

Tietomallintamisen käytöt rakentamisessa

Tarja Mäki, Sami Paavola, Hannele Kerosuo ja Reijo Miettinen
CRADLE, Helsingin yliopisto
etunimi.sukunimi [att] helsinki.fi

Tässä artikkelissa tarkastelemme tietomallintamisen käyttöä rakennushankkeen suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa. Aluksi tarkastelemme, mitä tietomallintamisella tarkoitetaan ja mitä lupauksia kirjallisuudessa annetaan tietomallien käyttömahdollisuuksista ja hyödyistä rakennusalailla. Esittelemme myös rakennushankkeen tyypillisiä vaiheita ja osapuolia. Tutkimuksemme perustuu haastatteluaineistoon, joka on kerätty eräästä suomalaisesta rakennushankkeesta. Empiirisen aineiston perusteella tarkastelemme, mitä ovat tietomallintamisen käytöt tutkimissamme rakennushankkeissa.

Tutkimuksemme mukaan tietomallintamista käytetään monipuolisesti erityisesti rakentamisen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Monet tietomallintamiskirjallisuuden lupaukset jäivät kuitenkin toteutumatta. Malleja ei hyödynnetä ylläpitovaiheessa. Lisäksi odotus siitä, että tietomallintaminen parantaisi suunnittelun ja rakentamisen laatua, jää täysimääräisesti toteutumatta. Keskeinen johtopäätös on, että tietomallintaminen näyttää edelleen tapahtuvan pääosin perinteisten yhteistyökäytäntöjen mukaisesti. Nämä ovat korostaneet suunnittelijaosapuolten itsenäisyyttä ja perustuneet paperimuotoisten suunnitelmien vaihdolle.

Avainsanat: rakennushanke, rakentamisen tietomalli, tietomallien käyttö, tietomallintaminen

1 JOHDANTO

Tietomallintaminen (Building Information Modeling, BIM) on ollut viimeisten vuosikymmenten aikana yhä laajemmin käytetty uusi geneerinen ICT-pohjainen teknologia ja uudenlainen tapa toimia rakentamisessa (ks. esim. Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011). *Rakentamisen tietomallit* ovat kolmiulotteisia (3D) arkkitehti- ja rakennemalleja sekä taloteknisiä malleja (LVIS), joiden avulla pyritään mallintamaan rakennus tai sen eri osia ja ulottuvuuksia. Näitä malleja pyritään hyödyntämään koko rakennuksen elinkaaren ajan suunnittelusta rakennuksen ylläpitoon.

Tietomallintamisen käyttöönottoon liittyy pyrkimys muuttaa monitoimijaisen rakentamisprosessin ja kiinteistöjen ylläpidon työnjakoa, yhteistyötä ja sopimusmalleja.

Kirjallisuudessa tietomallintamiseen on liitetty vahvoja lupauksia siitä, että rakennusprosessin eri toimijat pystytään ottamaan paremmin huomioon rakennuksen elinkaaren aikana (ks. esim. Eastman & al., 2011, 19-25). Välittömin ja vahvin odotus kohdistuu siihen, että integroitujen tietomallien käyttöön perustuvalla yhteistyöllä erillissuunnittelussa syntyvät virheet voidaan eliminoida ja parantaa rakentamisen laatua (mt.). Rakennusala on viime vuosina korostanut visioissaan myös asiakkaalle tuotettavan lisäarvon ja palvelulähtöisyyden merkitystä (mm. Airaksinen, Hietanen, Manninen, Reijula & Vainio, 2011). On esitetty, että tietomallien avulla rakennuksen käyttäjät ja ylläpidosta vastaavat henkilöt voivat osallistua suunnitteluun ja kiinteistöjen käyttövaiheen toimintoihin entistä paremmin (Eastman & al., 2011, 25-26).

Tietomallintamiseen liittyy siis monia lupauksia ja jopa ”tietomallintamisutopioita” (Howell & Batcheler, 2005). Nyt mallintamisen teknologinen kehitys on siinä vaiheessa, että odotuksia ollaan lunastamassa luomalla toimivia ja realistisia ratkaisuja tietomallien käytölle (vrt. van Lente & Rip, 1998). Toisaalta nämä pyrkimykset törmäävät perinteisiin roolijakoihin, ammatillisiin käytäntöihin ja yhteistyötä sääteleviin liiketoiminta- ja sopimusmalleihin (ks. esim. Eastman & al., 2011, 26-28).

Tietomallintamisen hyödyntämisestä on jo olemassa teknis-taloudellista ja rakennusten suunnittelua koskevaa kirjallisuutta (esim. Gal, Lyytinen & Yoo, 2008; Succar, 2009; Harty & Whyte, 2010), mutta ei vielä paljoakaan yhteiskuntatieteellistä tai käyttäytymistieteellistä tutkimusta. Tässä tutkimuksessa hyödynnetään Toiminnan, kehityksen ja oppimisen tutkimusyksikössä eli CRADLE:ssa kehitettyä kulttuurihistorialliseen toiminnan teoriaan perustuvaa innovaatioiden tutkimusotetta, joka soveltaa myös innovaatiotutkimuksen, konstruktivistisen tieteen ja teknologian tutkimuksen aineksia (esim. Engeström, Lomscher & Rückriem, 2005; Miettinen, 2009). Mallintamisen teoriassa useat tutkijat ehdottavat, että mallintamisen luonne voidaan ymmärtää parhaiten analysoimalla mallien käyttäjiä (Morgan & Morrison, 1999). Pyrimme itse osoittamaan, että tämä lähestymistapa soveltuu myös tietomallintamisen käyttöönoton tutkimukseen rakennusteollisuudessa. Toiminnan teorian näkökulmasta uusien työvälineiden tuominen vakiintuneisiin toimintarakenteisiin aiheuttaa jännitteitä ja ristiriitoja toiminnan eri elementtien välille (Engeström, 1987). Koska tietomallintaminen on tiedon jakamisen ja yhteistoiminnallisen suunnittelun väline, se luo erityisesti paineita työnjaon ja yhteistoimintakäytäntöjen kehittämiseksi. Tutkimuksemme tavoitteena on

rakentamisen perinteisten käytäntöjen ja tietomallintamisen hyödyntämisen välisten jännitteiden ja keskeisten ristiriitojen löytäminen. Niiden tunnistaminen auttaa kehittämään uusia tapoja tietomallintamisen hyödyntämiseksi.

2 TIETOMALLINTAMINEN JA SEN LUPAUKSET

Tietomallintamisella on pitkä teknologian kehittämishistoria takanaan. Jo 1970-luvulla huomattiin tarve ja mahdollisuus integroitujen ohjelmistojen kehittämiseksi (ks. Björk, 1995, 12). Pitkään kyse oli kuitenkin enemmän ohjelmistojen kehittämisestä ja siihen liittyvästä akateemisesta tutkimuksesta kuin varsinaisesta ohjelmistojen käytöstä. Keskeistä on ollut erilaisten tiedonsiirto-ohjelmistojen ja standardien kehittäminen. Näitä ovat olleet mm. ISO STEP (Standard for the Exchange of Product Data) -projekti 1980-luvun puolivälissä ja IFC (Industry Foundation Classes) -standardin kehittäminen 1990-luvun puolivälistä lähtien (Moum, 2008, 17-18). Rakentamisen tietomallintamista on kutsuttu nimillä virtual building, project modelling, virtual design and construction, nD modelling (ks. Aranda-Mena, Crawford, Chevez & Froese, 2009, 420-421; Succar, 2009, 359). Yksi BIM:n keskeisistä taustoista on ollut tuotetietomallintaminen (engl. product data models) (ks. Björk, 1995). Vuonna 2002 julkaistu Jerry Laiserinin (2002) lyhyt artikkeli teki termin rakentamisen tietomallintaminen (BIM) laajemmin tunnetuksi. Termin käyttöönottoon liittyi myös pyrkimys tehdä tietomallinnusta tunnetuksi alan keskeisille toimijoille ja ottaa tietomallintaminen laajemmin käyttöön käytännön rakentamisprojekteissa.

Rakentamisen tietomalli määritellään usein teknologiana, joka käsittelee rakennuksen tietoja, erityisesti kolmiulotteisia (3D) arkkitehti-, rakenne-, LVI-, ja sähkömalleja, joihin voidaan sisällyttää rakennusosia (objekteja) koskevaa parametrista tietoa sekä jakaa ja vaihtaa näitä tietoja eri toimijoiden välillä prosessin eri vaiheissa (ks. erilaisia määritelmiä: Moum, 2008, 201-202; Kiviniemi, Tarandi, Karlshøj, Bell & Karud, 2008, 8-12). Parametrinen tieto tarkoittaa eri objekteihin liitettävää täsmällistä tietoa (esim. seinän paksuus ja materiaali), jota voidaan käyttää erilaisissa laskelmissa ja malleissa (ks. taulukot 1 ja 2). Tietomallintamisen keskeinen ominaisuus on, että rakennushankkeen eri osapuolten (arkkitehdit, rakennesuunnittelijat, LVI-suunnittelijat jne.) erilaisilla tietomalliohjelmistoilla tekemät mallit ja informaatio ovat jaettavissa ja käytettävissä yhteisen tietokannan kautta. Näin koko rakentamisprojektia ja rakennusta

koskeva tieto on ainakin periaatteessa kaikkien rakentamiseen ja rakennuksen ylläpitoon osallistuvien käytössä.

Toisenlainen tapa määrittää tietomallintamista on korostaa uudenlaisia yhteistyön muotoja, joita se näyttää edellyttävän tai tuovan mukanaan. Tietomallintamiseen liittyvä tietojen jakamisen ja vaihtamisen mahdollisuus liittyy pyrkimykseen muuttaa rakentamisen prosesseja ja kehittää yhteistyön muotoja. Perinteinen rakentamisen malli on eri vaiheiden osalta toisiinsa limittyvä, mutta pääosiltaan lineaarinen: tilaaja tai rakennuttaja valitsee suunnittelijat ja kilpailuttaa urakoitsijoita alustavien suunnitelmien perusteella, ja voittanut urakoitsija rakentaa rakennuksen. Lopuksi valmis rakennus luovutetaan tilaajalle ja otetaan ylläpidon ja loppukäyttäjien käyttöön (ks. esim. Kymmell, 2008, 8; Succar, 2009, 364-365). Suunnitteluvaihe, rakentamisvaihe sekä käyttö- ja ylläpitovaihe muodostavat ajallisen jatkumon ja eri vaiheet ovat vain osittain yhteydessä toisiinsa prosessin aikana. Tietomallintamisen keskeisenä taustaideana on ollut päästä eri suunnittelijoiden malleista yhteisempään mallien ja tietojen käyttöön, jossa rakentamis- sekä käyttö- ja ylläpitovaihe ovat mukana hankkeen alusta lähtien (ks. Succar, 2009, 364-365).

Uudenlaisten yhteistyömuotojen ja -prosessien hakemiseen liittyy (teknologian ja yhteistyömuotojen lisäksi) kolmas tapa määrittää tietomallintamista. Tietomallintamisen hyödyntäminen ja uudet käytännöt näyttävät nimittäin vaativan uudenlaisia sopimuksia ja sääntöjä, jotka muuttavat toimijoiden yhteistyösuhteita ja velvoitteita (Aranda-Mena & al., 2008, 420; Succar, 2009, 365-367). Varsinaisissa tietomallintamisen määritelmässä ei näitä tekijöitä välttämättä tuoda esille, mutta ne ovat aivan keskeisiä tekijöitä tietomallintamisen taustalla. Uudenlaiset sopimusmallit perustuvat siihen, että toiminnan riskit ja voitot on sidottu yhteiseen tavoitteeseen ja ne jaetaan tasapuolisesti eri hankeosapuolten kesken. Tämä osaltaan pakottaa hakemaan aivan uudenlaisia yhteisen toiminnan muotoja. Tietomallinnuksen käyttö itsessään ei siis vaadi uudenlaisia sopimusmalleja, kuten Succarkin (2009) tuo esille, mutta sopimusmallit ovat keskeinen tekijä siinä, miten tietomallinnusta pyritään käyttämään.

Tietomallintamista koskevassa kirjallisuudessa mallintamisen tarkoitus ja hyöty määritellään usealla eri tavalla. Monissa kirjoissa pyritään antamaan yleiskuva tietomallintamisesta tarkastelemalla sen merkitystä eri toimijoiden kannalta. Näitä toimijoita ovat suunnittelijat, pääurakoitsijat, aliorakoitsijat, materiaalivalmistajat, kiinteistöjen

omistajat ja tilaajat sekä kiinteistönhuolto- ja ylläpitohenkilöstö. Jotkut näistä kirjoista korostavat kuitenkin enemmän rakentamisen ja suunnittelun prosessia ja sen tehostamista (Kymmell, 2008), kun taas toiset korostavat niiden lisäksi myös kiinteistöjen ylläpitoa (Eastman & al., 2011). Jotkut taas puhuvat ”vihreästä BIM:istä” ja korostavat, että tietomallintamisen avulla rakentamisessa voidaan ottaa aikaisempaa paremmin huomioon yhteiskunnallisia ja ympäristötekijöitä (Krygiel & Nies, 2008; Hardin, 2009).

Tietomallintamista koskevassa kirjallisuudessa on siis paljon lupauksia ja visioita tietomallintamisen hyödyistä. Tämä johtuu osaltaan siitä, että tämä kirjallisuus pyrkii edistämään tietomallien käyttöönottoa. *Tietomallien käyttöä* koskevaa tutkimusta ja kirjallisuutta on alkanut ilmestyä vasta viime vuosina (esim. Gal & al., 2008; Harty & Whyte, 2010; Abdelmohsen, 2011). Digitaalinen teknologia näyttää tarjoavan lähes loputtomasti uusia mahdollisia tapoja datan ja suunnitelmien integroimiseen ja erilaisten toimija- ja käyttäjäryhmien huomioon ottamiseen rakentamisen ja käytön eri vaiheissa. Esimerkiksi Eastman ja hänen työtoverinsa (2011, 19-25) listaavat joukon tietomallintamisen hyötyjä tai lupauksia suhteessa eri rakentamisen vaiheisiin ja eri käyttäjäryhmiin (vrt. esim. Kymmell, 2008, 46-53; Krygiel & Nies, 2008, 34-35). Ne on lueteltu taulukossa 1.

Taulukko 1. Tietomallintamisen hyötyjä suunnittelun, rakentamisen ja ylläpitovaiheen kannalta Eastmanin ja hänen työtoveriensa (2011, 19-25) mukaan

Suunnitteluvaiheen hyödyt	Rakennusvaiheen hyödyt	Ylläpitovaiheen hyödyt
1) Suunnitelmien aikaisempi ja tarkempi visualisointi 2) Suunnitelmamuutosten tekemisen helpottuminen 3) Tarkkojen ja yhdenmukaisten 2D-piirustusten tuottaminen suunnittelun eri vaiheissa 4) Eri suunnitteluosapuolten varhaisempi yhteistyö 5) Suunnitteluvaatimusten täyttymisen tarkastaminen 6) Kustannusarvioiden laatiminen mallitiedon avulla 7) Energiatehokkuuden ja kestävä kehityksen parantaminen	1) Tietomallien käyttö materiaalien esivalmistuksessa 2) Nopea reagoiminen suunnitelmamuutoksiin 3) Suunnitelmavirheiden ja puutteiden löytäminen ennen rakennusvaihetta 4) Rakennusvaiheen ajallinen ja tuotannollinen simulointi 5) Lean construction -menetelmien parempi käyttöönotto 6) Hankintojen yhteensovittaminen suunnittelun ja rakentamisen kanssa	1) Parempi tiedonsiirto rakennusvaiheesta ylläpitovaiheeseen 2) Tilojen parempi hallinta ja käyttö 3) Tilojen käyttö- ja hallintajärjestelmien sekä mallien integraatio

Tietomallintamisen haasteita em. teos listaa paljon lyhyemmin ja yleisemmin. Haasteet liittyvät 1) yhteistyön organisoimiseen, 2) oikeudellisiin kysymyksiin, jotka liittyvät dokumenttien omistamiseen ja tuottamiseen, 3) käytäntöjen ja informaation käytön muutoksiin sekä 4) tietomallintamisen käyttöönottoon (Eastman & al., 2011, 26-28). Keskeinen haaste teoksen mukaan on, että tietomallintamisen tehokas hyödyntäminen näyttää vaativan merkittäviä muutoksia projektin osapuolten yhteistoiminnan muodoissa ja sopimuksissa (mt., 26).

3 RAKENNUSHANKKEEN TYYPILLISET VAIHEET JA OSAPUOLET

Yksittäinen rakennushanke koostuu useammasta peräkkäisestä ja toisiinsa limittyvästä vaiheesta. Hanke alkaa tyypillisesti tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheella, jossa tehdään päätös rakennushankkeeseen ryhtymisestä. *Tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa* keskeisiä osapuolia ovat mm. tilaaja, rahoittajat, rakennuttaja sekä pääsuunnittelija. Tätä seuraa *suunnitteluvaihe*, jonka aikana tuotetaan hankkeen tarvitsemat suunnitelmat ja haetaan suunnitelmille viranomaisten hyväksyntä. Suunnitteluvaiheen keskeisiä toimijoita ovat eri alojen suunnittelijat, rakennuttaja, tilaaja sekä käyttäjät tai heidän edustajansa. Tietomallintamista hyödyntävissä hankkeissa mukana voi olla myös tietomallikoordinaattori. Suunnitteluvaihe liittyy *rakentamisvaiheen* kanssa, jossa korostuvat päätoteuttajan, urakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien roolit. Silloin suunnitellaan hankkeen toteutusta, tehdään hankintoja ja rakennetaan suunnitelmien mukainen rakennus. Rakennuksen valmistuttua se luovutetaan tilaajalle ja alkaa nk. *käyttöönottovaihe*, jossa rakennuksen eri tekniset järjestelmät säädetään vastaamaan käytön vaatimuksia. Lopuksi siirrytään *käyttö- ja ylläpitovaiheeseen*, jonka aikana rakennus siirtyy käyttäjille ja ylläpitohenkilöstölle. Suurissa hankkeissa pelkkä tarve- ja hankesuunnitteluvaihe voi kestää vuosia. Pienemmissäkin hankkeissa sekä suunnittelu- että rakentamisvaihe kestää vuodesta kahteen. Käyttö- ja ylläpitoajan toivotaan olevan mahdollisimman pitkä. (Kts. Kankainen & Junnonen, 2004; Vuorela, Urpola & Kankainen, 2001; Rakennustietosäätiö, 1989.)

Rakennushankkeen toimijoihin kuuluu käyttäjiä, tilaajia, rakennuttajia sekä eri suunnittelijoita, urakoitsijoita sekä materiaali- ja kalustotoimittajia. Näiden lisäksi hankkeen suunnittelua ja toteutusta valvovat eri viranomaiset ja valvojat. Osapuolten

välistä toimintaa säätelevät lainsäädäntö, alalla vakiintuneet toimintatavat sekä hankekohtaiset sopimukset. (Kts. Kankainen & Junnonen, 2004; Vuorela & al., 2001; Rakennustietosäätiö, 1989.)

Mallintamista hyödyntävä suunnitteluprosessi etenee usein siten, että arkkitehti laatii ensin nk. arkkitehtimallin ja toimittaa sen rakennesuunnittelijalle. Rakennesuunnittelija puolestaan laatii rakennemallin, joka sisältää muun muassa tiedot rakennuksen kantavista rakenteista. Se toimii edelleen taloteknisen eli LVIS-suunnittelun lähtötietona. Tyypillisesti talotekniset suunnittelijat haluavat, että arkkitehti- ja rakennemalli ovat mahdollisimman valmiit, ennen kuin he aloittavat taloteknisten järjestelmien mallintamisen. He haluavat arkkitehti- ja rakennemallien olevan ”lukittuja”, koska ylimääräisten suunnitelmamuutosten vieminen LVI-malleihin on teknisesti hankalaa ja vie paljon aikaa. Yhteistyötä eri suunnittelijoiden kesken tehdään jo suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin esimerkiksi LVI-suunnittelijat antavat alustavia tilavaraustietoja muille suunnittelijoille. LVI-suunnittelun tuloksena syntyy LVI-malli ja sähkösuunnittelusta vastaavasti sähkömalli.

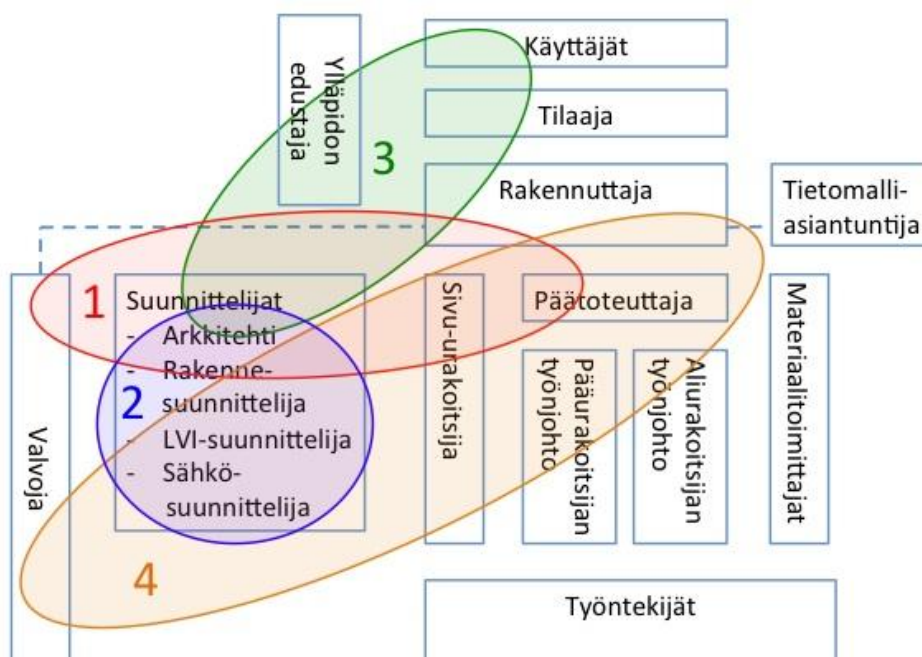
Suunnitteluprosessi koostuu monista tarkentavista kierroksista, joissa suunnitteluratkaisuja ja niiden lähtötietoja tarkennetaan. Hankkeen suunnitteluaineisto jaetaan osapuolille tyypillisesti internet-pohjaisen projektipankin kautta, jossa hankkeen dokumentteja säilytetään ja jonne kaikilla hankeosapuolilla on pääsy. Suunnittelijoiden välistä yhteistyötä koordinoidaan kerran kuukaudessa pidettävissä suunnittelukokouksissa, joita johtaa rakennuttajan edustaja. Lisäksi suunnittelijat kokoontuvat tarpeen mukaan erilaisiin suunnittelijapalavereihin, joissa he ratkovat esiin nousseita ongelmia tai yhteensovittavat suunnitelmia. Hankkeeseen kuuluu myös kokouksia viranomaisten, tilaajan ja käyttäjien edustajien kanssa.

Pääsuunnittelijan tulee yhdessä rakennushankkeeseen ryhtyvän kanssa huolehtia, että tarvittavat suunnitelmat tehdään ja että suunnitelmat on todettu yhteensopiviksi ja ristiriidattomiksi (Ympäristöministeriö, 2002). Suunnitelmien yhteensopivuuden varmistamiseksi suunnittelijat tuottavat määrääjain malleistaan IFC-mallit yhdistelmämallia ja törmäystarkastelua varten. IFC on rakennusalan tiedonsiirtostandardi, jonka avulla on mahdollista siirtää ja yhdistää mallien tietoja eri ohjelmistojen välillä. IFC:llä voidaan siirtää rakennuksen geometriatiedot sekä objekteihin liitetyt parametriset tiedot. Yhdistelmämallia hyödynnetään törmäystarkastelussa, jossa etsitään ja listataan eri

suunnitelmien yhteensopimattomuudet. Tarkastelun tuottamat listaukset suunnittelun virheistä toimitetaan suunnittelijoille tiedoksi. Mallintamiseen perustuvassa suunnittelu-prosessissa tuotetaan aina myös perinteiset piirustusdokumentit, koska tietomalleilla ei vielä ole piirustuksia vastaavaa juridista asemaa. Piirustusdokumentit tulostetaan ja toimitetaan työmaalle, suunnittelijoille, materiaalitoimittajille ja viranomaisille kuten perinteiseen suunnitteluun perustuvissa hankkeissakin.

Hankkeen toteutusvaiheen lähestyessä päätoteuttajan edustajat hyödyntävät laadit-tuja tietomalleja ja suunnitelmia esimerkiksi hankinnoissa sekä tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa. Suunnitelmista ja malleista tarkastellaan tuolloin muun muassa erilaisia materiaali- ja määrätietoja sekä rakenteiden suunnitteluratkaisuja. Mikäli suunnitelmissa huomataan virheitä tai puutteita, niistä tiedotetaan joko suoraan tai rakennuttajan edus-tajan kautta suunnittelijoille suunnitelmien korjaamiseksi.

Kuviossa 1 on esitetty tutkimushankkeessa tarkastellut hankeosapuolet ja tutki-musaineistoon sisältyvät yhteistyökokoukset. Näitä kokouksia ovat esimerkiksi suunnit-telukokoukset, työmaakokoukset, käyttäjäkokoukset sekä suunnittelijakokoukset. Työ-maakokouksia pidetään rakennushankkeen toteutusvaiheessa ja niihin osallistuvat rakennuttaja, valvoja, suunnittelijat ja työmaan edustajat. Muut kuviossa 1 esitetyt kokoukset liittyvät suunnitteluvaiheeseen ja niihin osallistuvat kokouksesta riippuen suunnittelijat, rakennuttaja, valvoja ja käyttäjät.



Kuvio 1. Tutkimuksessa tarkastellut toistuvat kokoukset rakennushankkeessa

Suunnittelukokouksia pidetään hankkeen suunnitteluvaiheessa noin kerran kuukaudessa. Kokousta johtaa rakennuttajan edustaja ja siinä käydään läpi hankkeen suunnittelutilanne ja koordinoidaan suunnittelijoiden välistä yhteistyötä. Kokouksiin osallistuvat kaikki suunnittelijat, rakennuttajan edustajat, toteuttajaorganisaation edustajat sekä hankkeen valvoja. *Suunnittelijakokouksia* pidetään tarpeen mukaan. Niissä suunnittelijat ratkovat yhdessä esiin nousseita suunnitteluongelmia. Kokouksissa ovat paikalla suunnittelijat, joiden työtä kokouksen asiat koskevat. *Käyttäjäkokouksia* pidetään hankkeen suunnitteluvaiheessa kuukauden parin välein. Niissä rakennuttaja, suunnittelijat, ylläpitohenkilöstö sekä käyttäjien edustajat käyvät läpi tilaajan johdolla mm. suunnitteluratkaisuja, tilaajan vaatimuksia ja käyttäjien palautetta suunnitelmiin. Hankkeen rakennusvaiheen alkaessa suunnittelukokoukset vaihtuvat *työmaakokouksiksi*, jotka pidetään työmaalla noin kerran kuukaudessa. Kokouksissa koordinoidaan rakentamisen ja rakentamiseen liittyvän suunnittelun etenemistä. Työmaakokouksiin osallistuvat pääurakoitsijan edustaja, aliurakoitsijat, työmaan työnjohto, suunnittelijat, valvoja ja rakennuttaja, joka johtaa kokousta.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS SEKÄ TUTKIMUSAINEISTO

Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty erään keskisuomalaisen rakennushankkeen kahdessa rakennuskohteessa, joista toinen oli uudisrakennus ja toinen korjausrakennus. Aineisto on kerätty haastattelemalla ja havainnoimalla hankkeen eri osapuolia vuoden 2011 keväällä, jolloin rakennuskohteet olivat rakentamisvaiheessa. Tutkimusaineisto sisältää rakennushankkeen keskeisten toimijoiden haastattelut (N=25). Haastateltuja olivat muun muassa työmaan työnjohto, eri alojen suunnittelijat, valvoja, projektinjohto, tietomalliasiantuntija, ylläpitopäällikkö sekä rakennuttajan ja tilaajan edustajat. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina temahaastatteluina (Hirsijärvi & Hurme, 1980), joissa keskityttiin tietomallintamisen käyttöä koskeviin kysymyksiin, mutta jätettiin mahdollisuus keskustella myös esiin nousevista muista teemoista. Keskeisiä haastattelukysymyksiä tietomallintamisen käytön näkökulmasta olivat seuraavat:

- Mihin tarkoitukseen olet käyttänyt tietomallintamista omassa työssäsi? Kuvaa mahdollisimman konkreettisesti. Jos ei ole käyttänyt: Miksi et ole käyttänyt tietomallintamista? Mikä sen käyttöä on mahdollisesti estänyt?
- Mitä tietomallintamiseen liittyviä ohjelmistoja käytät. Kuvaa konkreettisesti, millä tavoilla? Mitä muita työvälineitä käytät?

Haastatteluissa oli tyypillisesti paikalla kaksi tutkijaa ja yksi haastateltava, jolloin toinen tutkija haastatteli ja toinen teki muistiinpanoja. Muutamissa haastatteluissa oli paikalla vain yksi tutkija ja yhdessä haastattelussa paikalla oli kaksi haastateltavaa. Kukin haastattelu kesti noin tunnin ajan. Haastattelut tallennettiin digitaalisesti ja kerätty aineisto litteroitiin sanatarkasti. Aineiston analyysissä hyödynnettiin Atlas.ti-ohjelmaa. Analyysin aluksi litteraatit luettiin huolellisesti läpi ja aineistosta pyrittiin tunnistamaan ja merkitsemään puhunnat, joissa haastateltu kertoo tietomallintamisen käytöstä. Aineiston analyysissä hyödynnettiin näin ollen teemahaastattelun runkoa (Eskola & Suoranta, 2000). Aineistosta tunnistettiin 88 käyttöön liittyvää puhuntaa. Niistä pyrittiin tunnistamaan mallin käytöt sekä se, mitä välineitä mallien käyttöihin liittyy. Tässä artikkelissa esitettävän analyysin tarkoituksena oli selvittää, ketkä tällä hetkellä käyttävät tietomallintamista rakennushankkeessa ja mihin tarkoitukseen.

5 TIETOMALLINTAMISEN KÄYTTÖ RAKENNUSHANKKEESSA

Käyttö suunnitteluvaiheessa

Arkkitehdit, rakennesuunnittelijat sekä LVI- ja sähkösuunnittelijat kuvasivat tietomallintamisen käyttöä suunnitteluvaiheessa. Lisäksi hankkeen tietomallikoordinaattori kertoi haastattelussa yhdistelmämallien ja törmäystarkastelujen laatimisesta.

Hankkeen suunnittelussa käytettiin monia erilaisia mallinnus- tai mallien katseluohjelmistoja. Arkkitehdit käyttivät suunnitteluohjelmistona ArchiCadia, talotekniset suunnittelijat MagicCadia sekä NavisWorksia, joista jälkimmäinen toimi lähinnä mallien katseluohjelmana. Sähkösuunnittelijalla oli käytössään DIALux-ohjelmisto valaistuksen suunnittelussa. Rakennesuunnittelijat käyttivät puolestaan Tekla Structures-nimistä mallinnusohjelmistoa. Tietomallinnuskoordinaattori käytti yhdistelmämallin laatimiseen ja törmäystarkastelun tekemiseen Solibri Model Checker -ohjelmistoa. Energia- ja olosuhdesimuloinnissa käytettiin RiuskaTM -ohjelmistoa. Suunnittelijat

hyödynsivät omassa suunnittelussaan myös toisten suunnittelijoiden laatimia malleja, tarkistaakseen esimerkiksi suunnitteluratkaisujen yhteensopivuutta. Lisäksi he käyttivät Solibrin Model Vieweria yhdistelmämallien katseluun.

Kukin edellä kuvattu mallinnusohjelmisto on kehitetty tietyn suunnittelualan käyttöön, joten niillä laaditut mallit eivät sellaisenaan ole yhdistettävissä. Yhdistelmämallia varten kukin suunnittelija laati IFC-tiedonsiirtostandardia käyttävän IFC-mallin. IFC-standardi mahdollistaa mallien objektitietojen siirtämisen ohjelmistoista riippumattomasti.

Taulukossa 2 on esitetty suunnitteluvaiheen tietomallien pääkäytöt, tuotokset, käyttäjät sekä käytetyt ohjelmistot. Mallien pääkäytöt suunnitteluvaiheessa olivat arkkitehti-, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelu, yhdistelmämallien ja törmäystarkastelun tekeminen, suunnitelmien tarkastaminen, energia- ja olosuhdesimuloinnit, tietojen ja hankedokumenttien tuottaminen sekä suunnitelmien esittely ja havainnollistaminen mallien avulla.

Taulukko 2. Suunnitteluvaiheen tietomallien käytöt, tuotokset, käyttäjät sekä käyttöihin liittyvät ohjelmistot

Pääkäytöt	Tuotokset	Käyttäjät	Käyttöihin liittyvät ohjelmistot
1) Arkkitehti-suunnittelu	Arkkitehtimalli	Arkkitehti	ArchiCAD, Solibri Model Viewer, Tekla Model Viewer
2) LVIS-suunnittelu	LVI-malli, sähkömalli	LVIS-suunnittelijat	MagiCAD, NavisWorks, Solibri Model Viewer, Dialux
3) Rakennesuunnittelu	Rakennemalli	Rakennesuunnittelija	Tekla Structures, Tekla BIMsight
4) Yhdistelmämallin & törmäystarkastelun tekeminen	Yhdistelmämalli, suunnitelma- virhelistaus	Tietomalli- asiantuntija	Solibri Model Checker
5) Suunnitelmien tai mallien tarkastaminen	Suunnitelma- virheet	Kaikki suunnittelijat	Solibri Model Viewer
6) Energia- ja olosuhdesimuloinnit	Energia- ja olosuhdelaskelmat	LVIS-suunnittelijat	Riuska TM
7) Tietojen ja dokumenttien tuottaminen mallista	Määrätiedot, mm. ikkuna- ja oviluettelot, huonekortit, paperipiirustukset	Kaikki suunnittelijat, tietomalli- asiantuntija	ArchiCAD, Tekla Structures, MagiCAD
8) Suunnitteluratkaisujen esittely ja havainnollistaminen	Ymmärrys suunnitteluratkaisuista	Arkkitehti, LVI-suunnittelijat, tietomalli- asiantuntija	(ei käy ilmi aineistosta)

Arkkitehdit totesivat, että he suunnittelivat yksinomaan mallintamalla.

”No sitä käytettiin aika lailla kaikkeen, tai siis meidän toimistossa mun mielest mallinnetaan aika tarkkaankin asioita, et tietysti, ulkoseinät ja välipohjat ja laatat ja sillee et näyttää, sillä tavalla oikeelta talolta.” (Arkkitehti)

Myös LVIS-suunnittelijat ja rakennesuunnittelijat hyödynsivät mallintamista omassa suunnittelussaan. Suunnittelijat tarkastivat suunnitteluratkaisuja vertaamalla omia mallejaan muiden malleihin. Suunnitelmien tarkastamista varten hankkeessa laadittiin yhdistelmämalli ja siihen perustuva törmäystarkastelulistaus virheistä, mutta sen merkitys haastatteluissa ei korostunut. Osa haastatelluista kertoi, ettei yhdistelmämallia ole käytetty paljon tarkastamiseen, vaan oli haettu esimerkiksi rakenne- ja arkkitehti-malli ja niitä vertaamalla tarkastettu rakenteiden sijainteja tai ”kävelty” mallissa katsellen mahdollisia korjattavia suunnittelukohtia.

”[...] Visuaalisesti tarkistetaan sit että siinä on rakenteet arkkitehdin ajattelemissa paikoilla. Yhdistelmämallia me ei täällä hirveesti oo käytetty [...].” (Arkkitehti)

LVI-suunnittelijat tekivät mallin avulla olosuhde- ja energiasimulaatioita, joiden avulla arvioitiin olosuhde- ja energiankulutustavoitteiden toteutumista valituilla suunnitteluratkaisuilla.

”Me on simuloitu sisäolosuhteitten toteutumista ja vertailtu erilaisii ikkunavaihtoehtoja, auringonsuojausvaihtoehtoja, jotta päästään niihin vaadittuihin olosuhteisiin. Ja sitten myöskin rakennuksen energiankulutusta, koska siinä on ollu tietyt tavoitteet [...].” (LVI-suunnittelija)

Arkkitehdit ja muut suunnittelijat tuottivat tietoja eri tarkoituksiin muille hankeosa-puolille mallin avulla. Arkkitehdit tuottivat ovi- ja ikkunaluettelot hankinnoista vastaaville henkilöille. Lisäksi mallien avulla tuotettiin hankkeen piirustusdokumentit. Tutkijat ovat täydentäneet aineistoesimerkkejä hakasulkujen sisällä sanoilla, joihin tutkijat oletta- van haastateltujen viittaavan.

”Siitä [mallista] otetaan paljon niitä semmosii tietoja että, miten paljon menee julkisivulevyä tai miten paljon on ikkunoita [...] se on se idea, et siitä [mallista] voi laskee kaiken.” (Arkkitehti)

Suunnittelijat ja tietomallikoordinaattori hyödynsivät malleja esitellessään hanketta tai sen suunnitelmia tilaajalle tai käyttäjille. Malleja hyödynnettiin myös suunnittelijoiden välisessä yhteistyössä suunnitteluratkaisujen havainnollistamiseksi suunnittelukokouksissa.

”Sillon mä tein tästä [kohteesta] pienen videopätkän, missä kamera liikkuu sisällä ja lapset ja aikuiset pysty katsomaan millanen [rakennuksesta] tulee ja miltä se näyttäis sisältä.” (Tietomalliasiantuntija)

Käyttö rakentamisvaiheessa

Rakentamisvaiheessa tietomallien pääasiallisia hyödyntäjiä olivat työmaainsinöörit. Muutkin haastatellut puhuivat rakennusaikaisesta mallien käytöstä, mutta he viittasivat nimenomaan edellä mainittujen insinöörien työhön tai totesivat, etteivät itse käytä mallia. Rakennusvaiheen aikainen käyttö oli sekä tietomalliin syötettyjen tietojen hyödyntämistä (kuten määrälaskentaa) että mallin muokkaamista omiin käyttötarkoituksiin (esimerkiksi aikataulusuunnittelu).

Työmaainsinöörit hakivat tarvitsemansa mallit omalle koneelleen hankkeen projektipankista ja käyttivät mallien tarkasteluun tai mallin tietojen hyödyntämiseen ArchiCad tai Solibri Viewer -ohjelmistoja. ArchiCadin käyttöä puolsi se, että arkkitehtimallissa tiedot olivat täydellisemmin saatavilla. Solibrilla taas pystyi katselemaan IFC-muotoista yhdistelmämallia, jossa olivat yhdistettynä kaikkien suunnittelualojen mallitiedot. Rakentamisen aikana malleja käytettiin tuotannon ja materiaalivalmistuksen ajalliseen suunnitteluun ja ohjaukseen, tarjouspyyntöjen valmisteluun ja hankintoihin, kustannusten seurantaan, työntekijöiden ohjaukseen, suunnitelmien tarkastamiseen sekä määrälaskentaan. Rakennusvaiheen aikaiset tietomallien käytöt, tuotokset, käyttäjät ja käytössä hyödynnetyt ohjelmat on koottu taulukkoon 3.

Taulukko 3. Tietomallien käytöt, malleista haetut tiedot, käyttäjät sekä käytössä hyödynnetyt ohjelmistot ja välineet rakennusvaiheessa

Tietomallien käytöt	Malleista haetut tiedot	Käyttäjät	Käytössä hyödynnetyt ohjelmistot ja välineet
1) Aikataulusuunnittelu ja tuotannonohjaus	Määrätiedot aikatauluja varten, aikataulut	Työmaainsinöörit	ArchiCAD, Solibri Model Viewer, Tekla Structures, Planet, Vico Control, Excel
2) Tarjouspyyntöjen valmistelu ja hankintatehtävät	Määrätiedot ja kuvaotokset tarjouspyyntöasiakirjoja ja hankinta-asiakirjoja varten	Työmaainsinöörit	ArchiCAD, Solibri Model Viewer, Excel, sähköposti
3) Kustannusten seuranta	Määrätiedot kustannuslaskelmia varten	Työmaainsinöörit	ArchiCAD, Solibri Model Viewer
4) Työntekijöiden ohjaus	Materiaali-, mitta- ja sijaintitiedot työn toteutusta varten	Työmaainsinöörit	Solibri Model Viewer
5) Suunnitelmien tarkastaminen	Suunnittelijalle lähetetty kuvaotos suunnitelmissa olevasta virheestä tai ongelmasta	Työmaainsinöörit	ArchiCAD, Solibri Model Viewer, sähköposti

Ajallisessa suunnittelussa ja ohjauksessa malleja käytettiin esimerkiksi betonielementtien suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen seuraamiseen sekä lattiavalujen ajalliseen suunnitteluun.

”Ne [betonielementtitoimittajat] toimitti meille tiedon [...], että mikä niillä on valmista tai minkä minkä verran niillä on suunnitelmia ja minkä verran niillä on valmista. Ne toimitti meille listausta, joka myös syötettiin sitte malliin [...]”
 (Työmaainsinööri)

Tarjouspyyntöjen ja hankintojen valmistelussa materiaali- ja määrätietoja selvitettiin mallista. Lisäksi tarjouksiin voitiin liittää kuvaotos mallista, joka selvensi tarjottavaa työtä. Nämä tiedot liitettiin osaksi tarjouspyyntö- tai hankinta-asiakirjoja, jotka lähetettiin edelleen mahdollisille tarjoajille.

”Tarjouspyyntövaiheessa [...] oli lähtenyt vielä mallista joka puolelta kuva siitä, miten arkkitehti oli asian ajatellut. Mallista on käytännössä laskettu sinne [tarjouspyyntöön] [...] kaikki laattapinnat, mattopinnat, alakattopinnat, ovimäärät [...]. (Työmaainsinööri)

Rakentamisen kustannusten seurannassa mallia käytettiin mm. lisä- ja muutostöiden selvittämiseen, valmistuneen työn määrien laskemiseen ja laskutuksen seurantaan.

”Jos mallista menee muutama minuutti aikaa [valmistuneen työn määrän laskentaan] on niinku laskutusta hyvä seurata sillä.” (Työmaainsinööri)

Malleja käytettiin työmailla työntekijöiden ohjaamisessa. Työntekijät pyysivät työmaainsinöörejä hakemaan mallista tarvitsemiaan mitta- tai sijaintitietoja, esimerkiksi LVI-putkien sijaintitietoja. Tämä korostui erityisesti taloteknisissä töissä, joissa rakenteiden tilavaraukset ja talotekniikan määrä asettivat haasteita sekä suunnittelulle että toteutukselle. Työnopastus kasautui työmaalla luonnollisesti niiden työmaainsinöörien tehtäväksi, jotka malleja osasivat hyödyntää, jopa niin, että toisten urakoitsijoiden työntekijät kävivät kysymässä heiltä tietoja.

”Ukkoja on jonossa tohon koneelle. Kaikki ne sähkö-, putki- ja iv-asetajat on jonottamassa koneelle, että sitä pitäis kahtoa ja tätä pitäis kahtoa.” (Työmaainsinööri)

Työmaahenkilöstö kertoi tarkastavansa suunnitelmia mallien avulla rakentamisvaiheessa. Työmaalla tutkittiin malleja ja jos niissä havaittiin virheitä tai puutteita, niistä tiedotettiin suunnittelijalle ottamalla kuvakaappaus mallista, lähettämällä se suunnittelijalle sähköpostilla ja pyytämällä suunnittelijaa korjaamaan suunnitelmat.

”Arkkitehin kanssa vähintään monta kertaa päivässä lähetetään puute-sähköposteja” (Työmaainsinööri)

Edellä kuvattujen käyttöjen lisäksi mainittiin määrälaskenta yleisesti ilman erityisesti määriteltyä käyttötarkoitusta.

Käyttö rakennuksen ylläpidossa

Tietomallien käytöstä ylläpitovaiheessa puhuivat haastatteluissa kiinteistöpäällikkö, projektipäällikkö sekä toinen työmaainsinööreistä. Heistä kenelläkään ei ollut selkeää käsitystä, miten mallia voitaisiin käyttää kiinteistön käyttö- ja ylläpitovaiheessa.

”Sitähän me nyt vasta oikeestaan tutkitaan ja ihmetellään [...]. Lähinnä näin minä voin sanoa, että ulkopuolisen silmin kun sitä katon niin mietityttää sellaset asiat [...] että sen pitäis linkittyä siihen toimintaan ja niihin työkaluihin, joita se

ylläpitoporukka on tottunu käyttämään. Se ei saa olla mikään erillinen paketti täynnä, valtavasti ladattu täyteen tietoa” (Projektipäällikkö)

Kiinteistöhenkilöstöllä oli käytössään monipuolinen ylläpito-ohjelmisto, Ryhti-huoltokirja, jonka käyttöä he pitivät keskeisenä ylläpidon kehittämisessä. Tietomallit ja huoltokirja eivät kommunikoi keskenään, eivätkä haastatellut nähneet mitään syytä korvata tai täydentää toimivaa huoltokirjaa tietomalleilla.

6 KOHTI UUTTA TOIMINTATAPAA

Tutkimusaineistosta kävi ilmi, että monet kirjallisuudessa mainitut suunnittelu- ja rakentamisvaiheen käytöt (Eastman & al., 2011) ovat jo jossain muodossa arkipäivää tutkituissa rakennushankkeissa. Tietomallintamista hyödynnettiin eri alojen suunnittelussa, suunnitelmien laadun tarkastamisessa, energia- ja olosuhdesimulaatioissa sekä määrälaskennan kautta muun muassa hankinnoissa, kustannuslaskennassa ja aikataulusuunnittelussa. Lisäksi malleja hyödynnettiin työntekijöiden ohjaamisessa sekä suunnitteluratkaisujen esittelyssä tilaajan edustajille.

Sellaiset tietomallintamiseen kohdistetut keskeiset hyötyodotukset, kuten suunnitelmien varhaisempi tuottaminen tai suunnitteluvirheiden löytäminen ennen rakentamista, eivät kuitenkaan toteutuneet. Lisäksi mallia ei käytetty ylläpitovaiheessa. Haastateltavat pystyivät kyllä kuvittelemaan, millaisia käyttöjä malleilla rakennuksen ylläpitovaiheessa voisi tulevaisuudessa olla. Aineiston perusteella näyttää siltä, että malleja hyödynnetään hankkeissa pitkälti perinteisten suunnitelmien tavoin eikä niihin liittyvä yhteistyö, osapuolten roolit tai toimintatavat ole radikaalisti muuttuneet. Yksi haastateltava totesi, että tietomallintamisen käytön yhteydessä on jouduttu erityisesti harjoittelemaan yhdessä tekemistä. Tietynlainen tapa tehdä yhteistyötä on syvälle juurtunut pitkään työskennelleiden ammattilaisten keskuudessa. Suunnittelijoiden välisen yhteistyön koettiin lisääntyneen jossain määrin, mutta sitä toteutettiin hyvin perinteisiä kokouskäytäntöjä ja suunnittelun työnjakoa noudattaen. Hankkeissa pidettiin suunnittelukokouksia, käyttäjäkokouksia sekä tarpeen mukaan suunnittelijoiden välisiä suunnittelijakokouksia.

Aineistossa oli joitain esimerkkejä myös perinteisten toimintatapojen ja yhteistyön asteittaisesta muuttumisesta tai uuden ja vanhan toimintatavan sekoittumisesta.

Esimerkkinä voidaan mainita aliurakoitsijan laskutuksen ja valmistuneen työmäärän seuranta. Urakoitsija on perinteisesti mitannut laskutuksen lähtötiedoksi kohteessa tekemänsä työn määrän. Nyt työmaainsinööri pystyi laskemaan määrät mallista, jolloin yksi työvaihe urakoitsijan työstä jäi kokonaan pois. Vastaavasti tarjouspyyntökäytäntö, joka sinällään oli säilynyt hyvin perinteisenä prosessina, täydentyi mallista tuotetuilla määrätiedoilla ja kuvaotoksilla. Perinteisesti tarjousten määrälaskennan on tehnyt tarjouksen antaja.

Toimintatapojen muuttumattomuus ja tämän muuttumattomuuden vaikutus mallista saatavaan hyötyyn näkyy selvästi törmäystarkastelun kohdalla. Yhdistelmämallin avulla tehty törmäystarkastelu on yksi harvoja selkeästi uusia välineitä, joita mallintaminen on tuonut hankkeen toteutukseen ja suunnitelmien laadun tarkastamiseen. Näitä välineitä ei hankkeessa kuitenkaan kovin paljon hyödynnetty. Törmäystarkasteluun liittyvät pelisäännöt, työnjako tai vastuukysymykset olivat osapuolille epäselviä eikä uudenaikaiselle yhteistoiminnalliselle törmäystarkastelulle ollut ”paikkaa” perinteisessä suunnitteluprosessissa. Suunnitteluryhmän ulkopuolinen tietomallikoordinaattori teki törmäystarkastelut yhdistelmämallista ja jakoi ne suunnittelijoille. Hyödyntäminen jäi yksittäisten suunnittelijoiden vastuulle eikä se näkynyt suunnittelijoiden välisessä yhteistyössä. Törmäystarkastelu ei myöskään tuottanut toivottua hyötyä, vaan rakentamisen alkaessa suunnitelmista löytyi edelleen puutteita ja virheitä.

Keskeinen havainto haastatteluaineistosta on, että tietomallia ei hyödynnetty ylläpitovaiheessa. Tässä tuloksessa on nähtävissä potentiaalinen ristiriita. Miksi suunnittelijat ja rakentajat pitäisivät tietomallia ajantasalla, jos ylläpitäjät eivät sitä hyödynnä? Typistyykö malli rakennuksen elinkaaren kannalta vain suunnittelun ja rakentamisen työvälineeksi?

Jo haastatteluaineistossa tuli esiin tietomallintamisen hyödyntämisen sekä perinteisten yhteistyötapojen jännitteitä. Niitä ilmeni myös yksittäisten suunnittelijaosapuolten työ- ja yhteistyökäytännöissä (kts. Korpela, 2012). Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa tulemme havainnoimaan tietomallintamisen käyttöä suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitotoiminnoissa jäsentyneemmän kuvan saamiseksi tietomallintamisen kehittämisen tärkeimmistä haasteista ja ristiidoista. Niiden tunnistaminen ja ratkaiseminen luo realistista pohjaa tietomallintamisen kehittämiseksi.

Kuten artikkelin alkuosassa olemme tuoneet esiin tietomallintamiselle ja siitä saataville hyödyille on asetettu rakennusalalla monia odotuksia ja lupauksia. Näyttääkin siltä, että tietomallintamista pystytään hyödyntämään moneen tarkoitukseen rakentamisen hankkeissa, erityisesti suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Lisäksi tietomallintamisen käyttöönotto tuottaa uudenlaisia käyttömahdollisuuksia ja -ehdotuksia. Tietotekniikan käyttöön ja hyödyntämiseen liittyvässä kirjallisuudessa on painotettu sitä, että uuteen teknologiaan liittyvien työtapojen oppiminen on hidasta ja vanhat työtavat ja organisaatorakenteet muuttuvat toiminnan kehittämisen esteiksi (Perez, 2002). Tutkimuksemme mukaan tietomallintamisen suurimmat haasteet tutkimassamme hankkeessa näyttävät liittyvän siihen, että tietomallintaminen tapahtuu edelleen noudattaen perinteisiä toimintatapoja ja yhteistyökäytäntöjä. Tietomallintamisen tekokas hyödyntäminen näyttää vaativan uudenlaisten yhteistyön tekemisen tapojen ja näitä tukevien sopimuskäytäntöjen aiempaa laajempaa kehittämistä.

LÄHTEET

- Abdelmohsen, S. (2011). *An Ethnographically Informed Analysis of Design Intent Communication in BIM-enabled Architectural Practice*. A Dissertation. Atlanta (GA): Georgia Institute of Technology.
- Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A-P., Reijula, K. & Vainio, T. (2011). *Rakennetun ympäristön roadmap. Loppuraportti*. Tekesin julkaisuja 5. Helsinki: Tekes.
- Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A. & Froese, T. (2009). Building Information Modelling Demystified: Does It Make Business Sense to Adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business* 2(3), 419-433.
- Björk, B.-C. (1995). *Requirements and Information Structures for Building Product Data Models*. Publications of Technical Research Centre of Finland 245. Espoo: Technical Research Centre of Finland.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM Hand-book: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. (2nd Edition.) Hoboken (NJ): John Wiley & Sons.
- Engeström, Y. 1987. *Learning by Expanding*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y., Lomscher, J. & Rückriem, G. (Eds.) (2005). *Putting Activity Theory to Work*. Contributions from Developmental Work Reserach. Berlin: Lehmanns Media.
- Eskola, A. & Suoranta, J. (2000). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere: Vastapaino.
- Gal, U., Lyytinen, K. & Yoo, Y. (2008). The Dynamics of IT Boundary Objects, Information Infrastructures, and Organizational Identities: the Introduction of 3D Modelling Technologies into Architecture, Engineering, and Construction Industry. *European Journal of Information Systems* 17, 290-304.

- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing.
- Harty, C. & Whyte, J. (2010). Emerging Hybrid Practices in Construction Design Work: Role of Mixed Media. *Journal of Construction Engineering and Management* 136(4), 468-476.
- Hirsijärvi, S. & Hurme, H. (1980). *Teemahaastattelu*. Tampere: Gaudeamus.
- Howell, I. & Batcheler, B. (2005). Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential, Some Success and Several Limitations, *The Laiserin Letter*, May 2005.
- Kankainen, J. & Junnonen, J.-M. (2004). *Rakennuttaminen*. Helsinki: Rakennustieto.
- Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karlshøj, J., Bell, H. & Karud, O. J. (2008). *Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM*. Erabuild Funding Organisations.
- Korpela, J. (2012). Tietomallintamisen käyttöönoton ongelmat rakennushankkeessa. *Konsepti – Toimintakonseptin uudistajien verkkolehti 7 (1-2)*. [Verkkójulkaisu] Saatavilla: <http://www.muutoslaboratorio.fi/content.php?page=emagazine>
- Krygiel, E. & Nies, B. (2008). *Green BIM. Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing.
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling. Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. New York: McGraw-Hill.
- Laiserin, J. (2002). Comparing Pommies and Naranjas. *The Laiserin Letter*, 15. [Verkkójulkaisu] Saatavilla: <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>.
- Miettinen, R. (2009). *Dialogue and Creativity. Activity Theory in the Study of Science, Technology and Innovations*. Berlin: Lehmanns Media.
- Morgan, M. & Morrison, M. (Toim.) (1999). *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moum, A. (2008). *Exploring Relations between the Architectural Design Process and ICT. Learning from Practitioners's Stories*. Thesis for the Degree of Philosophiae Doctor. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Perez, C. (2002). *Technological Revolution and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Massachusetts: Edward Elgar Cheltenham.
- Rakennustietosäätiö (1989). RT 10-10387 *Talonrakennushankkeen kulku*. Helsinki.
- Succar, B. (2009). Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18, 357-375.
- Ympäristöministeriö (2002). Suomen rakentamismääräyskokoelma A2. *Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat*. Määräykset ja ohjeet. Helsinki.
- Van Lente, H. & Rip, A. (1998). The Rise of Membrane Technology: From Rhetorics to Social Reality. *Social Studies of Science* 28(2), 221-254.
- Vuorela, K., Urpola, J. & Kankainen, J. (2001). *Johdatus rakentamistalouteen*. Espoo: Jasur.