

Rakennusten tietomallintamisen käyttöönoton pitkä ja mutkikas polku: yhden rakennusliikkeen pitkäikäistutkimus

Julkaisuun M. Tammelin & K. Otonkorpi-Lehtoranta (Eds.) Työelämän tutkimuspäivät 2018. Kestävä tuottavuus ja inhimillinen työelämä. Työelämän tutkimuspäivien konferenssijulkaisu 7/2019, 75-81. Tampere: Tampereen yliopiston sähköiset julkaisut <http://tampub.uta.fi> ISBN 978-952-03-1025-7 (PDF) ISSN-L 1799-1064 ISSN 1799-1064

Kerosuo, Hannele
hannele.kerosuo@helsinki.fi
Helsingin yliopisto
Kasvatustieteellinen tiedekunta
Kasvatustieteiden osasto
Toiminnan kehityksen ja oppimisen tutkimusyksikkö
Diglt-tutkimusryhmä

Mäki, Tarja
tarja.maki@mittaviiva.fi
Helsingin yliopisto ja
Mittaviiva Oy
Kasvatustieteellinen tiedekunta
Kasvatustieteiden osasto
Toiminnan kehityksen ja oppimisen tutkimusyksikkö

Tietomallintaminen viittaa joukkoon ohjelmistoja, joita hyödynnetään rakennuksen suunnittelusta niiden ylläpitoon. Käytön yleistymisestä huolimatta on tietomallintamisen omaksuminen ollut verkkaista. Tutkimuksen tavoitteena on tehdä näkyväksi digitaalisten työvälineiden omaksumiseen liittyviä esteitä, jotka voisivat selittää käyttöönoton hitautta rakennusliikkeen toiminnan teoreettisen lähestymistavan mukaan käyttöönottoa tutkitaan pitkäkestoisena avoimena oppimis- ja kehittämisprosessina. Tutkimuksen kohteena on tietomallintamisen käyttöönotto sitä organisoivan tiimin näkökulmasta isossa rakennusliikkeessä 2006-2015. Tutkimuksessa tarkastellaan, miten käyttöönotto toteutui, millaisia haasteita ilmeni ja miten ne ratkaistiin. Tutkimusaineisto on kerätty soveltamalla narratiivista menetelmää tietomallinnustiimin kahden pitkäaikaisen avaintyöntekijän haastatteluissa. Analyysimenetelmä perustuu toiminnan kehityksen tutkimukseen. Tulokset osoittavat, että onnistuakseen tietomallintava työtapaa vaatii käyttöönoton kuluessa ilmenevien jännitteiden ja ristiriitojen työstämistä ja ratkaisua. Digitaalisten teknologioiden omaksumista tukee välineiden kokeileva käyttö työntekijöiden arkityössä. Mallintamiseen perehtyneen asiantuntijayksikön tuki on tärkeä digitaalisen toimintaympäristön kehittämisessä.

Avainsanat: tietomallintaminen, käyttöönotto, työikäntö, toiminnan teoria, rakennusyritys

1 Johdanto

Tietomallintamisen käyttöönotossa on havaittavissa viive visionaaristen odotusten ja toteutuneen käytön välillä (Linderoth 2010). Viimeaikaisten kansainvälisten tutkimusten mukaan tietomallintamisen käyttö vaihtelee, oli sitten kyseessä mallintamisen omaksumisen "kypsyystaso", levittämisen vastuunjako toimijoiden kesken tai levittämistä tukeva politiikka (Kassem & Succar 2017). Pienet yritykset ovat erityisesti vaarassa jäädä jälkeen tietomallintamisen hyödyntämisessä, koska niillä ei ole vastaavia resursseja investoida laitteiden ja ohjelmistojen hankintaan kuin isoilla yrityksillä (Dainty, Leiringer, Fernie & Harty 2017).

Tunnetut teknologian leviämistä selittävät teoriat eivät välttämättä anna vastauksia tietomallintamisen käytön hitaalle leviämiselle. Käyttöönottoon saattaakin sisältyä monia käytännön esteitä, joita esimerkiksi kyselytutkimuksilla ei tavoiteta. Monissa rakennushankkeissa käytetään tällä hetkellä rinnakkain 2D piirustuksia ja 3D malleja (Harty & Whyte 2010; Park & Lee 2017). Tietomallien yhdistäminen organisaation eri aikakausina kehitettyyn tietoinfrastruktuuriin vaikuttaa myös haasteelliselta (Kerosuo, Paavola, Miettinen & Mäki 2017; Miettinen, Kerosuo, Metsälä & Paavola 2018). Tietomallintamisen hyödyntäminen edellyttääkin uusien työprosessien ja sopimusmallien kehittämistä sekä työroolien ja työnjaon uudistamista (Kerosuo, Miettinen, Paavola, Mäki & Korpela 2015). Lisäksi tarvitaan tietomallintamisen käytön edellyttämien normien ja sääntöjen uudelleen määrittelyä sekä laajempaa kulttuurin muutosta organisaatio- ja yritysverkostoissa (Linderoth 2010).

Kulttuurihistoriallisessa toiminnan teoriassa uusien tietotyövälineiden käyttöönotto on sidoksissa historiallisesti muovautuneeseen käyttöympäristöön (Miettinen, Kerosuo, Korpela, Mäki & Paavola 2012). Tässä artikkelissa tutkitaan tietomallintamisen käyttöönottoa pitkän ajan kestäväenä avoimena prosessina, jonka kuluessa sen käyttö kehittyi yhteistoiminnassa käyttäjien kanssa. Tietomalleja lähestytään käytössä kehittyvinä monimutkaisina digitaalisina artefakteina. Käyttöön otettavat tietomallinnusvälineet eivät ole Suomessa pelkästään nykyhetken tuotteita, vaan perustuvat useita vuosia kestäneeseen tutkimus- ja kehitystyöhön (Aksenova, Kiviniemi, Kocaturk & Lejeune 2018). Artikkelin empiirisessä osassa käyttöönottoa tutkitaan sitä organisoivan tiimin näkökulmasta pitkittäistutkimuksena vuosina 2006-2015 yhdessä rakennusyrityksessä. Miten käyttöönotto toteutui, millaisia esteitä ilmeni ja miten ne ratkaistiin? Tutkimusaineisto on kerätty soveltamalla narratiivista menetelmää tietomallinnustiimin kahden pitkäaikaisen avaintyöntekijän haastatteluissa. Analyysimenetelmä perustuu toiminnan kehityksen tutkimukseen.

2 Teknologian käyttöönottotutkimuksen lähtökohdat ja tutkimuksen keskeiset käsitteet

Teknologian käytäntötutkimuksen mukaan teknologia ja inhimillinen toiminta ovat yhteen kietoutuneita, eikä niitä voi erottaa toisistaan käytännössä. Käytäntötutkijoiden yleisesti omaksuma käsitys on, että käytännöt muotoutuvat jatkuvasti suhteessa erilaisiin olosuhteisiin, joissa niitä sovelletaan (Gherardi 2012). Vastaavasti Orlikowski (2000, 406) väittää, että uuden teknologisen keksinnön käyttöönotto ja käyttö rakentuvat vastavuoroisesti inhimillisessä vuorovaikutuksessa. Orlikowskin mukaan teknologian sisältöä ja ominaisuuksia määrittellään uudelleen ja muunnellaan tilanteiden mukaan.

Ominaisuuksien uudelleen määrittely ja muuntelu ei ole kuitenkaan rajoittamatonta vaan teknologia asettaa sille rajat. Harty (2008, 1038) on tutkinut teknologian suhteellista rajoittuneisuutta rakennusteollisuudessa siirryttäessä kaksiulotteisten mallien käytöstä kolmiulotteisten tietomallien käyttöön. Hänen tutkimuksensa tuo esiin haasteita ja mahdollisuuksia, joita uudet käyttäjät tuovat mukanaan teknologian kehittämiseen. IT-teknologia karkasi jatkuvasti suunnitellun käytön rajojen ulkopuolelle, eikä sitä voitu rajoittaa vain joidenkin tiettyjen toimijoiden käyttöön.

Kautta historian on artefakteja muokattu inhimillisessä toiminnassa käytettäväiksi välineiksi (Cole, 1998). Välineillä on toiminnan teorian mukaan erityinen toimintaa välittävä merkitys (Vygotsky 1978). Toiminnan teoreettisessa tutkimustraditiossa Béguin and Rabardel (2000) ovat tarkentaneet teknologisten artefaktien kehittymistä työvälineiksi. He kutsuvat prosessia instrumentalisaatioksi. Ensimmäisessä vaiheessa uutta artefaktia käytetään rajatuissa olosuhteissa joidenkin yksittäisten toimintojen satunnaisessa suorittamisessa. Toisessa vaiheessa artefaktin käyttö vakiintuu tiettyjen ennalta määriteltyjen toimintojen suorittamiseen. Kolmannessa vaiheessa artefaktia itsessään kehitetään ja muunnellaan, jolloin sitä pystytään hyödyntämään myös uusien toimintojen suorittamisessa.

Uusien teknologisten työvälineiden käyttöönotto muuttaa toiminnan välittyneisyyttä suhteessa sen kohteeseen ja osatekijöihin (Miettinen ym. 2012). Engeströmin kehittämässä toimintajärjestelmässä kulttuuriset keinot ja instrumentit välittävät tekijän toimintaa hänen työstäessään toiminnan kohdetta. Tekijät kuuluvat yhteisöön, jossa tekijöiden keskinäistä vuorovaikutusta välittävät säännöt ja työnjako. Toiminta toteutuu tekoina ja automaattisina operaatioina sosiaalisissa tilanteissa osana toimintajärjestelmien verkostoa. Esimerkiksi rakennushanke voidaan mieltää toimintajärjestelmäksi alihankkijaverkostossa, jossa kullakin alihankkijalla on oma toimintajärjestelmänsä.

Teknologian käyttöönotto ei ole ongelmaton, eikä se automaattisesti muuta toimintaa, sen osatekijöitä ja niiden välisiä suhteita, vaan aiheuttaa jännitteitä ja ristiriitoja. Esimerkiksi tietomallintamisen käyttöönotto voi aiheuttaa jännitteitä toimijoiden välisessä työnjaossa rakennushankkeissa. Vanhan ja uuden teknologian rinnakkainen käyttö voi usein aiheuttaa jännitteitä ja ristiriitoja toiminnassa. Esimerkiksi CAD:in ja BIM:n rinnakkaisesta käytöstä voi seurata erilaisia käytännön ongelmia. Toiminnan teorian mukaan jännitteet ja ristiriidat voivat aiheuttaa toimintaan häiriöitä ja katkoksia, mutta ne voivat luoda myös mahdollisuuksia toiminnan muuttamiseen. Ristiriitojen ratkaisu voi johtaa uusien toiminnan kohteiden tai sen osakohteiden luomiseen (Engeström 1987). Muutoksen edellytyksenä on kuitenkin, että jännitteet ja ristiriidat ratkaistaan järkevällä tavalla. Esimerkiksi tietomallien avulla on mahdollista luoda todenkaltainen kuva suunnitteilla olevasta rakennuksesta, mikä helpottaa avoimien suunnitteluratkaisujen yhteistoiminnallista ratkaisua.

Käytäntötutkijoiden tavoin tässä tutkimuksessa teknologian käyttöönoton mielletään tapahtuvan tiiviissä yhteydessä konkreettiseen käytäntöön. Käyttöönotto ymmärretään prosessiksi, jonka kuluessa sekä teknologia että siihen kietoutuva käyttö kehittyvät toiminnassa ilmenevien jännitteiden ja ristiriitojen ratkaisun kautta. Toiminnan teorian käsitteitä, kuten toimintajärjestelmän malli ja sen osatekijät sekä ristiriita, hyödynnetään analyyttisinä käsitteinä tutkimusaineiston analyysissä. Tutkimusmenetelmiä kuvataan tarkemmin seuraavassa luvussa

3 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen aineisto on kerätty haastattelemalla tietomallintamisen käyttöönottoa tukevan tiimin kahta pitkäaikaista työntekijää. Haastattelut toteutettiin kahtena yksilöhaastatteluna vuonna 2013 ja yhtenä yhteishaastatteluna vuonna 2015. Haastatteluissa rakennettiin kertomusta vuodesta 2006 lähtien, jolloin toinen haastattavista perusti tietomallintamisen tiimin yhdessä sen vetäjän kanssa. Haastattelumenetelmänä sovelletaan niin sanottua avointa haastattelua, jossa haastateltavalle annetaan vapaus jäsentää kertomus tapahtumien kulusta (Rapley 2004). Haastattelukysymykset ovat yleensä suuntaa antavia ja kertomuksen jäsenystä tukevia. Tässä tutkimuksessa haastattelukysymykset olivat kuitenkin samat kuin tutkimuskysymykset.

Haastattelut olivat verrattain pitkiä vaihdellen 68 minuutista 77 minuuttiin. Ensimmäinen yksilöhaastattelu rakentui niin, että haastateltava kertoi kertomusta tietomallintamisen käyttöönotosta ja tutkija kuunteli sitä esittäen välillä lyhyitä täydentäviä kysymyksiä. Toisessa yksilöhaastattelussa täydennettiin ja tarkennettiin ensimmäisen haastattelun tietoja. Kolmas haastattelu oli kahden haastateltavan yhteishaastattelu ja se sisälsi pääasiassa tietomallintamisen käyttöönoton tilannekartoituksen vuonna 2015. Haastattelut tallennettiin digitaalisesti ja tallennukset kirjoitettiin sanatarkasti Word-dokumenteiksi.

Koska haastateltavien määrä oli pieni, tarkasteltiin haastatteluissa muodostettua kuvaa suhteessa käyttöönotosta vuosina 2012-2013 kerättyyn havaintoaineistoon yrityksen kolmen rakennushankkeen kymmenestä projektialaverista, joissa käytettiin

tietomallintamista. Lisäksi tietomallintamistiimin toimintaa 'varjostettiin' kahden päivän ajan syksyllä 2012. Varjostus on etnografinen menetelmä, jossa tutkijat havainnoivat jonkin yksittäisen työntekijän tai tässä tapauksessa tiimin toimintaa heidän toimintaympäristössään osallistumatta varsinaisesti työskentelyyn. Keväällä 2016 tutkija esitti aineistosta tekemänsä analyysin yrityksen tietomallintamisesta vastaavalle tiimille. Tiimin jäsenet tekivät joitakin tarkennuksia analyysiin, mutta tutkimuksen kuvaus vastasi päälinjoiltaan käyttöönoton kulkua ja sisältöä.

Tutkimuksen analyysimenetelmä perustuu toiminnan teorian piirissä kehitettyyn historiallisen kehityksen analyysiin (Engeström 1995). Analyysi perustui kolmeen metodologiseen kysymykseen: (1) mitkä toiminnan piirteet ovat analyysin kohteena, (2) millä perusteella kehitys jaetaan vaiheisiin ja (3) miten siirtymät vaiheesta toiseen perustellaan? Toimintajärjestelmän osatekijät olivat analyysin kohteena olevia toiminnan piirteitä. Niiden lisäksi tarkasteltiin käyttöönoton logiikkaa ja tietomallintamisen käyttöä sekä koulutusta. Kehitys jaettiin vaiheisiin tunnistamalla haastateltavien ehdottamat keskeiset siirtymät vaiheesta toiseen. Siirtymien sisältöä tarkennettiin tunnistamalla keskeinen jännite tai ristiriita tietomallintamisen käyttöönottoprosessissa. Vaiheiden toteutumisajankohtien määrittely on ajallisesti viitteellinen, koska siirtymät vaiheesta toiseen olivat liukuvia.

4. Tulokset

Tutkimuksessa tunnistettiin neljä siirtymävaihetta tietomallintamisen käyttöönotosta. Niiden sisältö on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Tietomallintamisen käyttöönoton neljä vaihetta yhdessä yrityksessä vuosina 2006-2015

	Pioneeritoiminta 2006-2007	Mallintamisen käyttö rakennushanke issa 2008-2011	Laajeneva käyttö 2011-2014	Vakiintuva käyttö Syksy 2015
Tekijät	Mallinnustiimi (3 jäsentä), kustannuslaskijat	Mallinnustiimi (3-4 jäsentä), korjausrakentamisen tiimin jäsenet yksittäisillä työmailla	Mallinnustiimi (4-6 jäsentä), käytön vastuuhenkilö työmaalla, hankeryhmä	Mallinnustiimi, työmaanjohto, hankeryhmät
Kohde	Tekninen kehitystyö ja tuki, voiko arkkitehtimallilla tehtyä informaatiota käyttää kustannusarvioiden ja aikataulujen lähtötietona?	Käyttö korjausrakentamisessa, tekninen kehitystyö (testaus, informaation luotettavuus, informaation siirron standardit)	Mallien käytön tukeminen projekteissa, tekninen kehitystyö, käytäntöjen kehittäminen	Projektien tukeminen, tekninen kehitystyö, toimijoiden osaamisen arviointi ja varmistaminen
Väline	Tiedot käytettävissä arkkitehtimallista lisäsovellusten avulla, IFC-tiedonsiirron testaus, muiden sovellusten tutkimus	Useita vaihtuvia sovelluksia, hankevaihealustan ohje suunnittelupalaverit, määrälaskentalistaus, ristiinvertailu katselmus	Useita sovelluksia käytössä, malliasiakirjat, ohjeistukset, jatkuva arviointi ja kehittäminen käytännöksi	Tietomalliselostheet, malliasiakirjat, vakiintuneet neuvottelukäytännöt, ylläpitosoftien kehittäminen, allianssimalli, big room
Työnjako	Mallinnustiimi, kustannuslaskijat	<i>TM-tiimi:</i> teknologian	<i>Mallinnustiimi:</i> projektien tuki,	Mallintamisen työnjako ja sen

		testaus, mallien tarkistus, tuki kokouksissa <i>Käyttäjät:</i> työmaan aluesuunnitelmat, määrälaskentatietojen haku malleista, törmäystarkastelut	mallien tietosisällön oikeellisuuden selvittäminen <i>Käyttäjät:</i> koulutus kehitys, mallien hyödyntäminen, suunnitelmien oikeellisuus	laajuus ja tarkkuus sovitaan projektikohtaisesti osallistujien kesken, projekteilla mallinnuksen vastuuhenkilöt
Käyttöönoton logiikka, käyttö	Ei tietoista logiikkaa, kustannuslaskenta	"Lusikkamalli" Käyttötapausajattelu, määrälaskenta, mallien hyödyntäminen projektipalaverissa	"Back Office" malli	"Vesillelasku-systematiikka", useita malleja hyödyntäviä käyttäjiä, mallien käyttö määräytyy toimijoiden osaamisen ja hanketyypin mukaan
Koulutus	"Vierihoidon" ja koulutus kustannuslaskennalle	Perustietojen kouluttaminen projektikohtainen koulutus, alihankkijoiden koulutus	Vastuuhenkilöiden koulutus projekteihin, paikkakuntakohtaiset "turnee" koulutukset	Oppiminen tapahtuu oman tekemisen kautta
Siirtymä	Ei jalkautunut laajemmin, työntekijöillä vaikeaa luopua totutuista työkäytännöistä, ei luottamusta tietomallinnuksen avulla saatuihin tietoihin	Mallinnusta hyödyntävien tiimien määrän kasvu, jännite projektien tuen tarpeen vs. mallinnustiimin resurssit	Mallinnustiimin kehittäminen, tietomallintamisen laajentuminen kaikkiin projekteihin vs. mallinnustiimin resurssit	Jännitteitä yrityksen ja sen alihankkijaverkoston välillä, jännitteet ratkaistaan hankekohtaisesti

Tietomallinnustiimin jäsenmäärä lisääntyi käytön laajentuessa alun kolmesta jäsenestä kuuteen tutkittuna ajanjaksona. Heidän työnsä kohde laajeni myös teknisestä kehitystyöstä mallien käytön tukemiseen projekteissa sekä työkäytäntöjen kehittämiseen. Käyttöön otettavat välineet olivat erilaisia asiantuntijamallien sovelluksia, standardoituja tiedonsiirtovälineitä, mutta tietomallintamisen laajentuessa tietomallinnustiimi oli mukana kehittämässä myös erilaisia työkäytäntöjä, kuten palaverikäytäntöjä ja malliasiakirjoja. Tiimin ja tietomallintamisen käyttäjien työnjako vaihteli käyttöön oton laajentuessa. Mallintamisen käyttöön oton alkuvaiheessa ei ollut erityistä tietoista käyttöön oton logiikkaa, mutta jo toisessa vaiheessa kehitettiin "lusikkamalli" käyttöön ottoon. Sen mukaan malleja hyödynnettiin vähitellen erilaisissa työtehtävissä, eikä esimerkiksi yhdellä kertaa kaikkia mahdollisia käyttöjä. Kolmannessa vaiheessa kehitettiin niin sanottu "back office" -malli, jonka mukaan mallinnustiimin toiminta muuttui enemmän käytännön toimintaa tukevaksi projektitiimien jäsenten hoitaessa varsinaiset mallinnustehtävät esimerkiksi projektikokouksissa. Neljännessä vaiheessa, kun oli jo useita malleja hyödyntäviä käyttäjiä, tietomallinnustiimi alkoi systemaattisesti kouluttaa avainhenkilöitä tietomallien käyttäjiksi uusissa rakennushankkeissa. Ensimmäistä käyttöönottovaihetta lukuun ottamatta siirtymä vaiheesta toiseen perustui tietomallintamisen laajentuneen käytön yhteydessä muodostuneiden jännitteiden ratkaisuun.

5. Diskussio ja johtopäätökset

Digitaalisten teknologioiden hyödyntäminen on hidasta ja edellyttää käyttäjien omakohtaista kokemusta mallien käytöstä. Kaikkia uusien teknologioiden tarjoamia mahdollisuuksia ei voi määritellä etukäteen, vaan mahdollisuudet määrittyvät ja toteutuvat vähitellen käytön myötä. Uusi tietomallintava työtapaa vaatii rinnalleen uusia menetelmiä ja siihen liittyvien välineiden käytön oppimista. Tietomallien ohella tarvitaan useita muita muokattavia välineitä. Käyttöönottokuluissa ilmenevien jännitteiden ja ristiriitojen järkevä ratkaisu on tärkeä osa tietomallintamisen käyttöönottoa. Esimerkiksi ohjelmistojen jatkuvan testaamisen avulla oli mahdollista vähentää teknologian käytöstä johtuvia häiriöitä ja katkoksia toiminnassa. Työnjaon uudelleen määrittely tiimin ja rakennushankkeiden välillä käyttöönottokuluissa oli todennäköisesti välttämätöntä tietomallintamisen käytön laajentumisen kannalta.

Käyttöä organisoivan tiimin panos oli keskeinen yrityksen tietomallintamisen käyttöönotossa. Käyttöönottoprosessiin sisältyi ohjelmistojen kokeiluja ja muuntelua, yksi hiipunut käyttöönotto kokeilu, kokeilu yrityksen rakennushankkeissa ja lopulta laajentuminen lähes kaikkiin hankkeisiin samalla arvioiden mallien käytöstä saatavia hyötyjä. Tiimin toimesta yrityksessä kehitettiin erilaisia mallidokumentteja hankkeiden toteutuksessa tarvittaviksi alustoiksi, kokouskäytäntöjä ja työtapoja.

Tietomallinnuksen oppiminen edellyttää oppijan omaa tekemistä ja kokemusta mallien käytöstä. Mallintamisen omakohtainen käyttö ja kokeilu olivat yrityksessä oleellinen osa oppimista. Oppimista ei tapahdu, jos ulkopuoliset asiantuntijat ottavat liikaa vastuuta tietomallien käytöstä hankkeissa.

Tutkimuksen perusteella herää kysymyksiä, missä mielessä tietomallintaminen voi vakiintua ja kuinka kauan vakiintunut vaihe voi kestää. Esimerkiksi Orlikowski (2000) on sitä mieltä, että uusiin teknologioihin perustuvat käytännöt voivat vakiintua vain jossain määrin. Jos näin todella on, tarvitaan yrityksissä tietomallintamisen käyttöön perehtyneitä asiantuntijoita, jotka seuraavat teknologian kehitystä, testaavat uusia ohjelmia ja käynnistävät tarvittavia toimenpiteitä yrityksen toiminnassa.

Tutkijoiden kiitokset

Tutkimuksen kohteena olevan yrityksen tietomallintamisen tiimille kiitos pitkäaikaisesta yhteistyöstä. Tutkijat kiittävät myös rahoittajia mahdollisuudesta tutkia tietomallintamisen käyttöä pitkällä aikavälillä. Tutkimusaineisto on kerätty Helsingin yliopiston CRADLE-yksikössä kolmen tutkimushankkeen aikana: RYM Oy:n, Tekes:n ja rakennusteollisuuden rahoittamassa PRE-ohjelmassa (2011-2014), Suomen Akatemian hankkeessa *Advanced Forms of Building Information Modeling – Novel tools for learning across boundaries in construction projects* (2013-2015) ja Työsuojelurahaston rahoittamassa tutkimuksessa *Hankkeesta toiseen oppiminen, tietomallintamisen johtaminen, organisointi ja koordinointi* -hankkeessa (tutkimushanke 115196), jonka HY:n CRADLE-yksikkö toteutti yhteistyössä Mittaviiva Oy:n kanssa. Lisäksi tutkija on saanut artikkelien työstämistä varten stipendin hankkeelle: *Tietomallintamisen käytön kehittäminen ja uudet työroolit rakennushankkeissa* (stipendi 117034). Lisäksi tutkija kiittää kollegoja Helsingin yliopiston CRADLE-yksikössä ja Mittaviiva Oy:ssä tiiviistä yhteistyöstä.

Lähdeluettelo

Aksenova, G. Kiviniemi, A. Kocaturk, T. & Lejeune, A. (2018) From Finnish AEC knowledge ecosystem to business ecosystem: Lessons learned from the national deployment of BIM. *Construction Management and Economics*, published on-line <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1481985>

- Béguin, P. & Rabardel, P. (2000) Designing for instrument-mediated activity. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 12, 173-190.
- Cole, M. (1998) *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The Belknap Press and Harvard University Press.
- Dainty, A. Leiringer, R. Fernie, S. & Harty, C. (2017) BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building Research & Information*, 45, 696-709.
- Engeström, Y. (1987) *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Unigrafia.
- Engeström, Y. (1995). *Kehittävä työntutkimus. Perusteita, tuloksia ja haasteita*. Helsinki: Hallinnon kehittämiskeskus, Painatuskeskus.
- Gherardi, S. (2012) *How to conduct a practice-based study: Problems and methods*. Cheltenham UK, Northampton MA USA: Edgar Elgar.
- Harty, C. (2008) Implementing innovation in construction: Contexts, relative boundedness and actor-network theory. *Construction Management and Economics*, 26, 1029-1041.
- 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.
- Kassem, M. & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286-299.
- Kerosuo, H. Miettinen, R. Paavola, S. Mäki, T. & Korpela, J. (2015) Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects. *Production (Produçao)*, 25, 289-297.
- Kerosuo, H. Paavola, S. Miettinen, R. & Mäki, T. (2017) *Hankkeista oppiminen. Tietomallintamisen johtaminen, organisointi ja koordinointi rakennushankkeissa*. Helsinki: Unigrafia.
- Linderoth, H. C. J. (2010) Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. *Automation in Construction*, 19, 66-72.
- Miettinen, R. Kerosuo, H. Metsälä, T. & Paavola, S. (2018) Bridging the lifecycle: Linking BIM and facility management infrastructures. *Journal of Facilities Management*, 16, 2-16.
- Miettinen, R. Kerosuo, H. Korpela, J. Mäki, T. & Paavola, S. (2012) An activity-theoretical approach to BIM-research. Teoksessa G. Gudnason and Rimar Scherer (toim.), *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, 777-781. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Orlikowski, W. J. (2000) Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations. *Organization Science*, 11, 404-428.
- Park, J. H. & Lee, G. (2017) Design coordination strategies in a 2D and BIM mixed-project environment: social dynamics and productivity. *Building Research & Information*, 45, 631-648.

Rapley, I. (2004) Interviews. Teoksessa C. Seale, G. Gobo, J. F. Gubrium & D. Silverman, (toim.). *Qualitative Research Practice*, 15-33. London UK, Thousand Oaks CA, US, New Delhi India: Sage Publications.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.