pys-
tyy tietomalliin luomaan ilman törmäystarkasteluakin. Ongelmakohdista pystyy ottamaan

kuvakaappauksia, jota siirtyvät suoraan projektitiedoston kuva-albumiin. Kuvat ovat tarkasteltavissa kaikilla laitteilla, joilla kyseinen projektitiedosto on. Luotuun projektitiedostoon pystyy liittämään myös erillisiä dokumentteja, jolloin ne siirtyvät osaksi projektitiedostoa, ja ne ovat tarkasteltavissa tietomallissa. (Trimble Solutions Corporation, 2017.)

Solibri Oy on Helsingissä toimiva yritys (Itewiki, 2017.) Yritys tarjoaa ohjelmistoja tietomallien laadunvarmistukseen, tarkasteluun, analysointiin sekä suunnittelun koordinointiin. Solibri Oy:lla on markkinoilla kolme tietomallinnusohjelmistoa. Ne ovat Solibri Model Checker, Solibri Model Viewer ja Solibri IFC Optimizer (Solibri Oy, 2017.)

Solibri Model Checker tukee markkinoiden ainoana tietomallien käsittelyohjelmistona YTV2012 (yleiset tietomallivaatimukset 2012) asettamia vaatimuksia tietomallien tarkastamisessa. Ohjelmassa on kaikki samat ominaisuudet aiemmin mainitussa Tekla BIM-sight:ssa, mutta Solibri Model Checkerissä on lisäksi monia muitakin toimintoja, kuten mm. määrälaskenta, energia-analyysit ja suunnitelmien esteettömyysanalysointi (Solibri Oy, 2017.) Ohjelma on maksullinen.

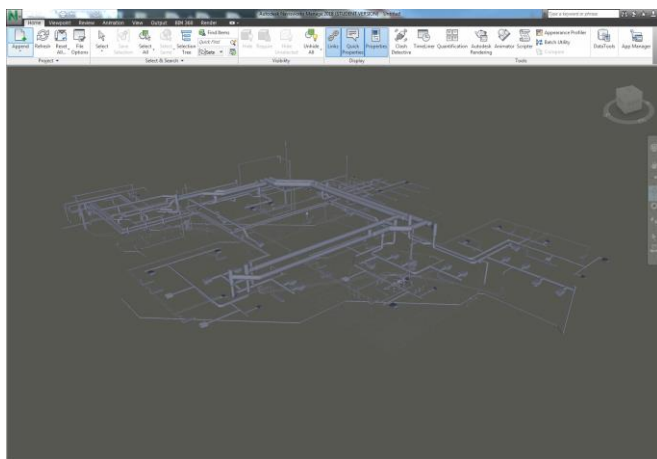
Solibri Model Viewer (kuva 4) on ilmainen IFC-tiedostojen katseluohjelma. IFC-tiedostojen lisäksi sillä voi katsella Solibri Model Checker -ohjelman tuottamia tiedostoja. Ohjelmalla voi katsella kaikkia avoimia IFC-malleja. Ohjelmalla ei pysty tekemään törmäystarkasteluja tai analyyskejä, se on tarkoitettu pelkästään tiedostojen katseluun (Solibri Oy, 2017.) Ohjelma onkin hyödyllinen esimerkiksi työmaakäytössä, jossa laadittuihin malleihin ei tarvitse tehdä mitään muutoksia, vaan niitä käytetään lähinnä apuna suunnitelmien toteuttamiseen.



KUVA 4. Solibri Model Viewer

Solibri IFC optimizer on tarkoitettu IFC-tiedostojen optimointiin. Sen käyttötarkoitus on luoda tuotetuista tietomalleista pienempiä, noin 5-10 % alkuperäisestä tiedostokoosta olevia malleja. Tämä optimointi ei vaikuta tietomallin sisältöön. Solibri IFC Optimizer on ilmainen ohjelma (Solibri Oy, 2017.)

Navisworks -ohjelmisto on Autodesk Inc:n tietomallinnusohjelmisto. Ohjelmistoon kuuluu Navisworks Manage (kuva 5) ja Navisworks Simulate -ohjelmat.



KUVA 5. Navisworks Manage

Navisworks on laaja projektintarkasteluohjelmisto, jota voi hyödyntää kaikki rakennushankkeen osapuolet. Ohjelmalla pystyy tekemään mm. törmäystarkasteluja, määrälaskentaa, yhdistelemään tietomalleja ja animoimaan erilaisien objektien vuorovaikutusta. Ohjelmistolla pystytään tekemään tietomallista aikataulusuunnitelmia ja määräluetteloita. Ohjelmisto on maksullinen.

Simplebim (kuva 6) on suomalaisen Datacubist Oy:n luoma IFC-tiedostojen hallintaohjelma (Datacubist Oy, 2017.) Ohjelman ideana on luoda helposti ymmärrettäviä tietomalleja käyttäjälle. Ohjelmassa kukin komponentti on kuvattu oikealla suomenkielisellä nimellä, toisin kuin useimmissa muissa markkinoilla olevissa ohjelmissa. Kun simplebim:ssä seinän nimi on seinä, on sen nimi muissa IFC-tarkasteluohjelmissa IfcWalls-
standardCase.Pset_WallCommon.Reference (Micro Aided Design Oy, 2017.)



KUVA 6. Simplebim (Micro Aided Design Oy, 2017)

Ohjelmalla pystyy tarkastamaan, onko tuotettu tietomalli soveltuva esimerkiksi energia-simulointiohjelmisoihin. Ohjelma myös havaitsee virheet jotka estävät todenmukaisen simuloinnin, ja ilmoittaa niistä käyttäjälle. Ohjelmalla pystyy myös tarkistamaan IFC-tiedostojen sisältävän tiedon luotettavuutta ja muokkaamaan tuotettua mallia omaan käyttötarkoitukseen sopivaksi (Micro Aided Design Oy, 2017.) Mallin muokkauksesta on hyötyä silloin, kun käsitellään suurikokoisia IFC-tiedostoja. Tällöin mallista voidaan poistaa kaikki epäolennainen tieto, joka ei palvele tietomallin käyttötarkoitusta. Esimerkiksi LVI-tietomallista voidaan poistaa rakennuksen ulkopuoliset- sekä joitain sisäpuolisia objekteja, mikä eivät liity millään tavalla taloteknisiin järjestelmiin. Näin saadaan IFC-mallin tiedostokokoa pienennettyä, jolloin mallin tarkastelu on sulavampaa pienitehoisemmalla-kin laitteella.

4 TALOTEKNINEN TIETOMALLISUUNNITTELU

Tietomalliin tehtävässä hankkeessa on perinteiseen suunnittelutapaan verrattuna entistä tärkeämpää, että jokainen hankkeen osapuolista hoitaa oman työnsä vaatimusten mukaan annetussa aikataulussa. Tietomallisuunnittelussa on niin paljon tietosisältöä, joka vaikuttaa jokaiseen hankkeen osapuoleen, että jos yksi ns. lenkki tästä ketjusta katkeaa, ei tietomallisuunnittelu ole enää toimivaa.

Taloteknisissä tietomalleissa ei saa olla järjestelmiin kuulumattomia komponentteja. Mikäli suunnittelussa käytetään apuna jotain liitettä suunnitelman pohjana, ei kyseinen liite saa olla esillä järjestelmäkohtaisessa tietomallissa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, 7.) Tällainen liite voisi olla esimerkiksi arkkitehtisuunnitelma tietomalliin pohjautuvassa tiedostomuodossa taloteknisten suunnitelmien pohjana, jolloin on mahdollista, että liitteenä olevien arkkitehtisuunnitelmien tietosisältöä siirtyy talotekniseen tietomalliin. Taloteknisten suunnittelijoiden työt painottuvat suurimmaksi osaksi rakennushankkeen yleissuunnittelu- ja toteutussuunnitteluvaiheisiin. Taloteknisten suunnittelijoiden täydellinen vaatimuslista mallinnettavista komponenteista, tietosisällöstä ja geometrian tarkkuustasosta näiden kahden rakennushankkeen vaiheen osalta suunnittelualakohtaisesti on esitetty Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, liitteessä 1.

4.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Tarveselvitys ja hankesuunnittelu tapahtuu taloteknisen suunnittelun osalta tietomallinnushankkeessa samoin kuin perinteisessäkin suunnittelussa. Näissä vaiheissa tulee toki ottaa esille tietomallinnukseen liittyviä asioita, mikäli niitä ilmenee, mutta näissä vaiheissa ei edellytetä tietomallinnukseen oleellisesti liittyvien suunnitelmien laatimista.

4.2 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa tulee varmistaa, että kaikilla suunnittelijoilla on sama origo ja koordinaatisto käytössä. Origin määrittäminen sekä muut projektiasetukset ovat syytä

tehdä heti alussa huolellisesti, sillä niiden muuttaminen jälkikäteen voi olla todella vaikeaa. Taloteknisten suunnittelijoiden pitää yleissuunnitteluvaiheessa tuottaa IFC-malli, jossa on sijoitettu järjestelmän osia tietomalliin. Näin todetaan origon ja koordinaatiston yhteneväisyys arkkitehdin projektiasetuksiin (LVI 03-10570, 2016, 4-5.)

LVI-suunnittelijan tehtävänä on varmistaa, että suunnitelmissa on varattu tarpeeksi tilaa tekniikan asentamiseen. Tässä käytetään apuna arkkitehdin luomaa tietomallia, johon yhdistellään muiden suunnittelijoiden tietomalleja. LVI-suunnittelijan tulee laatia omat suunnitelmansa käyttäen apuna dokumenttia Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4. Dokumentista löytyy yleissuunnitteluvaiheessa LVI-suunnittelijalle kuuluvat tehtävät, sekä niiden dokumentointitavat ja dokumenttien laajuus ja tietosisältö (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4, liite 1.)

Sähkösuunnittelijan tehtävänä yleissuunnitteluvaiheessa on määritellä kunkin tilan sähkö-, puhelin- ja tietoliikennejärjestelmät tilavarausten tasolla. Tässä käytetään apuna arkkitehdin luomaa tietomallia, johon yhdistellään muiden suunnittelijoiden tietomalleja. Sähkösuunnittelijan tulee laatia omat suunnitelmansa käyttäen apuna dokumenttia Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4. Dokumentista löytyy yleissuunnitteluvaiheessa sähkösuunnittelijalle kuuluvat tehtävät, sekä niiden dokumentointitavat ja dokumenttien laajuus ja tietosisältö (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4, liite 1.)

Yleissuunnitteluvaiheessa talotekniset suunnittelijat laativat tietomalliselostuksen (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, liite 3), jossa kerrotaan siihenastisen tietomallinnuksen valmiusaste ja sisältö tarvittavassa laajuudessaan. Tietomalliselostus laaditaan aina uuden tietomallin luomisen yhteydessä (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, 8.)

4.2.1 Tilavaraussuunnittelu

Tilavaraussuunnittelun tavoitteena on saada rakennuksen huoneiden lopullinen alakatto-korko selville, tai antaa vähintään arkkitehdille suuntaa-antavaa tietoa siitä, kuinka paljon tilaa talotekniikka alakatossa tarvitsee. Alakattojen lisäksi tilaa tulee varata taloteknisten järjestelmien reiteille rakennuksen hormeissa, sekä teknisessä tilassa oleville laitteille, kuten sähkökeskuksille, ilmanvaihtokoneille tai lämpöpumpuille. Suunnittelulla myös

minimoidaan muutostarve taloteknisten reittien osalta rakennushankkeen myöhemmässä vaiheessa.

Suosittelavaa on, että tilavarauksia ei heti piirretä 3D-koordinaatistoon, vaan kriittisistä paikoista tehdään 2D-leikkauspiirustukset. Leikkauspiirustuksista on helpompi määrittää, kuinka paljon tilaa talotekniset järjestelmät tarvitsevat. Kun 2D-leikkauspiirustukset on laadittu ja ne on todettu oikein tehdyksi, voidaan aloittaa mallintaminen valittuihin mallihuoneisiin ja -alueisiin (LVI 03-10570, 2016, 6-7.) Mallihuoneiden ja -alueiden suunnittelu tulee täyttää Yleiset tietomallivaatimukset 2012 asettamat vaatimukset (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, 17-18.)

Leikkauspiirustuksissa tulee olla esitettynä tavoiteltu alakattokorko, joka pyritään saavuttamaan. Suunnitelmissa tulee olla esitettynä kaikki alueen rakennustekniset komponentit, kuten erilaiset palkit ja pilarit. Talotekniset suunnittelijat esittävät leikkauksissa järjestelmien kannakointitavan kuten se toteutusvaiheessa tullaan asentamaan. Leikkauksissa tulee esittää myös piiloon asennettavat, huoltoa vaativat venttiilit sekä rakennusautomaatiolaitteet, jotta näille kohdille tiedetään suunnitella huoltoluukut (LVI 03-10570, 2016, 6.)

4.2.2 Edellytykset yleissuunnittelun onnistumiseksi

Jo yleissuunnitteluvaiheessa on tärkeää, että tuotetut tietomallit on luotu pääpiirteittäin niin, että niihin tulee enää toteutussuunnitteluvaiheessa hyvin vähän muutoksia. Tämä mahdollistaa tehokkaan suunnitteluprosessin, jossa ei jouduta tekemään turhaa työtä. Suunnittelijoiden tuleekin tehdä suunnitelmansa Yleiset tietomallivaatimukset 2012 suunnittelualakohtaiseen vaatimustasoon. Taloteknisille suunnittelijoille on annettava tieto siitä, milloin rakennesuunnittelijan sekä arkkitehdin laatimassa tietomallissa on riittävän tarkka geometrinen tieto suunnitelmien teon aloittamiseksi. Rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin suunnitelmien tulee vastata geometrialtaan toisiaan (LVI 03-10570, 2016, 16.)

4.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennuksesta tehdään täydelliset järjestelmämallit taloteknisten järjestelmien osalta. Toteutussuunnitteluvaiheessa talotekniset suunnittelijat laativat tietomalliselostuksen (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, liite 3), jossa kerrotaan siihenastisen tietomallinnuksen valmiusaste ja sisältö tarvittavassa laajuudessaan. Tietomalliselostus laaditaan aina uuden tietomallin luomisen yhteydessä (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, 8.) Tietomalliselostuksessa tulee mainita myös siihenastisten suunnitelmien sisältö myös niiltä osin, mitä ei ole mallinnettu kuviin, esimerkiksi lämmönjakokeskuksen varusteet ja sekoitusryhmät. Luotujen tietomallien pitää olla järjestelmäkohtaisia, eikä tietomallissa saa esiintyä muiden järjestelmien komponentteja. Toteutussuunnitteluvaiheessa eri suunnittelualojen välisiä tietomalleja tulee jakaa tiheämmin kuin aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa, sillä suunnitelmat tehdään tässä vaiheessa urakkatarjouspyyntöjen vaatimaan tarkkuustasoon. Tietomallien tallennus- ja jakamisvälin on suositeltavaa olla noin yksi viikko (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1, 17-18.)

Taloteknisten suunnittelijoiden tuottama tietomalli tulee sopia mittatarkasti arkkitehdin tuottamaan tietomalliin. Toteutussuunnitteluvaiheen tehtävät keskittyvät vahvasti järjestelmämallin tuottamiseen. Suunnittelijoiden tulee laatia omat suunnitelmansa käyttäen apuna dokumenttia Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4. Dokumentista löytyy yleissuunnitteluvaiheessa taloteknisille suunnittelijoille kuuluvat tehtävät, sekä niiden dokumentointitavat ja dokumenttien laajuus ja tietosisältö (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4, liite 1.) Tuotetusta tietomallista tulee laatia myös tietomallin tarkastusraportti, jolla annetaan vakuus siitä, että tietomalli on laadittu asetettujen vaatimusten mukaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, liite 4.)

4.3.1 Talotekninen alakattosuunnittelu

Alakattosuunnittelun tavoitteena on saada alakattoon tulevat talotekniset komponentit mallinnettua todellisuutta vastaavaan sijaintiinsa. Alakattoon asennetaan paljon talotekniikkaa, joten alakattosuunnittelussa on olennaista, että kaikki komponentit saadaan sijoiteltua niin, etteivät ne ole päällekkäin keskenään.

Talotekniset suunnittelijat tarvitsevat alakattosuunnittelua varten arkkitehdiltä alakaton 2D-piirustuksen, jossa näkyy mahdollinen alakaton ruutujako, sekä tietomallin, jotta komponenttien sijoituspaikat voidaan tarkastaa tietomallissa. Piirustuksissa tulee olla esitetty taloteknisten komponenttien sijoituspisteet. Näiden dokumenttien pohjalta laaditaan luonnokset todellisista komponenttien sijoituspaikoista, jotka arkkitehti hyväksyy tai ehdottaa vaihtoehtoista sijoituspaikkaa. Kun luonnokset on hyväksytty, voidaan talotekniset komponentit mallintaa alakattoon koko laajuudessaan (LVI 03-10570, 2016, 8-9.)

4.3.2 Reikävaraukset

Reikävaraussuunnittelun tarkoitus toteutussuunnitteluvaiheessa on saada toimitettua rakennesuunnittelijalle tieto siitä, mihin rakenteisiin on tarve tehdä reikiä taloteknisten järjestelmien asentamiseksi. Tuotettujen reikävarausehdotusten perusteella rakennesuunnittelija joko hyväksyy tai hylkää ehdotetun reikävarauksen omien laskelmiensa perusteella. Kuvassa 7 on esitetty reikävaraussuunnittelun prosessikuvaus taloteknisen reikävaraussuunnittelun osalta (LVI 03-10570, 2016, 11.)



KUVA 7. Reikävaraussuunnittelun prosessikuvaus (LVI 03-10570, 2016, 11)

Reikävaraussuunnittelun aloittamiseksi pidetään reikävaraussuunnitteluun osallistuvien tahojen kesken aloituskokous, jossa rakennesuunnittelija esittelee kohteen rakenteelliset tiedot niin, että kaikkien tietoon tulee esim. rakenteiden suojaetäisyydet (LVI 03-10570, 2016, 10.)

Talotekniset suunnittelijat vastaavat siitä, että laadituissa reikävarausehdotuksissa on rakennesuunnittelijan vaatima tietosisältö kuten reiän mitat, absoluuttinen korkoasema ja urakoitsijatieto (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, liite 1.) Suunnittelijat huoleh-

tivat siitä, että reikävarausehdotuksien reiät ovat oikean kokoisia, sillä jos kokotietoa joudutaan myöhemmin muuttamaan, voi olla, että reiän paikkaa suunnitelmissa joudutaan siirtämään. Elementtien roilouksia ja muita kolouksia, esimerkiksi sähkösuunnittelijan tekemiä jako- ja kytkentärasioiden vaatimia asennustiloja ei reikävarauspiirustuksissa tarvitse esittää (LVI 03-10570, 2016, 10-13.) Reikävaraus suunnittelun lopputuloksen talotekniset suunnittelijat toimittavat rakennesuunnittelijalle IFC-tiedoston, joka sisältää talotekniset reikävarausobjektit. Rakennesuunnittelija liittää tiedoston omaan tietomallisuunnitelmaansa, ja kommentoi ehdotettuja reikävarauksia. Prosessia jatketaan niin kauan, että kaikki reikävarausehdotukset ovat hyväksytyjä. Tämän jälkeen rakennesuunnittelija päivittää omaan tietomalliinsa rakenteisiin tulevat reiät (kuva 7.)

4.4 Rakentaminen

Suunnittelijoiden tuottamia tietomalleja käytetään työmaan aikana mm. määrälaskentaan, alihankintatarjouspyyntöjen aineistona, rakentamisen aikataulutukseen, taloteknisten järjestelmien asennuskatselmuksiin ja erilaisiin asennusteknisiin suunnitelmiin. Tietomallien tulee vastata hankkeen rakennusvaiheessa toteutuvaa asennustapaa. Tietomallia päivitetään rakentamisen aikana toteutuneiden asennusten perusteella. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1, 19.)

4.5 Käyttöönotto, takuu-aika ja ylläpito

Käyttöönottovaiheessa rakennuksesta tulee tuottaa toteumamalli, mikäli sopimus sen laatimisen määrittää. Toteumamalli on tietomalli, jossa järjestelmät on piirretty vastaamaan niiden todellista asennustapaa ja -reittejä. Toteumamallia käytetään osana rakennuksen huoltokirjaa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1, 20.) Toteumamallin tekemisestä vastaavat kaikki suunnittelijat yhdessä. Rakennuksen valmistuttua tietomallikoordinaattori ja tilaajan edustaja tarkastavat toteumamallin paikkansapitävyyden.

Tietomallin käyttö osana huoltokirjaa voidaan toteuttaa esimerkiksi siten, että tietomallin komponentit on kytketty automaatiojärjestelmään, ja mahdolliset viat sekä hälytykset paikantuvat tietomalliin, joten niiden löytäminen rakennuksen sisällä on helpompaa.

5 VIRTUAALITODELLISUUS OSANA TIETOMALLISUUNNITTELUA

5.1 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen on kasvanut 2010-luvulla räjähdysmäisesti, mutta virtuaalitodellisuuden alkuperä ulottuu jo 1930-luvulle. Ensimmäiset virtuaalitodellisuutta mukailevat laitteet ilmestyivät kuitenkin vasta 1950-luvulla. Ne olivat Yhdysvaltalaisen Morton Heiligin (1926 - 1997) kehittelemiä koppeja (kuva 8), joista pystyi katsomaan kolmiulotteisia elokuvia. Elokuvaa katsoessa kopin tuoli tärisi, ja koppiin tuli erilaisia hajuja tai tuulettimet rupesivat puhaltamaan (VRS, 2017.)



KUVA 8. Sensorama (VRS, 2017)

Morton Heilig oli elokuvaaja, ja hän teki itse kuusi elokuvaa katsottavaksi kehittämällään Sensorama -katselulaitteella (VRS, 2017.)

Virtuaalitodellisuuden perusidea on, että käyttäjä saadaan uskomaan, että hän on virtuaalisessa maailmassa, vaikka hän todellisuudessa on esimerkiksi omassa kodissaan. Tekniikan kehitys on saanut aikaan sen, että käyttäjä pystyy kävelemään todellisuudessa omassa olohuoneessaan ja sama liike siirtyy virtuaalimaailmaan. Tekniikan kehitys on mahdollistanut myös pään liikkeen seurannan, joten sijainnin tunnistuksen ja pään liikeseurannan ansiosta virtuaalitodellisuus kykenee antamaan käyttäjälle hyvin realistisen tunteisen kokemuksen erilaisissa virtuaaliympäristöissä.

VR-lasien nimi tulee englannin kielen sanoista Virtual Reality. Lasit luovat käyttäjän näkökenttään kolmiulotteisen kuvan niin, että kumpikin silmä näkee eri kuvan kuin toinen silmä. Tämä saa aikaan todentuntuisen efektin katseltavasta kuvasta. Lasit tunnistavat pään liikkeitä sekä käyttäjän sijaintitiedon järjestelmässä olevien sensoreiden ja kameroiden (kuva 9) avulla. Tämä mahdollistaa katselunäkymän ohjaamisen virtuaalimaailmassa päätä kääntelemällä tai kävelemällä paikasta toiseen.



KUVA 9. VR-lasit, ohjaimet ja kamerat (HTC Vive, 2017)

Käyttäjä voi liikkua virtuaaliympäristössä myös käyttämällä virtuaalilasien omia ohjaimia (kuva 9), tai vaihtoehtoisia ohjaimia kuten pelikonsoliohjain tai tietokoneen näppäimistö (HTC Vive, 2017.)

AR-lasien nimi tulee englannin kielen sanoista Augmented Reality, eli lisätty todellisuus (kuva 10.) Lasien toiminta perustuu siihen, että lasien sisällä on pienikokoinen tietokone, joka tuottaa käyttäjän näkökenttään hologrammin tarkasteltavasta objektista. AR-lasien kaksi pikaprojektoraa tuottavat hologrammin lasien linsseihin, mikä luo illuusion siitä, että hologrammi sijaitsee esimerkiksi pöydällä. AR-lasien linssit ovat läpinäkyvät toisin kuin VR-laseissa. Lasit siis sijoittavat hologrammin käyttäjän näkökenttään todellisessa maailmassa (Laitila, 2017.)



KUVA 10. Moverio BT-300 AR-lasit (Epson, 2017)

AR-laseissa on VR-laseihin verrattuna kapea katselukenttä. Kuva myös häviää katsetta kääntäessä. AR-lasien täytyy hahmottaa käyttäjän näkökentässä oleva ympäristö kolmiulotteisesti. Tämä on hoidettu sisällyttämällä silmikkoon kameroita, jotka kartoittavat ympäröivää tilaa ja tunnistavat käyttäjän liikkeitä (Laitila, 2017.)

CAVE-teknologia (Computer Aided Virtual Environment) antaa käyttäjälle mahdollisuuden nähdä luomansa suunnitelman 3D-mallina ympärillään. CAVE-tila on tila, jossa käyttäjän ympärillä on suuria näyttöpintoja, kuten valkokankaita, ja näille pinnoille heijastetaan tietokoneella luotu kolmiulotteinen keinotodellisuus (kuva 11.)



KUVA 11. CAVE-tila (IGI, 2016)

Jotta käyttäjä saa CAVE-tilasta kaiken hyödyn irti, tulee käyttäjällä olla päässään stereolasit ja paikannuslaite. Tämä luo syvyysvaikutelman tilassa, ja paikannuslaite huolehtii siitä, että kuva näkyy käyttäjälle joka puolella niin kuin sen on suunniteltu näkyvän (Hellman, 2017.)

CAVE-tekniikan etu VR- ja AR-laseihin on se, että tilassa pystyy olemaan useampi käyttäjä samaan aikaan. Haittapuolia CAVE-tekniikassa on sen vaatima suuri tila ja suuret investointikustannukset. CAVE-tilan voi toteuttaa myös pienemmässä mittakaavassa esimerkiksi kolmella tietokoneen näytöllä. Tämä laskee investointikustannuksia huomattavasti, mutta ei anna niin todentuntuista kokemusta käyttäjälle, kuin varsinainen CAVE-tila pystyy tarjoamaan.

Lisätty todellisuus on tullut käytettäväksi myös mobiililaitteille, kuten tableteille ja älypuhelimille. Esimerkiksi kirjastot hyödyntävät lisättyä todellisuutta mobiililaitteilla. Asiakas voi saada laitteellaan lisätietoa kirjan sisällöstä ottamatta sitä hyllystä, tai kirjastonhoitaja pystyy lajittelemaan kirjat oikeille paikoilleen käyttäen hyväksi lisättyä todellisuutta. Uusien kirjojen sivuilla oleviin kuviin on lisätty mahdollisuus tarkastella kuvia lisätyn todellisuuden avulla ja saada kuvista lisätietoa. Myös monet museot hyödyntävät lisättyä todellisuutta mobiililaitteille (Tampereen Yliopisto, 2014.) IKEA on luonut mobiililaitteille sovelluksen, jolla pystyy tarkastelemaan tuotteita omassa kodissa älypuhelimien tai tabletin läpi skannaamalla kuvastosta löytyvän koodin, jolloin tuote ilmestyy kuvaston päälle esimerkiksi olohuoneen lattialle (kuva 12.)



KUVA 12. Lisätyn todellisuuden hyödyntäminen mobiililaitteella (Premode, 2017)

5.2 Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen suunnittelussa

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen taloteknisessä suunnittelussa nykypäivänä tarkoittaa sitä, että tuotettuja suunnitelmia pystytään visualisoimaan niin, että esimerkiksi arkkitehti pystyy näkemään, mitä taloteknisiä järjestelmiä ja laitteita tulee rakennukseen jäämään näkyville, ja pystyy reagoimaan tähän rakennushankkeen aikaisessa vaiheessa.

Markkinoilla on jo monia ohjelmia, jotka antavat mahdollisuuden tarkastella tuotettuja suunnitelmia virtuaalimaailmassa.

Yleisimmin virtuaalitodellisuutta hyödynnetään katselemalla suunnitelmia VR-laseilla, mutta myös CAVE-tilojen käyttö rakennushankkeen aikana on lisääntynyt. CAVE-tekniikan kova hinta tosin rajoittaa järjestelmien yleistymistä varsinkin pienemmissä yrityksissä.

Kaksi yleisintä tapaa tuottaa suunnitelma tarkasteltavaksi virtuaalimaailmaan on käyttää rakennushankkeessa Revit -pohjaista suunnitteluohjelmaa, tai renderöidä tuotettu yhdistelmämalli (IFC-tiedosto) omalla ohjelmallaan, jolloin yhdistelmämalli on tarkasteltavissa virtuaalimaailmassa. Autodesk Inc on luonut Revit -ohjelmistoon sisäänrakennetun mahdollisuuden käyttää virtuaalitodellisuutta VR-laseilla (kuva 13.)



KUVA 13. VR-lasien käyttöä Revit-ohjelmassa (Autodesk Inc, 2017)

Mikäli käyttää suunnittelussa AutoCAD -pohjaista ohjelmistoa, helpoin tapa saada suunnitelmansa siirrettyä virtuaaliympäristöön, on renderöidä yhdistelmämalli siihen tarkoitettulla ohjelmalla. Renderöinti on tapa muuttaa mallin ulko- ja sisätilan visuaalisia olosuhteita luoden näin mahdollisuuden tarkastella mallia eri vuorokauden- tai vuoden-aikoina (kuva 14.)



KUVA 14. Renderöidyn mallin tarkastelua VR-laseilla (RENDERLlights, 2017)

IFC-malleista luotuja virtuaalimalleja pystyy tarkastelemaan muutenkin kuin VR-laseilla. Tarkasteluun käy tietokoneen näyttö, mobiililaitteelle tehty 360-animaatio tai 3D-televisio. Mallia pystyy tarkastelemaan myös puolipallokupolista, joka on hyvin samankaltainen esitystapa kuin CAVE-tila (Micro Aided Design, 2017.)

5.3 Virtuaali- ja lisätty todellisuus osana yritystä

Vaikka virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus ovat olleet hyödynnettävissä jo jonkin aikaa, on niiden käyttö rakentamisbisneksessä vasta hyvin alkutekijöissään. Peliteollisuus on ollut virtuaalitodellisuuden edelläkävijä, mutta nyt muutaman vuoden hypetyksen jälkeen virtuaalitodellisuuden suosio pelikäytössä on laskenut pääosin VR-lasien kalliin hinnan sekä huonon resoluution vuoksi.

Virtuaalitodellisuudella ja lisättyllä todellisuudella on suurempi markkina-alue teollisuudessa kuin pelikäytössä. Tuotteiden ongelma on tähän asti ollut huono resoluutio, mikä rajoittaa niiden käyttöä teknologian tarpeisiin. Laitteiden kehittyessä lisää, ne tulevat olemaan keskeinen osa yrityksen toimintaa varsinkin tekniikan alalla.

Yritys saa virtuaali- ja lisätyn todellisuuden käyttämisestä imagollista hyötyä, sillä se viestittää asiakkailleen, että yritys haluaa olla edelläkävijä tekniikan alan uudistuksissa. Markkinointi liittyy vahvasti maksimaalisen imagollisen hyödyn saavuttamiseen. Mikäli virtuaalitodellisuutta hyödynnetään esimerkiksi referenssikohteen esittelyssä potentiaaliselle asiakkaalle, hän muistaa yrityksen ja sen markkinoiman palvelun tai tuotteen paljon paremmin kuin vastaavan palvelun, jonka markkinoinnissa käytetään perinteisiä keinoja.

Elämyksen tuottaminen asiakkaalle virtuaali- tai lisätyn todellisuuden kautta on varma tapa vaikuttaa positiivisesti asiakkaan hankintapäätökseen.

Virtuaalitodellisuutta sekä lisättyä todellisuutta voidaan käyttää myös apuna suunnittelussa, sillä esimerkiksi putkireittejä mietittäessä on suunnittelijalle havainnollistavampaa seistä ”valmiissa” rakennuksessa tarkastelemassa vaihtoehtoisia reittejä, kuin tutkia rakennuksen tasokuvia tai 3D-mallia.

Virtuaalilaseilla pystytään simuloimaan esimerkiksi hätätilanteita rakennuksen sisällä käyttäjän näkökulmasta. Mikäli rakennuksessa sattuisi tulipalo, voidaan ohjelmilla simuloida kerääntyvän savun määrää, ja poistumisreittien toimivuutta tulipalotilanteissa. Myös sprinklereiden käyttöä pystytään simuloimaan. Yritys pystyy siis halutessaan laajentamaan suunnitteluyrityksestä yritykseksi, joka tarjoaa palveluinaan myös rakennuksen käytön simuloimista eri tilanteissa. Erityisesti suurien rakennusten, kuten sairaaloiden ja kauppakeskusten toimivuutta hätätilanteissa olisi tärkeää saada tutkittua turvallisuuden ja toimivuuden parantamiseksi.

6 TIETOMALLINNUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO YRITYKSESSÄ

Listassa käsitellään asioita tietomallisuunnittelun aloittamisen suunnittelusta aina tietomallinnuksen kehittämiseen yrityksen sisällä. Esitetyillä huomioilla pääsee alkuun tietomallisuunnittelun käyttöönoton aloituksessa, mutta niihin ei voi luottaa sokeasti, vaan käyttöönoton aloitusta tulee ohjata kunkin yrityksen tarpeen mukaisesti

1. Tutustu tietomallisuunnitteluun

Tietomallinnus on muutakin kuin pelkkien 3D-mallien piirtämistä, joten on hyvä tutustua perinpohjaisesti tietomallisuunnittelun vaatimuksiin ja yleisiin käytänteisiin ennen investointipäätösten tekoa. Tarvittaessa kannattaa myös ottaa ulkopuolinen luennoitsija, joka voi informoida yrityksen koosta riippuen joko vain tiettyä ryhmää, tai koko yritystä tietomallisuunnittelusta.

2. Luo suunnitelma

Kun yrityksessä päätetään siirtyä tietomallisuunnitteluun ja alun askelmerkit alkavat hahmottua, on hyvä laatia kirjallinen suunnitelma siitä, miten tietomallisuunnitteluun on ajateltu siirtyä. Tässä tulee miettiä sitä, että onko tarkoituksenmukaista kouluttaa koko yrityksen henkilöstö tietomallisuunnitteluun, vai kannattaisiko valita yrityksen koosta riippuen muutama henkilö, jotka voisivat johtaa tietomallisuunnitteluprojekteissa omia suunnitteluryhmiään. Koulutettaviksi henkilöiksi kannattaakin valita suunnittelijoita, joilla on jo kokemusta tietomallinnuksesta, ja jotka pystyvät siirtämään kokemuksensa suunnitteluryhmässä rakentavasti ryhmän muille jäsenille.

3. Hanki oikeat ohjelmistot ja laitteet

Tietomallisuunnittelu vaatii sellaiset suunnitteluohjelmat, jotka pystyvät tuottamaan IFC-tiedostoja. Näitä ovat käytännössä lähes kaikki markkinoilla olevat talotekniset suunnitteluohjelmat. Suunnitteluohjelmien lisäksi tulee hankkia IFC-tiedostojen tarkasteluohjelma. Ohjelman hankinta määräytyy yrityksen tarpeen mukaan. Hankinnoissa kannattaa käyttää konsultin apua, mikäli tuntuu siltä, että ei ole varma siitä, minkälaisia ohjelmistoja yritys tarvitsee. Tällä säästää usein paljon rahaa, sillä ei tule turhia investointeja ja yrityksessä säästyy aikaa. Tieto-

mallisuunnittelu vaatii myös laitteistolta enemmän tehoa kuin perinteinen suunnittelu, joten kannattaa tutkia, olisiko syytä investoida esim. uusiin tietokoneisiin. Tietomallisuunnittelun kannalta erittäin käytännöllistä on kahdella näytöllä suunnittelu. Tuplanäyttöihin investointi ei ole suuri menoerä yritykselle, ja siitä saatava hyöty suunnitelmien tekemisen jouhevuudessa on huomattava.

4. Sisäinen markkinointi

Tuo yrityksen työntekijöille tiedoksi, että yritys on siirtymässä tietomallisuunnitteluun. Työntekijöitä on hyvä informoida siitä, miten ja miksi tietomallisuunnittelu otetaan käyttöön yrityksessä. Kun informaatio on avointa, ei työntekijöiden keskuudessa synny epäluuloja eikä epätietoisuutta yrityksen tavoitteista asian suhteen. Tämä edesauttaa positiivisen kuvan luomista tietomallinnuksesta, jolloin työntekijöiden innostus asiaa kohtaan on suurempaa. Tässä vaiheessa onkin tärkeää innostaa työntekijöitä tietomallisuunnittelusta, ja juurruttaa ”intohimo” tietomallien tekemiseen. IFC-mallien teko on hyvä keino tähän, sillä perinteisissä suunnittelutavoissa suunnittelija harvoin näkee suunnitelmiansa lopputuotosta, mutta tietomallisuunnittelussa IFC-mallista suunnitelmien tarkastelu jo aikaisessa vaiheessa on hyvin palkitsevaa. Kun taloteknisen IFC-mallin saa sovitettua arkkitehdin malliin, ja malliin piirtyvä tietosisältö sijoittuu oikein, tästä tuleva onnistumisen tunne ja ylpeys omaa työtä kohtaan kasvattavat motivaatiota tehdä suunnitelmat tietomallisuunnittelun vaatimalla tarkkuudella.

5. Pilottihanke

Kun päätös tietomallisuunnittelun aloittamisesta on tehty, kannattaa ensimmäinen projekti aloittaa mahdollisimman pian. Mikäli aloittamista jätetään odottelemaan, on mahdollista, että motivaatio tietomallisuunnittelua kohtaan laskee ja opitut asiat unohtuvat nopeasti. Suositeltavaa on, että ensimmäinen tietomallisuunnitteluhanke olisi keskikokoinen hanke, jossa on osallisena yrityksiä, joilla on jo kokemusta tietomallisuunnittelusta. Kovin pientä projektia ei kannata suunnitella tietomalliin, sillä siinä voi helposti tehdä tappiota suunnittelutuntien määrän kasvaessa kovin suureksi. Kun hankkeessa on osallisena kokeneempia tietomallisuunnittelijoita, ohjaavat he suunnittelua oikeaan suuntaan, ja he osaavat vaatia oikeita asioita projektin loppuun saattamiseksi.

6. Yhteistyö

Ensimmäisen tietomallisuunnitteluhankkeen alkaessa kannattaa pitää tiiviisti yhteyttä hankkeen muihin osapuoliin varsinkin, jos on pienintäkään epätietoisuutta tietomallinnukseen liittyvistä asioista. Tietomallisuunnittelussa rakennushankkeen onnistunut läpivieminen vaatii oikeanlaista tietomallinnussuunnittelua hankkeen kaikilta osapuolilta, joten jos yksi suunnitteluryhmä epäonnistuu, ei tietomallisuunnittelu täytä sille asetettuja vaatimuksia. Perinteiseen suunnitteluun verrattuna tietomallisuunnittelun avoimuus ja tiedonjaon parantuminen edesauttavat eri suunnittelualojen välistä yhteistyötä. Tietoa pitää siis jakaa muille hankkeen osapuolille, mutta sitä pitää myös osata vaatia muilta osapuolilta siinä määrin, mitä omien suunnitelmien tekeminen vaatii.

7. Rohkaise työntekijöitä

Rohkaise työntekijöitä tietomallisuunnitteluprojekteissa ottamaan vastuuta ja laatimaan suunnitelmat parhaaksi näkemällään tavalla. Tietomallisuunnittelu ei peruseriaatteeltaan juurikaan eroa perinteisestä suunnittelusta, joten se on nopeaa omaksua. Kun tietomallisuunnittelu on ajettu sisään yritykseen, olisi suotavaa palkita työntekijät tietomallisuunnittelun sisäistämisestä. Tämä nostaa motivaatiota tietomallinnusta kohtaan ja nostaa työilmapiirin laatua.

8. Kouluta kysynnän mukaan

Työntekijöitä kouluttaessa kannattaa valita, mitä kaikkea koulutuksia valitsee. Liian vähäinen koulutus on pahasta, mutta liiallinen koulutuskaan ei välttämättä palvele yrityksen etuja. Tietomallisuunnittelusta kannattaakin valita työntekijöille sellainen koulutus, jossa käsitellään tietomallisuunnitteluun liittyvät alakohtaiset perusasiat ja jonkin verran sovelluksia, että osataan toimia ongelmatilanteissa. Liiallinen koulutus mm. eri ohjelmien käytöstä johtaa siihen, että eri toiminnot on helppo sekoittaa keskenään, ja koulutuksen laatu kärsii. Älä siis kouluta työntekijöitä tarpeettomasti. Mikäli lisäkoulutukselle ilmenee tarvetta, on sitä suotavaa järjestää.

9. Verkostoidu

Verkostoidu muiden tietomallinnusta hyödyntävien yritysten kanssa. Vaikka tietomallisuunnittelu on ollut käytössä jo jonkin aikaa, on se silti rakennusalalla

melko uusi asia. Yritykset jakavat tietoa omasta toiminnastaan tietomallisuunnittelun suhteen avoimesti, joten kannattaa tutkia, miten toiset yritykset ovat asiansa hoitaneet. Vastavuoroisesti kannattaa jakaa omia kokemuksiaan tietomallisuunnittelusta ja keskustella eri vaihtoehtoista tietomallinnuksen hyödyntämisessä. Verkostoituminen avaa uusia väyliä kehittää yritystä ja saada uusia ideoita tietomallisuunnitteluun ja muuhun yrityksen toimintaan liittyen.

10. Uudistu

Rakennusalan digitalisaatio on kovassa nosteessa, ja suunnittelumenetelmät uudistuvat jatkuvasti. On syytä pysyä mukana näissä uudistuksissa, sillä lähivuosina muutos tulee olemaan niin suurta, että osa toimijoista ei pysy uudistuksissa mukana. Tässä onkin hyvä mahdollisuus kasvattaa yritystä olemalla innovatiivinen ja olemalla ensimmäisten joukossa hyödyntämässä uutta tekniikkaa alan markkinoilla. Tekoälyn kehittyessä varsinkin suunnitteluohjelmat tulevat muuttumaan, jolloin suunnittelun nopeus tulee kasvamaan ja suunnittelukustannukset laskemaan.

Tietomallisuunnitteluun siirtyessä kannattaa pohtia, mitä hyötyä se yritykselle tuottaa. Tietomallinnusta ei ole syytä aloittaa, jos kohteet ovat sellaisia, joissa ei saavuteta minkäänlaista hyötyä tietomallisuunnittelulla. Tietomallisuunnittelun kannattavuudesta kannattaakin tehdä laskelmia, jotta yrityksessä vältytään resursien tuhlaamiselta. Tässäkin on tarvittaessa hyvä käyttää konsulttitoimintaa apuna. Kannattaa käydä läpi myös tietomallisuunnitteluun liittyvät sopimusasiat, sillä ne poikkeavat joiltain osin perinteisessä suunnittelussa laadittavista dokumenteista.

Tietomallisuunnittelun aloittamisen haasteita tutkiessa haastateltiin työntekijöitä, jotka ovat mukana juuri aloitetussa ensimmäisessä tietomallinnusprojektissa. Mukana on myös omia huomioita ja kokemuksia tietomallisuunnittelun aloittamisesta. Kokemukset on kirjattu ylös, jotta niitä voitaisiin hyödyntää pohdittaessa tietomallinnuksen käyttöönottoa.

- Toisin kun perinteisessä suunnittelussa, tietomallisuunnittelussa ei pysty suunnitelmia laatiessa ”oikomaan” yhtään. Esimerkiksi putkireittien tulee kulkea todel-

lisuutta vastaavassa korkeudessa. Perinteisessä suunnittelussa korkeuden tarkkuudeksi riitti oikea viivatyyppe. Tämä johtaa myös järjestelmien reittien aiempaa tarkempaan tarkasteluun. Reittitarkastelu havaittiin helpoimmaksi hoitaa viitekuvien suunnitteluohjelmassa, ja tarkempi reittitarkastelu IFC-mallissa.

- Perinteisessä suunnittelussa eristesarjojen tyypit ilmoitettiin vain työselityksessä, mutta tietomallisuunnitteluprojektissa eristeet tulee mallintaa oikeille paikoilleen. Tästä johtuen joitain eristesarjoja on jouduttu luomaan projektiasetuksiin, jotta suunnitelmiin saadaan oikeanlaiset eristeet. Myös eristepaksuuksien huomiointi suunnitelmia tehdessä on tarkempaa tilantarpeen kannalta.
- Projektiasetuksiin on jouduttu lisäämään kaluste- ja laitekantaa, mitä ei ole tarvinnut aiemmissa suunnitteluprojekteissa tehdä. Johtuen osin laitetoimittajien rajallisesta objektitietokannasta, tämä oli melko suuritöinen asia projektia aloitettaessa.
- Reikäkuvien laatiminen on erilaista kuin perinteisessä suunnitteluprojektissa. Reikäpiirustusten tekeminen IFC-tiedostomuotoon on uutta myös hankkeen muille osapuolille.
- Suunnitelmien tarkkuustason vaatimukset on hyvä saattaa kaikkien suunnittelu-ryhmien tietoon heti hankkeen alussa, sillä muuten voi olla epätietoisuutta siitä, kuinka tarkasti suunnitelmat tulee mallintaa. Epätietoisuus vaatimuksista johtaa myös siihen, että suunnittelussa tulee tehtyä työtä, mitä ei ole tilattu. Tällainen hyväntekeväisyys ei ole taloudellisesti kannattavaa.
- Tietotekninen tietämättömyys tietomallinnuksesta on osoittautunut ongelmaksi joissain projektin vaiheissa. Tästä on usein kuitenkin selvitty kokeilemalla erilaisia vaihtoehtoja.
- Suunnittelutyötä helpottaisi, jos kaikki hankkeen suunnittelijat työskentelisivät samassa tilassa. Hajautettu suunnittelu luo katkoksia informaation kulkuun sekä sen laatu kärsii.

7 POHDINTA

Tietomallisuunnittelu on tullut nykyään osaksi pienempienkin suunnittelutoimistojen rutiinia, toisin kuin virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen. Mikäli siirrytään ajassa kymmenen vuotta taaksepäin, ei tietomallinnuksesta ollut puhettakaan pienemmissä yrityksissä. Tekniikan yhä kehittyessä voidaan siis olettaa, että virtuaalitodellisuudesta tulee keskeinen osa pienienkin suunnittelutoimistojen projekteissa. VR- ja AR-lasien ja ohjelmistojen hinta tulee tippumaan entisestään tekniikan kehittyessä ja jo parin vuoden päästä nykyiset järjestelmät tulevat olemaan vanhentunutta tekniikkaa, sillä virtuaalitekniikan ala on niin kovassa kehityksessä. Tulevaisuudessa suunnittelija tulee viettämään suuren osan työpäivästään VR-lasit päässä, tai tehden suunnitelmia CAVE-tilassa. Tekoälyn kehittyessä myös suunnittelijan työmäärä tulee pienemään, ja tietokone tekee itse suunnittelijalle ehdotuksia parhaista järjestelmäreiteistä ja mitoituksista. Suunnittelijan työnä onkin vain tarkastaa nämä ehdotukset ja hyväksyä ne. Tämä vaatii kuitenkin vielä tekoälyn kehittämistä jonkin verran.

Vaikka tietomallisuunnitteluun kuuluu enemmän resursseja verrattuna perinteiseen 2D-suunnitteluun, on tietomallisuunnittelu kannattavaa jo mahdollisten virheiden välttämiseksi, mutta myös yrityksen imagolle tekee hyvää, mikäli yritys pysyy mukana tekniikan kehityksessä ja haluaa aktiivisesti kehittää omaa toimintaansa entistä tehokkaammaksi ja uudistua tekniikan kehityksen myötä. Perinteistä suunnittelua ei vielä voida unohtaa, sillä muutos virtuaalisempaan suunnitteluun on hidasta, vaikka tekniikka kehittyikin suurin harppauksin, sillä rakennusalalla vallitsevat ennakkoluulot ja yleiset käsitykset jarruttavat digitalisaation rantautumista rakennusalalle.

Mikäli tietomallihankkeella pystytään vähentämään rakennushankkeen kustannuksia edes kymmenesosalla, voidaan tietomallinnus nähdä kannattavaksi jo noin 2 milj. € rakennushankkeissa. Pienempiin hankkeisiin ei suunnittelumäärän ja -kustannusten kasvamisen takia ole suotavaa hyödyntää tietomallisuunnittelua ainakaan koko kapasiteetillaan. Myöhemmin tietomallipohjaisella rakentamisella tullaan saavuttamaan vielä suuremmat säästöt, mutta se vaatii uudistumista työtavoissa ja asenteissa niin suunnittelu- kuin urakointipuolellakin.

”On eroa, mallinnetaanko suunnitelmat vai suunnitellaanko mallintamalla.”

LÄHTEET

Autodesk Inc. 2017. Autodesk Inc nettisivut. Luettu 4.10.2017. <https://www.autodesk.fi/products/navisworks/subscribe>

Autodesk Inc. 2017. Autodesk knowledge network, using virtual reality. Luettu 6.10.2017. <https://knowledge.autodesk.com/>

BuildingSMART. 2017. BuildingSMART summary of IFC releases. Luettu 3.10.2017. <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases>

BuildingSMART Finland. 2017. BuildingSMART Finland nettisivut. Luettu 3.10.2017. <https://buildingsmart.fi/>

BuildingSMART Finland. 2017. BuildingSMART Finland toimintakertomus 2016. Luettu 3.10.2017. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2017/05/bSF_p%C3%A4%C3%A4toimikunta_toimintakertomus_2016-1.pdf

Ceriffi Oy. 2017. Ceriffi Oy nettisivut, Lean-filosofia. Luettu 16.10.2017. <http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa>

Datacubist Oy. 2017. Datacubist Oy nettisivut. Luettu 16.10.2017. <http://www.datacubist.com/>

Epson. 2017. Seiko Epson Corporation nettisivut. Luettu 6.10.2017. <https://www.epson.fi/products/see-through-mobile-viewer/moverio-bt-300>

Haahtela, Y; Kiiras, J. 2015. Talonrakennuksen kustannustieto 2015. Haahtela-kehitys 2015.

Hellman, T. 2017. VR-teknologia – tuottavuuden ja kilpailukyvyn työkalu. TTL Tietotekniikan liitto. Ilmoitus. <http://internet.seamk.fi/loader.aspx?id=61a558f7-ae4b-4542-939c-cf7830520d45>

HTC VIVE. 2017. HTC VIVE nettisivut. Luettu 3.10.2017. <https://www.vive.com/us/>

IGI. 2017. IGI Advanced Visualization nettisivut. Luettu 6.10.2017. <https://www.werigi.com/>

Itewiki. 2017 Itewiki nettisivut. Luettu 4.10.2017. <https://www.itewiki.fi/>

Knowtek Oy. 2017. Haastattelu 6.11.2017. Haastattelija Siro, V. Knowtek Oy. Tampere

Kymdata Oy. 2017. Kymdata Oy nettisivut. Luettu 3.10.2017. <http://www.cads.fi/etusivu>

Laitila, T. 2017. Microsoft Hologram-lasien tekniikka on kiehtovaa – näin lasit toimivat. Mikrobitti. <https://www.mikrobitti.fi/2017/03/microsoftin-hologram-lasien-tekniikka-on-kiehtovaa-nain-lasit-toimivat/>

LVI 03-10570. 2016. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Talotekniikan vaatimuksia mallinnukselle. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy.

Manninen, S. 2013. Using FMEA and AHP methods to prioritise waste types in construction. Tutkimus. Luettu 22.10.2017. https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26647.pdf

Micro Aided Design Oy. 2013. IFC-tiedonsiirto. Luettu 3.10.2017. http://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf

Micro Aided Desing Oy. 2016. Micro Aided Desing Oy hinnasto. Luettu 4.10.2017. <http://www.mad.fi/hinnastot/>

Micro Aided Desing Oy. 2016. Micro Aided Desing Oy tuotteet. Luettu 6.10.2017. <http://www.mad.fi/tuotteet/muut/renderlights>

Micro Aided Desing Oy. 2016. Micro Aided Desing Oy tuotteet. Luettu 16.10.2017. <http://www.mad.fi/tuotteet/muut/simplebim>

Premode virtual prototyping. 2017. Premode virtual prototyping lisätty todellisuus ideaopas. Luettu 6.10.2017. http://www.premode.fi/premode3/wp-content/uploads/2017/07/premoden_uudet_oppaat_ar04-2.pdf

Progman Oy. 2017. Progman Oy nettisivut. Luettu 3.10.2017. <https://www.magica-d.com/fi/progman-oy/>

RENDERLlights Oy. 2017. RENDERLlights Oy nettisivut. Luettu 6.10.2017. <http://www.renderlights.com/video-gallery/>

Räsänen, J. 2015. Yhteistyö tietomallihankkeessa. Esitys. Luettu 16.10.2017. www.ril.fi/media/files/.../mita-vaatii-yhteistyö-mallihankkeessa_1609_rasanen.pdf

Solibri Oy. 2017. Solibri Oy nettisivut. Luettu 4.10.2017. <https://www.solibri.com/>

Tampereen Yliopisto. 2014. Koulutuksia lisätyn todellisuuden hyödyntämisestä. Luettu 6.10.2017. http://www.uta.fi/sis/taydennyskoulutus/koulutustarjonta/lisatty_todellisuus.html

Trimble Solutions Corporation. 2017. Trimble Solutions Corporationin nettisivut. Luettu 3.10.2017. <https://www.tekla.com/fi>

VRS. 2017. Virtual Reality Society nettisivut. Luettu 6.10.2017. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. BuildingSMART Finland. Tulostettu 4.9.2017. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus. BuildingSMART Finland. Tulostettu 4.9.2017. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4. Talotekninen suunnittelu. BuildingSMART Finland. Tulostettu 4.9.2017. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. BuildingSMART Finland. Tulostettu 4.9.2017. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. BuildingSMART Finland. Tulostettu 4.9.2017. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf

LIITTEET

Liite 1. Hukkatyypit rakennushankkeessa

TAULUKKO 1. WPN-analyysin tulokset (Manninen, 2013)

Waste type	WPN	Impact	Frequency	Perceptivity
Communication and documentation	328	<u>8.0</u>	7.0	5.9
Peoples' unused potential	251	6.9	5.6	<u>6.6</u>
Defects	238	7.0	7.0	4.9
Making wrong products or services	207	6.9	5.3	5.7
Unnecessary movements	201	4.8	<u>7.3</u>	5.7
Inadequate processing	187	6.0	5.5	5.7
Making-do	186	6.4	7.0	4.1
Overloading	176	6.7	6.6	4.0
Poor constructability	152	6.7	5.3	4.3
Overproduction	148	7.1	6.6	3.1
Waiting	146	6.0	5.9	4.1
Unnecessary transportation	144	4.9	7.1	4.1
Safety	51	6.5	2.3	3.3
Inventories	45	4.3	6.2	1.7
Other (weather conditions, theft, vandalism)	30	4.7	4.8	1.3