

Joonas Lammi

TIETOMALLINTAMISEN NYKYKÄYTÄN- NÖT JA TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Kandidaatintyö
Kesäkuu 2019

TIIVISTELMÄ

Joona Lammi: Tietomallintamisen nykykäytännöt ja tulevaisuudennäkymät
(Building Information Modelling in current practice and the future)
Kandidaatintyö, 23 sivua
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Kesäkuu 2019
Pääaine: Talonrakentaminen
Tarkastaja: Jukka Puhto

Avainsanat: tietomalli, tietomallintaminen, bim, building information modelling

Tietomallintaminen on tärkeä osa nykypäivän rakentamista ja Suomi lukeutuukin tietomallintamisen kärkimaihin. Tietomallintamisen uskotaan tehostavan ajankäyttöä ja vähentävän rakennushankkeen kokonaiskustannuksia, mistä kertoo myös se, että suuret hankkeet ovatkin nykyään lähes poikkeuksetta tietomallipohjaisia.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena. Lähteinä käytettiin tieteellisiä artikkeleita, kirjoja ja tutkimuksia. Tärkeimpänä tietolähteenä työssä toimi vuonna 2012 julkaistu Yleiset Tietomallivaatimukset (YTV2012). Nämä vaatimukset toimivat myös eräänlaisena kivijalkana suomalaisessa tietomallintamisessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää tietomallintamisen nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät rakennusalalla. Pääpainona oli kartoittaa tietomallien hyödyntämistä talonrakennusprosessin vaiheissa ja eri osa-alueilla. Tutkimus jakautuu neljään päälukuun.

Toinen luku käsittelee yleisesti tietomallia käsitteenä sekä sen hyötyjä ja ongelmia. Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen digitaalista mallia, joka sisältää geometrisen tiedon lisäksi tietoa sen materiaaleista ja ominaisuuksista. Sillä on myös lukuisia hyötyjä, joista tärkeimpänä voidaan pitää aikaisen vaiheen luotettavaa tietoa. Tietomallintamisen ongelmista suurimpina pidetään digitaalisten laitteiden ja ohjelmien toimivuutta sekä heikkolaatuisia suunnitelmia ja malleja.

Kolmas luku keskittyy nykyaikaisiin tietomalleihin ja niiden käyttökohteisiin. Luvussa selvitettiin myös avoimen standardin tuomia hyötyjä. Rakentamisen eri osa-alueilla käytetään niihin erikoistuneita tietomallipohjaisia suunnitteluohjelmia. Eri mallinnusohjelmilla tuotetut suunnitelmat voidaan yhdistää toisiinsa avoimen standardin avulla.

Neljännessä luvussa käsitellään tietomallintamisen kehittymistä rakennushankkeen vaiheissa alusta loppuun. Rakennushankkeen alussa tarveselvityksessä tietomallilla ei ole vielä geometrista muotoa. Hankkeen edetessä tietomalli päivittyy vastamaan rakennusvaiheen edellyttämiä tarpeita. Rakennuksen valmistuttua lopputuloksena on toteuma- ja ylläpitomallit.

Viidennessä luvussa selvitettiin tietomallintamisen tulevaisuuden mahdollisuuksia ja uusia innovaatioita. Tutkimuksien mukaan tietomallintaminen kehittyy jatkuvasti ja se yleistyy etenkin työmaakäytössä. Viime vuosien innovaationa ovat yleistyneet VR- ja AR-tekniikoiden sekä IoT:n hyödyntäminen tietomallien kanssa.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	1
1.3 Tutkimusmenetelmät ja rakenne	2
2. TIETOMALLI	3
2.1 Yleistä tietomalleista	3
2.2 Hyödyt	4
2.3 Ongelmat	5
3. TIETOMALLIEN NYKYTILANNE RAKENTAMISESSA	7
3.1 Nykyaikaiset tietomallit ja niiden käyttökohteet	7
3.2 Avoin standardi	9
4. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSHANKKEEN VAIHEISSA	11
4.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu	11
4.2 Rakennussuunnittelu	11
4.3 Rakentaminen	14
4.4 Käyttö ja ylläpito	15
5. TULEVAISUUS	17
5.1 Tietomallintamisen yleistävyys ja kasvu	17
5.2 Uudet innovaatiot	17
6. YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Teknologia kehittyä jatkuvasti ja sen hyödyt on huomattu myös rakennusalalla. Perinteisten piirustusten ja laskelmien tueksi ovat viime vuosina yleistyneet tietomallit, joiden uskotaan helpottavan ja nopeuttavan rakennusprosessia, sillä rakennuksesta saadaan parempi kokonaiskuva aikaisemmassa vaiheessa hanketta. Monien mielestä tietomallintaminen on yksi modernin rakentamisen tärkeimpiä työkaluja.

Tietomallit ovat tulleet monipuolisesti käyttöön kaikenlaisessa rakentamisessa ja sen hyödyt eivät rajoitu ainoastaan rakennusten suunnitteluun. Tietomallintamisesta hyödytään erityisesti suurissa kohteissa, mutta pieniä kohteita mallinnetaan entistä enemmän (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 8). Tietomallintamisen kaikkia mahdollisuuksia ei vielä tunneta, mikä tekee aiheesta erityisen mielenkiintoisen tutkittavan.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten tietomalleja hyödynnetään rakennusalalla tänä päivänä ja tulevaisuudessa. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Millaisia tietomalleja rakentamisessa käytetään?
- Mitä tietomallintamisohjelmia rakentamisen eri osa-alueilla käytetään, ja miten ne eroavat toisistaan?
- Miten tietomallintaminen kehittyä lähitulevaisuudessa?
- Miten VR/AR-tekniologiat ja IoT liittyvät tietomallintamiseen?

Tutkimus käsittelee tietomallien hyödyntämistä rakentamisen eri osa-alueilla tänä päivänä ja lähitulevaisuudessa. Työssä tutkitaan erilaisten tietomallinnusohjelmien käyttökohteita talonrakentamisen näkökulmasta. Pääpainona tutkimuksessa keskitytään tietomallien hyödyntämismahdollisuuksiin rakennushankkeen vaiheissa.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja rakenne

Tutkimus toteutetaan kirjallisuustutkimuksena. Lähdeaineistoa kerättiin mahdollisimman monipuolisesti käyttämällä useita tiedonhakulähteitä, kuten Google Scholar, Andor, TUT DPub ja TTY:n kirjasto. Tutkimusaineisto koostuu tieteellisistä artikkeleista, kirjoista ja aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista.

Työn rakenne etenee seuraavasti. Ensimmäisessä luvussa käsitellään yleisesti tietomallintamista ja sen historiaa ja perehdytään myös sen hyötyihin ja haittoihin. Toisessa luvussa käsitellään tietomallintamisen perusasioita ja hyötyjä. Kolmannessa luvussa käsitellään tietomallintamisen nykytilannetta, nykyaikaisia mallinnussovelluksia, rajapintoja ja ongelmia. Neljännessä luvussa käsitellään tietomallintamisen kehittymistä ja hyödyntämistä rakennushankkeen vaiheissa. Viides luku käsittelee tietomallintamisen tulevaisuuden näkymiä ja uusia innovaatioita. Tutkimuksen kuudes luku on yhteenveto työn päätelmistä ja johtopäätöksistä.

2. TIETOMALLI

2.1 Yleistä tietomalleista

Rakentamisen tietomallintaminen eli BIM (Building Information Modelling) on yksi lupaavimmista keksinnöistä arkkitehtuurissa, tekniikassa ja rakentamisessa. Tietomallintamisen avulla rakennuksesta luodaan yksi tai useampi tarkka virtuaalinen malli. (Eastman 2008, s. 1) Tietomallintaminen sekoitetaan usein virheellisesti kolmiulotteiseen suunnitteluun, sillä tietomallit ovat usein kolmiulotteisia. Tätä ei kuitenkaan varsinaisesti vaadita tietomallilta, vaan sen sisältämä tieto on paljon muutakin kuin geometriaa. (Hassinen 2016, s. 4) Tietomallintaminen ei siis ole sama asia kuin CAD (Computer-aided Design), joka tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua.

Rakennuksen tietomalli on rakennuksen fyysistä olemusta, toimintaa ja toteutustapaa kuvaava digitaalinen malli, joka sisältää suunnittelijoiden, käyttäjien ja ylläpitäjien tarvitseman tiedon. BIM ei ole ainoastaan visuaalinen 3D -malli, vaan sen sisältämiä ominaisuuksia voidaan hyödyntää monin eri tavoin rakennusteollisuudessa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 15) Rakennushankkeessa käytetään useita tietomalleja ja nämä voidaan jakaa seuraavasti: lähtötieto- ja vaatimusmallit, suunnittelumallit, tuotantomallit ja ylläpitomallit (Hietanen 2005, Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 18).

Käytännössä mallintaminen on informaation lisäämistä rakennushankkeessa suunnittelusovelluksen avulla. Tietomallin sisältämiin rakennusosiin voidaan sisällyttää tietoa esimerkiksi materiaalien lämpö-, palo- ja ääniteknisistä ominaisuuksista. Mallinnettuja tietoja voidaan hyödyntää rakennuksen suunnittelun lisäksi myös käytön ja ylläpidon kustannusten hallintaan ja rakennuksen rakennettavuuden tarkastelemiseen. Tietomallintaminen helpottaa erityisesti projektin johtamista, sillä suunnittelusta saadaan enemmän tietoa tavoitteenmukaisuuden saavuttamiseksi, mikä helpottaa myös päätöstentekoa. (YTV 2012 osa 1, s. 4) Tietomalleja voidaan käyttää myös energiatehokkuuden simulointiin, jonka avulla arkkitehtimalliin voidaan tehdä kehitysehdotuksia ja antaa palautetta (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 16).

2.2 Hyödyt

Yksi suurimmista eduista tietomallintamisessa on sen mahdollistama aikaisen vaiheen luotettava tieto, mikä mahdollistaa paremman päätöksenteon rakennushankkeessa (Hardin et al. 2015, s. 21). Tietomallin olennainen etu on sen sisältämä tieto rakennuksesta, sen tiloista, järjestelmistä ja rakenneosista (Azhar et al. 2015). Tietomallin tärkein ominaisuus on tarkka geometrinen esitys rakennuksen osista integroidussa ympäristössä (Innovation 2007; Azhar 2011 s. 243). Azharin (2011, s. 243) mukaan muut hyödyt ovat seuraavat:

- Nopeammat ja tehokkaammat prosessit: Tietoa voidaan jakaa helpommin, arvoa voidaan lisätä ja käyttää uudelleen.
- Parempi muotoilu: Rakennusehdotuksia voidaan analysoida paremmin, simulatiot voidaan tehdä nopeasti ja tehokkuutta voidaan testata, mikä mahdollistaa kehittyneet ja innovatiiviset ratkaisut.
- Ohjatut kustannukset rakennuksen elinkaarelle ja tieto ympäristövaikutuksista: Ympäristötehokkuus on ennustettavampaa ja elinkaarikustannukset ovat paremmin ymmärrettävissä.
- Tuotannon parempi laatu: Dokumenttien ulosanti on joustavampaa ja hyödyntää automaatiota.
- Automaattinen kokoaminen: Digitaalista tuotetietoa voidaan käyttää tulevissa samankaltaisissa hankkeissa ja sitä voidaan käyttää valmistamaan ja kokoamaan rakennekokonaisuuksia.
- Parempi asiakaspalvelu: Ehdotukset ymmärretään paremmin tarkemman visualisoinnin avulla.
- Elinkaaritieto: Vaatimukset, malli, rakentaminen ja operatiivinen tieto voidaan hyödyntää laitosten hallinnassa.

Tietomallintamisesta on muodostumassa innovatiivinen tapa virtuaalisesti suunnitella ja johtaa projektia. Rakennushankkeen ennustettavuus ja toiminta parantuvat huomattavasti tietomallia hyödyntämällä. Kun tietomallien käyttö yleistyy, yhteistyön projektitiimien välillä pitäisi lisääntyä, minkä ansiosta tuottavuus kasvaa, menot vähentyvät, ajankäytön tehokkuus paranee ja asiakasyhteydet paranevat. (Azhar 2011, s. 251)

Tietomallia hyödyntämällä voidaan eliminoida jopa 40 % budjetoimattomasta muutoksesta, tehdä kustannusarvio 3 % tarkkuudella tavalliseen arvioon verrattuna ja vähentää budjetin luontiin käytettävää aikaa jopa 80 %. McGraw-Hill Construction (2008) teettämän tutkimuksen mukaan tietomallin käyttäjistä 82 % olivat sitä mieltä, että se paransi

yrittäjien tuottavuutta ja 79 % tietomallin käyttäjistä olivat sitä mieltä, että tietomallin käyttäminen paransi projektien lopputulosta. Tutkimukseen osallistui 82 arkkitehtiä, 101 insinööriä, 80 urakoitsijaa ja 39 tilaajaa. (Innovation 2007; Azhar 2011, s. 243) Tutkimustulokset voidaan olettaa nykypäivänä tietomallien kannalta vieläkin paremmiksi tietomallien ja teknologian kehittymisen myötä.

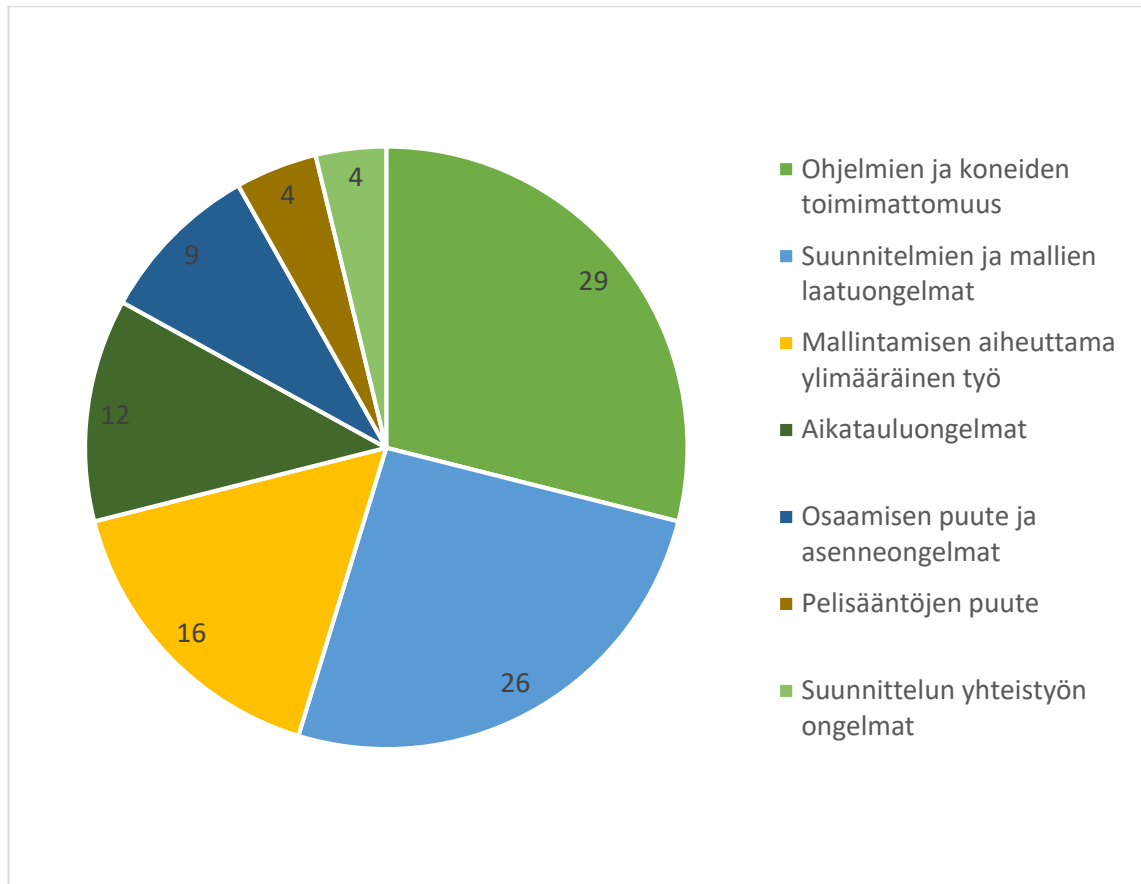
2.3 Ongelmat

Tietomallintamiseen liittyy vielä nykypäivänäkin useita ongelmia, jotka voidaan jakaa Jäväjän ja Lehtoviidan (2016, s. 81) mukaan teknisiin, juridisiin ja johtamiseen liittyviin ongelmiin.

Teknisillä ongelmilla tarkoitetaan digitaalisiin laitteisiin ja ohjelmistoihin liittyvää puutteellisuutta ja osaamattomuutta. Puutteellisuutta ovat esimerkiksi tietomallien tiedostomuotojen yhteensopimattomuus eri mallinnussovellusten välillä ja tietomallien moitteeton toimivuus haastavissa olosuhteissa, kuten työmailla. Suunnittelijat ovat ottaneet tietomallintamisen vastaan avoimesti ja siihen liittyvä osaaminen on hyvällä tasolla. Näin ei kuitenkaan ole työmaalla, jossa osaaminen on usein heikkoa ja asenne muutosvastaista. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 78–81)

Juridisia ongelmia ovat tietomallinnuksen sisältävän lainsäädännön, yleisten sopimusehtojen ja sopimusmallien puuttuminen. Nämä aiheuttavat haasteita mallin omistajuus- ja vastuuasioissa, minkä takia pelisäännöt on selvitettävä huolellisesti hankkeiden eri osapuolille. Tietomallintamiseen liittyvä lainsäädäntö on suuri kehitettävä osa-alue tietomallintamisen tulevaisuudessa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 82)

Johtamiseen liittyvät ongelmat keskittyvät työmaille, joissa tietomallien käyttöä ei ole ohjeistettu riittävän hyvin, mikä aiheuttaa ongelmia tietomallin käyttöönoton aloittamisessa ja käytössä. Tietomallintaminen vaatii parempaa tiedonkulkua kuin mihin rakennusalalla on tyypillisesti totuttu. Tämä aiheuttaa ongelmia, kun työtehtävien sisällöstä ja mallintamisen tarkkuudesta ei ole sovittu riittävän kattavia ja tarkkoja pelisääntöjä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 82–83) Korpelan (2012) mukaan ongelmat jakautuvat prosentuaalisesti kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1: Tietomallintamisen ongelmat (mukailtu Korpela 2012)

Korpelan (2012) mukaan suurin ongelma tietomallintamisessa on mallintamiseen liittyvien ohjelmien ja koneiden toimimattomuus. Toiseksi suurimmaksi ongelmaksi hän listaa suunnitelmien ja mallien laatuongelmat, joita ovat muun muassa puutteet ja päällekkäisyydet suunnitelmissa. Kolmantena on tietomallintamisen aiheuttama ylimääräinen työ. On kuitenkin todettu, että tietomallintaminen vähentää työtä koko hankkeen tasolla.

3. TIETOMALLIEN NYKYTILANNE RAKENTAMISESSÄ

3.1 Nykyaikaiset tietomallit ja niiden käyttökohteet

Tietomallipohjaisessa hankkeessa suunnittelijat käyttävät tietomallipohjaisia suunnitteluohjelmia, jolloin mallintaminen on samalla myös suunnittelua. Tällöin on tärkeää, että mallinnusohjelmalla voidaan tuottaa IFC -malli, joka mahdollistaa mallien yhdistämisen ja laajan käytön erilaisissa tilanteissa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 39) Tietomallinnukseen käytettäville ohjelmistoille on olemassa mallitekniset vähimmäisvaatimukset, jotka ovat osapuolten sovittavissa. Julkisissa hankkeissa on käytettävä aina vähintään IFC 2x3 -sertifioituja mallinnusohjelmia. Suunnittelijan on tarjouksissa aina mainittava käyttämänsä mallinnusohjelma versioineen ja sen IFC-muotoisen tiedoston versio. (YTV2012 osa 1, s. 6)



Kuva 2: Tietomallien kokoaminen yhdistelmämalliksi (YTV2012 osa 6, s. 6)

Arkkitehtisuunnitteluun soveltuvia yleisiä tietomallipohjaisia suunnitteluohjelmia ovat muun muassa ArchiCAD, Revit Architecture, CADS Planner House, Nemetschek Allplan Architecture ja Bentley Microstation. Suomessa yleisesti käytettävät ovat ArchiCAD ja Revit Architecture, joista on saatavilla suomalainen ohjelmaversio, josta löytyvät rakenteet vastaavat yleisesti Suomessa käytössä olevia rakenteita. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 39)

Rakennesuunnitteluun soveltuvia mallipohjaisia suunnitteluohjelmia ovat muun muassa Tekla Structures, Revit Structure, Vertex BD, CADS Planner House ja Nemetschek Allplan Engineering. Suomessa yleisimmät ovat Tekla Structures ja Revit Structure, jotka on tarkoitettu teräs- ja betonirakenteiden suunnitteluun, mutta niiden avulla voidaan suunnitella myös puurakenteita. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 39)

Talotekniikan suunnitteluun käytettäviä mallipohjaisia suunnitteluohjelmia ovat muun muassa MagiCAD, Revit MEP, CADS Electric ja CADS Hepac, joista Suomessa yleisimmät ovat MagiCAD ja CADS (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 41). MagiCAD -ohjelmaa käytetään LVI-, sähkö- ja sprinklerijärjestelmien suunnitteluun. CADS-ohjelma sisältää kaksi talotekniikan suunnitteluun tarkoitettua ohjelmaa: Electric ja Hepac. Electric -ohjelmaa käytetään sähkö- ja automaatio suunnitteluun, ja Hepac -ohjelmaa käytetään LVIA-suunnitteluun. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 42)

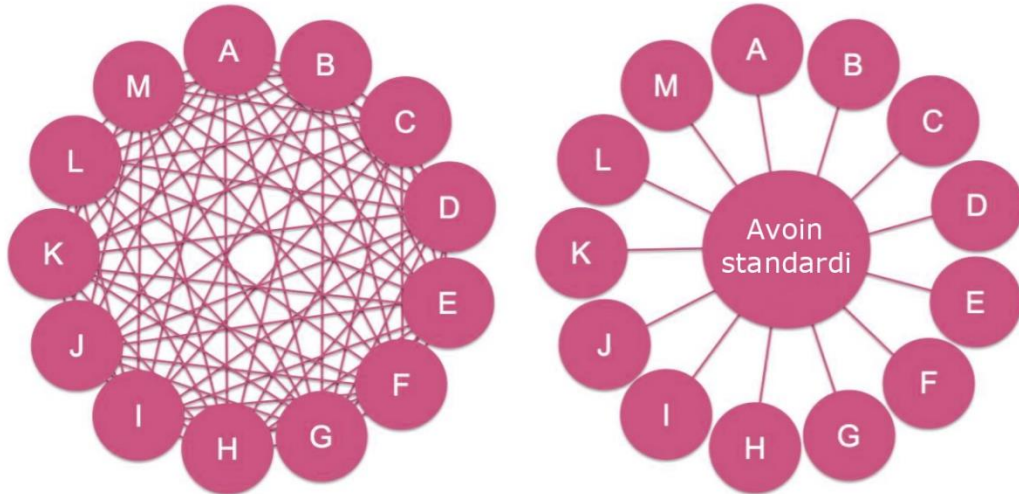
3.2 Avoin standardi

Rakentaminen on nykypäivänä lähes riippuvainen avoimista standardeista, sillä hankkeet ovat monesti niin laajoja ja haastavia, että niitä ei voida toteuttaa ilman avoimia standardeja. Hankkeissa on monesti satoja osapuolia, kuten arkkitehtejä ja aliurakoitsijoita, joiden täytyy hyödyntää samoja tietomalleja erilaisilla ohjelmilla. Tästä syystä on helppo kuvitella kaaos, jossa projektitietoa ei pystytä jakamaan ja hyödyntämään ilman avointa standardia. Avoint standardit mahdollistavat reilun ja kilpailuun kannustavan markkinan, kun rajoituksia on vähemmän ja uusilla sovelluskehittäjillä on vähemmän esteitä. (Granhholm 2019)



Kuva 3: Alkuperäismalli ja IFC-malli ovat molemmat tietomalleja

Tietomalleja voidaan yhdistää toisiinsa ja niiden sisältämää tietoa voidaan siirtää tai analysoida rajapintojen kautta (Hassinen 2016, s. 15). Ydinasemassa Suomessa toimii IFC-tiedostomuoto, joka määrittää rakennuksen geometrisen muodon ja konekielisen datan kuvaustavan digitaalisessa muodossa. IFC-malli (Industry Foundation Classes) on vuodesta 1994 lähtien kehitetty avoin ja standardisoitu tiedostomalli, joka mahdollistaa tietomallinnusohjelmien toimivuuden keskenään arkkitehtuuri-, insinööri- ja rakennusaloilla sekä kiinteistönhallinnassa (Laakso & Kiviniemi 2012, s. 134).



Kuva 4: Yhteensopivuus: suorat käännökset vs. avoin yhteensopivuusstandardi (mukailtu Laakso & Kiviniemi 2012, s. 137)

Yhteensopivuus perustuu avoimeen standardiin, jota välitetään tiedosto- tai palvelinperusteisesti. Avoimen standardin käyttöön liittyy useita teoreettisia hyötyjä. Jos yleistä avointa standardia ei ole, jokaisen tietomallinnusohjelman täytyy kehittää ja implementoida suorat käännökset edestakaisin muiden ohjelmien kanssa, joiden kanssa halutaan kommunikoida. Käytännössä tämä tarkoittaa lukemattomia määriä erilaisia polkuja mallinnusohjelmien välillä. Avoimen standardin ollessa käytössä tietomalli voidaan muuttaa IFC-muotoon ja takaisin standardia tukevien mallinnusohjelmien välillä. (Laakso & Kiviniemi 2012, s. 137) Näiden kahden konseptin tilanteet on visualisoitu kuvassa 4, jossa vasemmalla on esitetty suorat käännökset ja oikealla avoin standardi, kuten IFC.

4. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSHANKKEEN VAIHEISSA

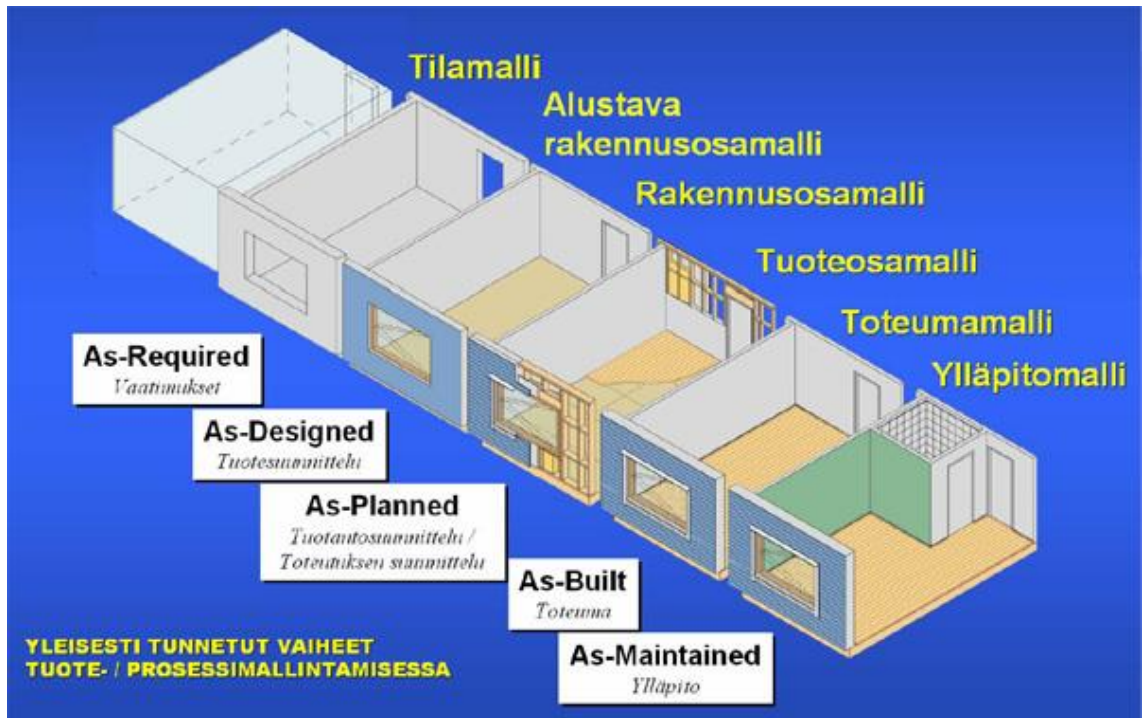
4.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Rakennushankkeen alussa tehdään selvitys tilaajan tarpeista ja tavoitteista, mistä käytetään nimitystä tarveselvitys. Tarveselvityksessä luotavalla tietomallilla eli alustavalla vaatimusmallilla on harvoin geometrista muotoa, vaan se koostuu keskeisimmistä tilavaatimuksista, jotka kirjoitetaan sähköiseen muotoon. Tämä on kuitenkin tärkeä osa tietomalliprosessia, sillä sähköisiä tietoja voidaan oikein laadittuina käyttää suunnitelmien tilavaatimusten tarkistamiseen, mikä on tärkeä osa tilaajan tavoitteiden toteutumisen kannalta. (YTV2012 osa 1, s. 11)

Tarveselvityksen jälkeen laaditaan hankesuunnitelma, joka käsittää toiminnan, omistajat ja kiinteistönpidon hankkeelle asettamat tavoitteet. Hankesuunnittelun tavoitteena on päivittää vaatimusmallia ainakin seuraavien tietojen osalta: laajuus-, aikataulu-, kustannus-, ympäristö-, toiminnallisuus- ja erityistavoitteet. Hankesuunnitelmassa asetetaan hankkeen toteutustapa, joka sisältää muun muassa tietomallinnuksen organisoinnin, tehtävät ja laajuuteen hankkeessa. Näiden perusteella luodaan myös kohteesta riskianalyysi. (YTV2012 osa 11, s. 9)

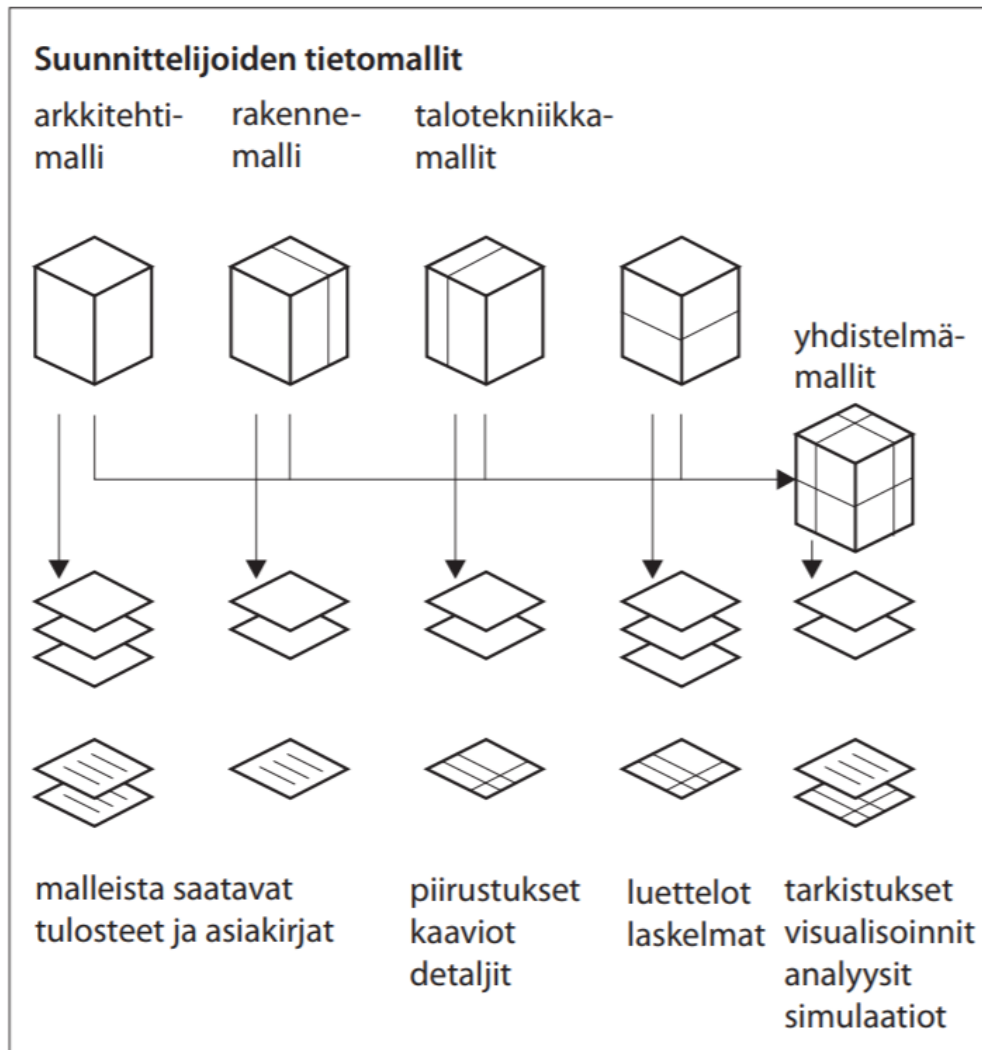
4.2 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelu jakautuu arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitteluun. Rakennussuunnitteluvaiheessa luodaan ensimmäisenä arkkitehtimalli, joka toimii pohjana kaikille muille malleille. Hankkeen alussa arkkitehti tekee yksinkertaisen tilamallin tilaajan vaatimusten mukaisesti. Työn edetessä malli tarkentuu rakennusosamalliksi ja tuoteosamalliksi. Lopulta rakennuksen valmistuessa malli kehittyy toteumamalliksi ja edelleen ylläpitomalliksi, jolloin tietomalli on täysi digitaalinen kopio rakennuksesta. (Hassinen 2016, s. 6) Tietomallintamisen vaiheet on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5: Tietomallintamisen vaiheet hankkeen edetessä (ARKITDATA 2005)

Rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijat tekevät tietomallit arkkitehtimallia hyödyntämällä. Tietyin väliajoin eri suunnittelijoiden tietomallit yhdistetään yhdistelmämalliksi. Näin voidaan tarkastella suunnitelmien laatua ja epäkohtia. Yhdistelmämallin avulla voidaan tehdä törmäystarkasteluja, joissa nähdään suunnitelmissa tapahtuvia epäsuotuisia risteyksiä ja päällekkäisyyksiä. Yhdistelmämallin tarkastelu on hyvin tehokas tapa huomata virheitä suunnittelussa. (Hassinen 2016, s. 19–21)

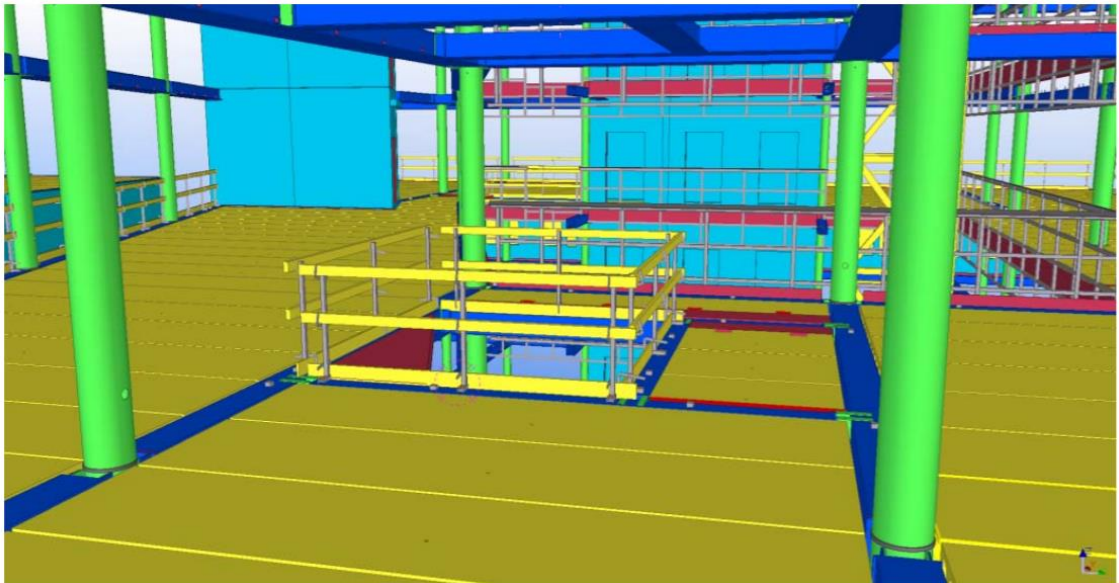


Kuva 6: Suunnittelijoiden tuottamat tietomallit yhdistetään yhdistelmämalliksi (RT 10-10992 2010, s. 5)

Kuvassa 6 on havainnollistettu eri alojen suunnittelijoiden tietomallien kokoaminen yhdistelmämalliksi. Tietomalleihin voidaan myös liittää tärkeitä asiakirjoja, kuten rakennepiirustuksia. Tietomallintamisen tehokkaaseen käyttöön liittyy oleellisesti tiedon virheettömyys ja ristiriidattomuus mallien välillä. Hankkeen edetessä suunnitelmista löytyy aina virheitä. Yhdistelmämallin avulla virheiden korjaaminen on helppoa ja vältetään kalliit korjaustyöt työmailla. Yhdistelmämalli on tehokas tapa tutkia suunnitelmien yhteensopiavuutta varsinkin hankalia ratkaisuja vaativissa tilanteissa. (YTV 2012 osa 6; Hassinen 2016, s. 20)

4.3 Rakentaminen

Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa liittyy usein urakoitsijan tuotannon organisointiin, jollaista on muun muassa rakennusaikataulun luominen. Urakoitsijat hyödyntävät tietomalleja lisäksi havainnollistamaan ja ohjaamaan työtä. Tärkeimpiä havainnollistamiskohteita ovat tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa perehtyminen kohteeseen, rakenteisiin sekä työjärjestysten ja yhteensovittamisen suunnittelu. Tietomallia voidaan hyödyntää rakennusvaiheessa myös määrälaskennassa, mikäli malli on tehty täsmällisesti ja virheettömästi. Tietomallin avulla tehtävä määrälaskenta on nopeampaa ja poistaa päällekkäistä työtä, mikä parantaa rakentamisen tuottavuutta. Rakentamisen yhteydessä tietomallia hyödyntämällä voidaan myös tehdä hankintoja määrälaskennassa luodun määräluettelon avulla. (YTV2012 osa 13, s. 10)



Kuva 7: Tietomallipohjainen turvakaidesuunnitelma (Lähde VTT, Skanska) (YTV osa 11, s. 18)

Tietomalleja voidaan hyödyntää työmaalla myös työturvallisuuden suunnittelussa. Tietomallin avulla saadaan työmaasta hyvä kokonaiskäsitys, jonka avulla suojaustarpeet havaitaan nopeasti. Turvallisuuksuunnitelma voidaan tehdä kolmiulotteisesti tietomalliin esimerkiksi kaluston, telineiden ja kaiteiden osalta. (Jävämä & Lehtoviita 2016, s. 67)

4.4 Käyttö ja ylläpito

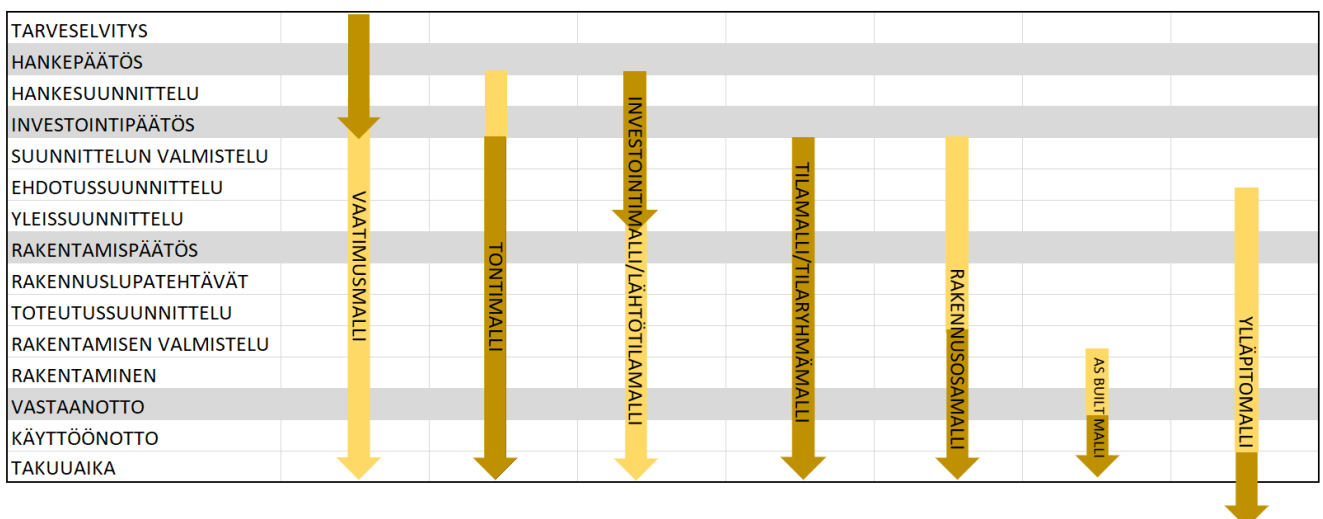
Tietomalleja voidaan hyödyntää myös rakennuksen valmistumisen jälkeen rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon liittyvissä asioissa. Tämä koskee erityisesti kiinteistön omistajia ja palveluiden tarjoajia. Rakennushankkeen tiedot voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat tilatiedot, rakennusosa-, järjestelmä- ja laitetiedot sekä rakennushankkeen luovutusasiakirjat. Näitä voidaan Yleisten Tietomallivaatimusten (2012 osa 12 s. 6) mukaan hyödyntää käytössä ja ylläpidossa seuraavasti:

Tilatietoja voidaan hyödyntää vuokraustoiminnassa, palveluiden kilpailutuksessa ja sopimuksissa, muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelussa, kunnossapidossa, palvelupyyntöjen hallinnassa, olosuhteiden seurannassa, turvasuunnittelussa, kulkuoikeuksien ja avainten hallinnassa sekä kulutus- ja ympäristövaikutusten seurannassa.

Rakennusosa-, järjestelmä- ja laitetietoja voidaan hyödyntää palveluiden kilpailutuksessa ja sopimuksissa, muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelussa, ennakkohuollon suunnittelussa ja seurannassa ja palvelupyyntöjen hallinnassa.

Rakennushankkeen luovutusasiakirjoja voidaan hyödyntää takuutarkastuksiin ja -korjauksiin sekä muutos- ja korjaushankkeiden suunnitteluun.

Taulukko 1: Hankkeen tietomallirakenne (mukailtu YTV2012 osa 8, s. 13)



Taulukossa 1 on esitetty tietomallien kehittyminen hankkeen edetessä. Tummennettu osa tarkoittaa kyseisen mallin käytön ja luomisen ajoituksen painotusta (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 19). Tietomalli päivittyy hankkeen edetessä vastaamaan vaiheen vaatimia tarpeita, mutta kaikkien mallien tukena toimii vaatimusmalli, johon on koottu selvitys tilaajan tarpeista.

5. TULEVAISUUS

5.1 Tietomallintamisen yleistyvyys ja kasvu

Tietomallipohjaisen suunnittelun yleistymisen myötä rakennusalan käytäntöjen uskotaan mullistuvan tulevaisuudessa (Hassinen 2016). Oletus on, että tietomallit tarjoavat monia uusia mahdollisuuksia jo lähivuosien aikana (Kerosuo et al. 2017, s. 40).

Tietomallipohjaiset suunnitteluovellukset kehittyvät koko ajan monipuolisemmiksi, mikä palvelee myös rakennustuotantoa. YTV2012 ja tietomallintamiseen liittyvä lainsäädäntö kehittyy ja tarkentuu, mikä vähentää tietomalleihin liittyviä ongelmia. Suunnitteluohjelmien komponenttikirjastoja on saatavilla aikaisempaa enemmän. Laiteteknologia ja tiedonjakelu kehittyy koko ajan tukemaan tuotantovaihetta. Tietomalliosaaminen paranee kokemuksen ja koulutuksen myötä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 101–102)

Rakennushankkeen työmaavaiheessa tietomallintamisella voidaan saavuttaa paljon kiistattomia hyötyjä, joita ovat muun muassa rakentamisen laadun paraneminen ja tuottavuuden kasvu. Urakoitsijat hyödyntävät yhä enemmän tietomalleja hankintojen ja aikataulujen suunnitteluun. Tietomalleja hyödyntämällä voidaan myös tehokkaampia ja tarkempia tuloksia hankinta-, määrä- ja tarjouslaskennassa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s. 102)

5.2 Uudet innovaatiot

Älypuhelimien ja -tablettien kehittymisen myötä tietomalleja voidaan hyödyntää työmaalla mobiilisovelluksien avulla. Merkittäviä mobiilisovelluksia ovat muun muassa BIMX, Bentley Navigator, Buzzsaw, Tekla Field3D sekä Autodesk 360 (Azhar et al. 2015, s. 20). Mobiilisovellukset rajoittavat tällä hetkellä lähinnä tietomallien katselemiseen.



Kuva 8: Tietomallipohjainen mobiilisovellus Tekla Field3D käytössä työmaalla (Lähde: Tekla)

Virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) on digitaalinen keinotekoinen ympäristö. Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää tietomallinnuksessa rakennuksen visualisoinnissa, suunnitteluratkaisuiden arvioinnissa ja osallistuvassa suunnittelussa. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan päästä ikään kuin rakennuksen sisälle jo ennen rakennustöiden alkua tietomallia hyödyntämällä. Virtuaalinen ympäristö voidaan myös jakaa hankkeen muiden osapuolten, kuten tilaajan kanssa, mikä mahdollistaa paremman yhteistyön hankkeen osapuolten välillä. (Kankkunen 2018, s. 63)

Lisätty todellisuus (augmented reality, AR) on ympäristö, jossa virtuaaliset elementit on sulautettu oikeaan ympäristöön (Meža et al. 2014). Lisätty todellisuus eroaa virtuaalitodellisuudesta siten, että tarkasteltava rakennus on aito fyysinen rakennus, johon on lisätty virtuaalisia komponentteja teknologian avulla. Lisätty todellisuus voi käyttää paikantamiseen kohteiden tunnistamista, kameran kulmaa, sijaintia kartalla ja oikeita valokuvia yhdistettynä virtuaalisiin valokuviin (Park et al. 2013). Yhtenä käyttökohteena on rakennuksen tarkastelu ikään kuin läpinäkyvänä hyödyntämällä tietomallia ja AR-tekniologiaa, kuten kuvassa 10.



Kuva 10: Lisätty todellisuus (AR) mobiililaitteella (Affinity VR 2016)

Tulevaisuudessa internet ei ole vain paikka ihmisten kommunikointia varten, vaan myös paikka laitteiden väliseen kommunikointiin. Tämä ilmiö tunnetaan paremmin nimellä IoT (Internet of Things). Tietomallien ja IoT:n avulla rakennuksesta itsestään tulee tiedon välittäjä. Käytännössä tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi kuvitteellisessa tilanteessa, jossa rakennuksessa syttyy tulipalo. Hätävastaanotin voi kerätä tietoa rakennuksen kerroksissa sijaitsevista sensoreista ja tällä tavoin vastaanottaa tietoa tulipalon leviämisestä ja sijainnista. Vastaanottimista saadun tiedon avulla IoT-laite voi esimerkiksi sulkea ovia palon leviämisen estämiseksi. Internetin ja laitteiden avulla tiedon vastaanottaminen ja siihen reagointi on välitöntä. (Isikdag 2015)

6. YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tietomallintamisen tilanne rakennusalalla nykypäivänä ja lähitulevaisuudessa. Tarkoituksena oli myös tutkia, millaisia tietomalleja käytetään ja miten niistä voidaan hyötyä.

Tietomallintaminen on tiedon lisäämistä suunnittelusovelluksen avulla. Rakentamisen eri osa-alueilla käytetään erilaisia mallinnussovelluksia ja niillä luodaan erilaisia tietomalleja, jotka voidaan koota yhdeksi yhdistelmämalliksi. Kaiken ytimessä on IFC-tiedostomuoto, joka mahdollistaa eri sovelluksilla luotujen mallien yhdistämisen avointa standardia hyödyntämällä. Tietomallintamiseen liittyy paljon kiistattomia hyötyjä, kuten aikaisen vaiheen tieto ja tehokkaammat prosessit. Sen on myös tutkittu vähentävän merkittävästi hankkeen kokonaiskustannuksia ja päällekkäistä työtä. Tietomallintamiseen liittyvä osaaminen ja lainsäädäntö on kuitenkin edelleen heikolla pohjalla. Puutteelliset sopimukset aiheuttavat ongelmia muun muassa tietomallin omistamiseen liittyvissä seikoissa. Tietomalli on työmaakäytössä vielä melko uusi työkalu ja se vaatiikin toimijoilta uudenlaista lähestymistapaa ja aikaisempaa parempaa kommunikaatiota.

Tietomalleja voidaan hyödyntää rakennuksen koko elinkaaren ajan. Mallintaminen alkaa jo hankkeen suunnitteluvaiheessa tilaajan tarpeiden selvityksellä. Rakentamisen aikana tietomallia voidaan käyttää urakoitsijan tarpeisiin muun muassa määrälaskentaan ja työturvallisuuden suunnitteluun. Rakennuksen valmistuttua tietomalleja voidaan hyödyntää kiinteistönhallinnassa ja -ylläpidossa.

Rakennusalalla tietomallintaminen yleistyy varsinkin työmaakäytössä. Tätä edesauttaa varsinkin mobiililaitteilla toimivat tietomallit, joita voidaan hyödyntää myös työmaatoimiston ulkopuolella. Uutena innovaationa ovat yleistymässä VR/AR-teknologiat, joiden avulla tietomalleja voidaan tarkastella entistä tarkemmin ja monipuolisemmin sekä todellisessa että virtuaalisessa ympäristössä.

LÄHTEET

Affinity VR (2016). Augmented Reality to be implemented in Construction. Saatavissa (10.6.2019): <https://www.affinityvr.com/ar-in-construction/>

Azhar, S. (2011). "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry", *Leadership and management in engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 241–252.

Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T. (2015). "Building information modelling (BIM): now and beyond", *Construction Economics and Building*, vol. 12, no. 4, pp. 15–28.

Eastman, C.M. (2008). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, Wiley, Hoboken, N.J.

Granholm, L. (2019). Avoin standardi paras tietomallinnuksessa, *Teräsrakenne 2/2019*

Hardin, B., McCool, D. & Baumhackl, F. (2015). *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*, Second edn, Sybex, Indianapolis, Indiana.

Hassinen, J. (2016). *Tietomallintaminen rakennesuunnittelussa*, Tampere University of Technology.

Hietanen, J. (2005). "Tietomallit ja rakennusten suunnittelu", *Helsinki: Rakennustieto Oy*

Innovation, C.C. (2007). "Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House", *Cooperative Research Center for Construction Innovation*, Brisbane, Australia.

Isikdag, U. (2015). "The Future of Building Information Modelling: BIM 2.0" in *Enhanced Building Information Models: Using IoT Services and Integration Patterns*, ed. U. Isikdag, Springer International Publishing, Cham, pp. 13–24.

Jävälä, P. & Lehtoviita, T. (2016). "Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla", *Helsinki: Rakennustieto Oy*

Kankkunen, T (2018). *Rakennustuotannon digitaalinen työturvallisuusjohtamisjärjestelmä*, Tampere University of Technology

Kerosuo, H., Paavola, S., Miettinen, R. & Mäki, T. (2017). "Hankkeista oppiminen: Tietomallintamisen johtaminen, organisointi ja koordinointi rakennushankkeissa".

Korpela, J. (2012). Tietomallintamisen käyttöönoton ongelmat rakennushankkeessa. *KONSEPTI – Toimintakonseptin uudistajien verkkolehti*, 7 (1–2), 1–24. Saatavissa (4.6.2019): <http://hdl.handle.net/10138/153346>

Meža, S., Turk, Ž. & Dolenc, M. (2014). "Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system", *Automation in Construction*, vol. 42, pp. 1-12.

Park, C., Lee, D., Kwon, O. & Wang, X. (2013), "A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template", *Automation in Construction*, vol. 33, pp. 61-71.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1. Yleinen osuus. Saatavissa (4.6.2019): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 6. Laadunvarmistus. Saatavissa (4.6.2019): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 8. Havainnollistaminen. Saatavissa (4.6.2019):
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_8_havainnollistaminen.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 11. Projektin johtaminen. Saatavissa (4.6.2019):
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_11_projektin_johtaminen.pdf

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 13. Rakentaminen. Saatavissa (4.6.2019):
https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf