



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LAURI HÄKKINEN
TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN
ERIKOISPOHJARAKENTAMISEN TUOTANTO-
ORGANISAATIOSSA
Diplomityö

Tarkastajat:
professori Pauli Kolisoja,
professori Jarmo Laitinen,
diplomi-insinööri Annina Peisa
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Rakennetun ympäristön tiedekunta-
neuvoston kokouksessa 15. elokuu-
ta 2012

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

HÄKKINEN, LAURI: Tietomallien hyödyntäminen erikoispohjarakentamisen tuotanto-organisaatiossa

Diplomityö, 71 sivua, 1 liitesivua

Syyskuu 2012

Pääaine: Yhdyskuntarakentaminen

Tarkastajat: professori Pauli Kolisoja, professori, Jarmo Laitinen, diplomi-insinööri Annina Peisa

Avainsanat: Tietomalli, BIM, lean, yhdyskuntarakentaminen, infrarakentaminen, erikoispohjarakentaminen, syvästabilointi, InfraRYL

Tuottavuuden kehittämiseksi Suomen rakennusalalla on otettu vähitellen käyttöön älykkeitä tietomalleja. Tietomallien tarkoituksena on esittää kaikki rakennushankkeen aiheet ja materiaalit, kuten suunnitelmat, dokumentoinnit, jne., samassa sähköisessä mallissa. Yksi tietomallin tunnistettavimmista ominaispiirteistä on sen 3D-visualisointi.

Toistaiseksi tietomallien käyttöönotto on edennyt parhaiten talonrakentamisen toimialalla. Infrarakentamisen puolella edistystä on tapahtunut lähinnä suunnittelutoimistoissa. Tässä Lemminkäinen Infra Oy:lle luovutettavassa tutkimuksessa on perehdytty aiheeseen infrarakentamisen sektorilla toimivan tuotanto-organisaation näkökulmasta. Tavoitteena oli selvittää tuotanto-organisaation mahdollisuuksia, uhkia ja muutospaineita, joita tietomallien käyttöönotto aiheuttaa. Lisäksi tutkittiin tuotantovaiheen aikataulua tietomalleihin siirtymisessä.

Tutkimusmenetelminä olivat kirjallisuustutkimus sekä henkilöhaastattelut. Haastatteluja suoritettiin sähköpostitse, puhelimitse sekä kasvotusten. Pääosin sähköpostitse tehdyn haastattelun kohderyhmänä olivat alan eri osapuolia edustavat asiantuntijat. Yksittäisiä haastatteluja käytiin lisäksi Lemminkäinen Infra Oy:n toimihenkilöiden kanssa.

Lopputuloksena nykyinen tilanne nähtiin selkeästi epävakana tuotantoteknologioiden suhteen. Koneteknologian lisäksi kehityspanokset tähtäävät enenevässä määrin tietomallipohjaiseen työskentelyyn. Suomen suurimpien infrarakentajien omistajien lausuma virallinen aikataulu tietomalleihin siirtymisessä on, että vuonna 2014 kaikki palvelut tilataan tietomalleihin perustuen. Tämän tutkimuksen haastattelukyselyssä saatiin selville, että kaikki infrarakentamisen toimijat eivät suinkaan ole samaa mieltä siirtymisaikataulusta. Virallisen aikataulun toteutumista epäiltiin ja valtaosa arveli muutoksen tapahtuvan todennäköisesti asteittain tulevien vuosien aikana. Moni uskoi implementointivaiheen olevan viiden vuoden päästä vielä kesken.

Urakoitsijan näkökulmasta tietomallien käyttöönotto näyttäisi olevan tehokas tapa parantaa tuottavuutta pidemmällä aikavälillä. Sillä on lukuisia etuja verrattuna perinteisiin piirustusperusteisiin työskentelytapoihin. Lisäksi se epäsuorasti pakottaa organisaation työskentelemään tehokkaammin. Implementointivaiheen kustannukset näyttäisivät jäävän kohtuullisen matalalle tasolle verrattuna tietomallien tuomiin kustannussäästöihin, mikäli se otetaan käyttöön kaikilla toiminnan tasoilla. Lean-osiassa osoitettiin, että tietomallien tuomat hyödyt ovat jopa korkeammat, kun ne yhdistetään lean-ideologiaan.

Ohjeina infrarakentamisen urakoitsijoille tietomallien käyttöönottoon ovat: yhteistyö ohjelmisto- ja laitevalmistajien kanssa, ydinprosessien uudelleenajattelu tietomallipohjaisia järjestelmiä tukeviksi, organisaatorakenteen muokkaaminen tukemaan aiempaa tehokkaampia työskentelytapoja sekä kilpailustrategiasta päättäminen, jotta aiemmin mainitut voidaan toteuttaa. Tietomallit tulevat vääjäämättä, se on vain ajan kysymys.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

HÄKKINEN, LAURI: Utilisation of building information models in production or-
ganisation of foundation engineering

Master of Science Thesis, 71 pages, 1 appendix pages

September 2012

Major: Municipality Engineering

Examiners: Professor Pauli Kolisoja, Professor Jarmo Laitinen, M.Sc. (Tech.)

Annina Peisa

Keywords: Building information modelling, BIM, lean, municipality engineering,
infrastructure construction, foundation engineering, InfraRYL

To improve the productivity of Finnish infra-construction the industry has gradually started to adopt building information models (BIM). The main purpose of BIMs is to present all the information concerning construction project (design, documentation, etc.) in the same IT-model. One of the most typical features of BIM is 3D-visualisation.

So far, the implementation of BIMs has advanced most efficiently in housing construction industry. When it comes to infrastructure industry, the improvements have mainly taken place in design agencies. In this study made for Lemminkäinen Infra Oy the subject is approached from infrastructure production organization's (contractor) point of view. The objective was to clarify the possibilities, threats and pressures for change the implementation of BIMs will cause in production organizations. Also the schedule of the implementation process in production was studied.

Literature study and interviews were the primary research methods. Interviews were performed by e-mail, phone and face to face. E-mail oriented interview was directed to professionals of various positions in the infrastructure construction industry. In addition, face to face interviews were performed with employees of Lemminkäinen Infra Oy.

As a result, the current situation was found to be clearly unstable in terms of production technology. In addition to machine technology, the improvements are aiming more and more towards BIM based working platforms. The official schedule stated by the largest infrastructure owners in Finland is that all the commissions in 2014 will be based on BIM technology. In the interview of this study was found out that not all the actors among infraconstruction industry are unanimous about the schedule. The official schedule was not commonly verified in the interview and most of the interviewees reckoned that the change will more likely occur gradually during oncoming years. Many thought that the implementation phase isn't even nearly finished in five years.

From contractor's point of view, the implementation of BIMs was found out to be an effective way to improve productivity over the long haul. It has numerous advantages compared to traditional drawing based ways of operation. It also indirectly forces the organization to work more efficiently. The financial cost of the implementation phase seemed to stay on minor levels compared to the saves BIM generates when applied on all levels of operation. On the lean section it was pointed out that the advantages acquired by BIM are even higher when organization combines BIM with lean-principles.

For infraconstruction contractors the guidelines for BIM adoption are: co-operation with software designers and machinery producers, rethinking of core processes to suit BIM-based IT environments, reforming organization structure to support developing and more efficient working methods and deciding the competitive strategy to help defining all the previous ones. The BIM-change is inevitable, it's only a matter of time.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty vastaamaan Lemminkäinen Infra Oy:n tietomalleihin kohdistuvaan kiinnostukseen. Erityiskiitos mielenkiintoisen aiheen ehdottamisesta ja koko tutkimustyön aktiivisesta ohjauksesta, ideoinnista ja ajatusten vaihdosta kuuluu Lemminkäinen Infra Oy:n Pohja- ja insinöörirakentamisen yksikön rakennuspäällikölle Annina Peisalle. Haluan kiittää myös muita työn tarkastajia Pauli Kolisojaa ja Jarmo Laitista hyvistä kommentteista, ideoista sekä rakentavasta palautteesta. Myös Rakennustiedon Lea Vettenranta sekä Lemminkäinen Infra Oy:n Stefan Malm ja Olli Ormio auttoivat suuresti erityisesti työn alkuvaiheessa. Suuri kiitollisuudenosoitus myös kaikille perheenjäsenilleni, ystävilleni sekä tutuille, joita olen saattanut varsinkin kuluneen vuoden aikana vaivata mietinnöilläni infrarakentamisen teknologisesta nykytilasta ja kehityksestä.

Erityisesti oma mielenkiintoni rakennusalan tietomalleihin kasvoi työn edetessä ja toivonkin, että tutkimuksesta on hyötyä mahdollisimman monipuolisesti tulevassa murrosvaiheessa.

Tampereella 14.9.2012

Lauri Häkkinen

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet	3
1.2	Tutkimuksen rajaukset	4
1.3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritusstapa	4
1.4	Tutkimuksen ennakoitavat tuotokset	5
2	Tietomallit infra-alalla	6
2.1	Yleistä tietomalleista	7
2.2	Tietomallien kehittämishankkeet infra-alalla	10
2.3	Nykytila-analyysi ja katsaus tulevaisuuteen haastattelun perusteella	13
2.3.1	Tilanne tällä hetkellä	14
2.3.2	Tilanne kahden vuoden kuluttua	15
2.3.3	Tilanne viiden vuoden kuluttua	16
2.4	Tietomallit erikoispuhjarakentamisessa	17
3	Tietomallien käyttöönotto infrarakentamisessa	18
3.1	Muutosvaiheen problematiikka	20
3.2	Tuotanto-organisaation valmistautuminen tietomalleihin	23
3.2.1	Tuotannon hyödyt	23
3.2.2	Tuotanto-organisaatioon prosesseihin kohdistuvat vaatimukset ja vaikutukset	26
3.2.3	Tuotantoprosesseja tukevat tietomalliohjelmistot	34
3.2.4	Teknologiastategia ja teknologinen tiekartta	36
3.3	Rakennusprojektista kohti rakennusprosessia	40
3.3.1	Lean Construction	41
3.3.2	Tietomallit ja Lean Construction	43
3.4	Tietomallien riskienhallinta	46
3.4.1	Riskien tunnistaminen ja arviointi	48
3.4.2	Toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus	50
4	Case: Syvästabilointi	53
4.1	Tiedonhallinnan nykytila syvästabiloinnissa	53
4.1.1	Tuotantotiedon valmistelu	54
4.1.2	Tuotantovaihe	54
4.1.3	Dokumentointi	56
4.1.4	Hyödyt ja kehityskohteet	56
4.2	Tulevaisuuden näkymät	57
5	Tietomallien vaikutukset InfraRYL-laatuvaatimusjärjestelmään	59
5.1	Tietomallien muutosvaikutukset teknisiin vaatimuksiin	60
5.2	Muut palvelun kehitysmahdollisuudet	61
6	Päätelmät ja jatkotutkimustarpeet	62
6.1	Päätelmät nykytila-analyysistä ja katsauksesta tulevaisuuteen	62
6.2	Päätelmät tietomallien käyttöönotosta infrarakentamisessa	63

6.3	Päätelmät tietomallien käyttöönotosta erikoispohjarakentamisessa.....	65
6.4	Tulosten sovellettavuus ja rajoitukset	65
6.5	Jatkotutkimustarve	65
6.6	Työn onnistuminen.....	67
Lähteet	68
Liitteet	72

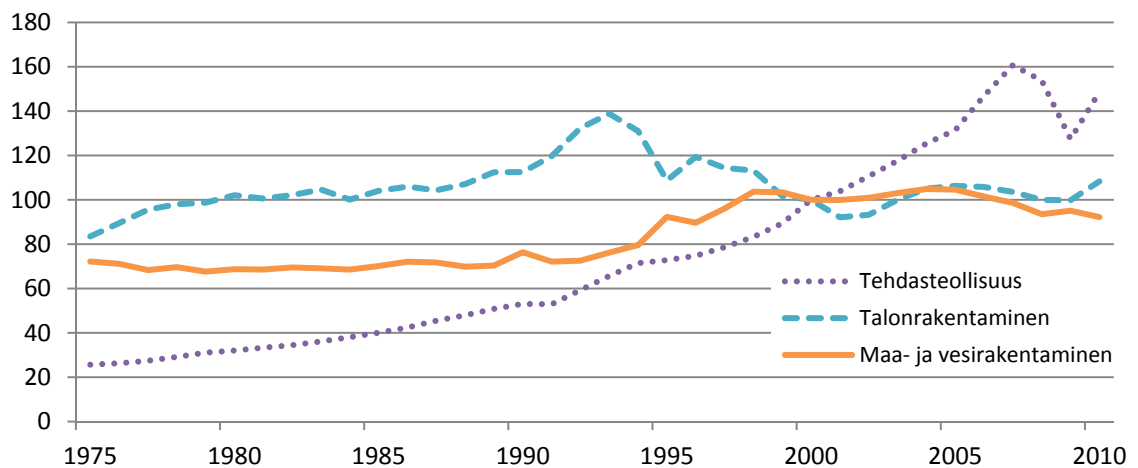
TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

BIM	Building Information Model(ling). Tietomalli(ntaminen). Informaatioteknologinen malli, joka sovittaa yhteen rakentamisen eri osa-alueiden tietojärjestelmät. [1]
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu. [2]
IFC	Industry Foundation Classes (IFC) mahdollistaa rakennus-alalle yhteensopivan tietoteknisen ympäristön IFC-formaattia tukeville ohjelmistosovelluksille. [3]
InfraBIM	Infra-alalla voidaan käyttää tietyn kohteen tuotemallista termiä infratietomalli, ja vastaavasti englanninkielistä lyhennettä InfraBIM (Infra Built Environment Information Model). [4]
Prosessi	Toisiinsa liittyvien toimintojen, toimintojen välisten tietojen ja materiaalivirtojen, resurssien sekä prosessin hallinnan muodostama kokonaisuus määritellyn tuloksen tuottamiseksi. [5]
Tietomalli	Myös tuotemalli. Tiettyä tuotetta (esim. infrakohdetta) kuvaavat tiedot tuotetietomallin mukaisesti jäsennettynä, ja tallennettuna tuotetietona, tietokone-sovelluksilla tulkittavissa olevassa muodossa. Esim. tietyn infrarakenteen, kuten tien, tiedot tallennettuna LandXML 1.2 / Inframodel 1.2 -spesifikaation mukaiseen siirtotiedostoon. [4]
TPS	Toyota Production System. Japanilaisen autonvalmistajan, Toyotan, kehittämä tuotantojärjestelmä. [6]

1 JOHDANTO

Suomen rakennusalan tuottavuuskehitys on vuosina 1980 – 2007 ollut erittäin heikkoa – keskimäärin alle prosentin vuodessa. Rakennusala kuvaavien tuotantolukujen osittain relevantiksi vertailukohtaksi voidaan valita esimerkiksi suomalainen valmistava teollisuus, jonka tuottavuus on kasvanut samaisella hieman alle 30 vuoden ajanjaksolla keskimäärin noin kuusi prosenttia vuodessa [7]. Ero on huomattavan suuri ja se korostuu erityisesti pidemmällä tarkasteluvälillä.

Tuottavuusongelma on tunnistettu maa- ja vesirakentamisen toimialalla. Alla olevassa kuvassa 1.1. on esitetty Tilastokeskuksen tuottamaa tietoa toimialakohtaisesti Suomen tuottavuuden kehityksestä aikavälillä 1975 – 2010. Kuten kuvasta havaitaan, maa- ja vesirakentamisen tuottavuus on 1990-luvun positiivisen kehityksen jälkeen pysynyt kuluneen 2000-luvun lähes samana – loppupuolen kehityksen ollessa jopa negatiivista. Ala on muun muassa tästä syystä joutunut myös julkisen kritiikin kohteeksi [8,9]. Myöskään talonrakentamisen osalta tuottavuus ei ole kehittynyt, vaan 1990-luvun alkupuolen jälkeen se on jopa laskenut merkittävästi. Tehdasteollisuuden sitä vastoin on onnistunut moninkertaistamaan tuottavuutensa kyseisellä tarkastelujaksolla.



Kuva 1.1. Suomen kansantalouden tuottavuuskehitys toimialoittain laskettuna arvonnäkökulman kautta (Indeksi, 2000 = 100) [10]

Maa- ja vesirakentamisen hankkeiden projektiluontoisuus on muodostanut pätevän syyn perustella menneiden vuosien heikkoa tuottavuuskehitystä. Lisäksi asiaa on perusteltu muun muassa rakentamisen toteutustapojen muuttumisella: uudisrakentaminen on vähentynyt erikoisrakentamisen sekä korjausrakentamisen osuuksien kasvaessa. Esitetyt väitteet ovat osin perusteltujakin sillä yhä enenevässä määrin infrarakentamisen kohteet sijaitsevat rakennetussa ympäristössä ja kaupunkikeskustoissa, neitseellisen luonnon

sijaan. Kaikista negatiivista syistä huolimatta, trendi ei ole perusteltavissa – varsinkin kun huomioidaan viime vuosikymmenien teknologisen kehityksen tuomat mahdollisuudet.

Erytynen kiinnostus alan tuottavuusongelmaan johtuu yritysten kansallisen ja kansainvälisen kilpailukyvyn tärkeyden lisäksi myös infrarakentamiseen käytettävien valtion määrärahojen vähentymisestä. Markkinakoko on monilta osin riippuvainen julkisesta rahoituksesta. Rakennetun ympäristön korjausvelan pienentämiseksi ja rappeutumisen estämiseksi julkishallinnon on käytännössä pyrittävä säilyttämään vähintään nykyisen infratuotannon volyymin laskevan trendin mukaisilla supistuvilla määrärahoilla [10]. Kansainvälisen kilpailukyvyn kannalta huolta kantavat erityisesti monikansalliset suomalaiset rakennuskonsernit, jotka Suomen kaltaisessa avoimessa kansantaloudessa ovat laajentaneet toimiaan ulkomaille ja ovat näin ollen yhä enenevässä määrin alttiita myös ulkomaisten yritysten kilpailudynamiikalle ja sitä kautta kansainväliselle tuottavuuskilpailulle. Tästä näkökulmasta myös halu kehittää kansainvälisesti yhteneviä käytäntöjä on suuri.

Varsinaista kehitystä tuottavuuden näkökulmasta on tapahtunut vain muutamilla infrarakentamista tukevilla toimialoilla. Näistä ulkoisista klustereista suurimpia harppauksia ovat tehneet muun muassa kone- ja laiteollisuus [10]. Näidenkään osuus ei ole kuitenkaan riittänyt saamaan tuottavuuskuvaajia nousuun, vaan vastavuoroisesti lukuisat negatiiviset vaikuttimet ovat olleet viimeisen vuosikymmenen aikana vähintään yhtä suuria.

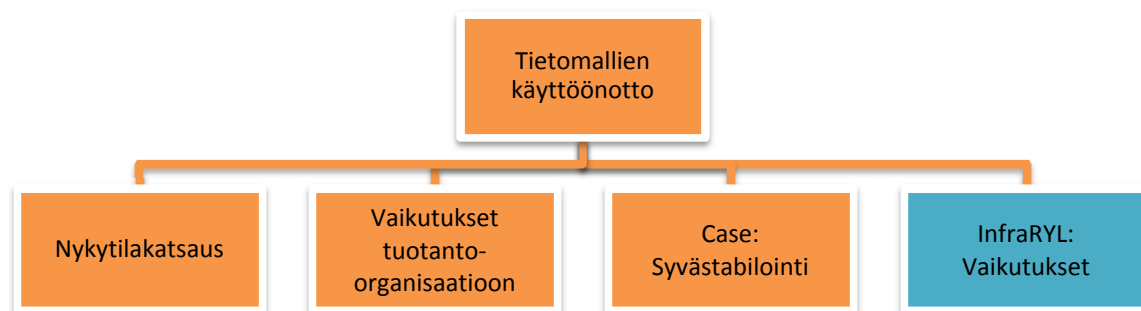
Viime vuosina tuottavuuden kehittämisen suhteen on asetettu korkeita odotuksia tietomallien hyödyntämiselle. Sen tehokkuusvaikutuksia on tutkittu ja todisteltu talonrakentamisen sektorilla jo viime vuosikymmenen loppupuolelta alkaen. Tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyn haastattelututkimuksen perusteella voidaan todeta, että infrarakentamisen osalta tilanne on monilta osin yhä epäselvä. Alan toimijoilla ei ole selkeää käsitystä tietomallien hyödyntämisellä saavutettavista eduista tai niiden suuruuksista saati toimenpiteistä, joita tietomallien käyttöön siirtyminen edellyttää. Asiaa edistetään tällä hetkellä aktiivisesti Suomen suurimpien tilaajien (Liikennevirasto ja kunnat) toimesta. Liikenneviraston osalta tavoitteena on tilata 1.4.2014 jälkeen ainoastaan tietomallipohjaista palvelua. Lisäksi tietomallien käyttöönottoa ja kehittämistä varten on muun muassa RYM Oy käynnistänyt PRE-ohjelman (Built Environment Process Re-engineering), jossa on mukana useita infra-alan merkittävimpiä toimijoita. Ohjelman tavoitteena on ohjata tietomallien käyttöä siten, että vuonna 2014 suurien infrahaltijoiden olisi mahdollista tilata vain mallipohjaista palvelua. Infra-alan tuotantoorganisaatioille siirtyminen tietomallien hyödyntämiseen ei siis ole enää pitkällä aikavälillä vaihtoehto – se on välttämättömyys.

Suomen suurin infra-alan yritys Lemminkäinen Infra Oy on osoittanut mielenkiintoa tietomallien nykytilan ja tulevaisuuden suuntien selvittämiseen erityisesti infrarakentamisen tuotannossa. Tämä tutkimus tehdään pääosiltaan Lemminkäinen Infra Oy:n tarpeisiin sekä InfraFINBIM-kehityskonsortion työn tueksi.

Aiheen tutkimiselle on suuri tarve useiden kehitysprojektien ja tutkimusten keskittyessä vain suunnittelu- tai tilaajaorganisaatioiden näkökulmaan. Lisäksi valtaosa aiemmista selvityksistä on kohdistunut talonrakentamiseen infrarakentamisen jäädessä si- vuosaan. Niin ikään erityisesti Suomen tilannetta infrarakentamisen tietomalleihin siir- tymisessä ei ole aiemmin tarkasteltu.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Työn päätavoitteena on tarkastella tietomallien käyttöönottoa infrarakentamisen ura- koitsijayrityksessä eli tuotanto-organisaatiossa. Kuvassa 1.2. on esitetty tutkimuksen tavoitehierarkia. Ensimmäisenä tavoitteena on tuottaa Lemminkäinen Infra Oy:lle käyt- tökelpoinen katsaus tietomallien hyödyntämisen nykytilaan, mahdollisuuksien mukaan painottaen erikoisohjarakentamisen näkökulmaa. Samalla pyritään tutkimaan ajoituk- sellista ongelmaa, joka koskee tuotanto-organisaatioiden siirtymistä vähitellen tietomal- lien hyödyntämiseen.



Kuva 1.2. Tutkimuksen tavoitteet.

Toisena ja erittäin merkittävänä tavoitteena on selvittää tietomalleihin liittyen tule- via tuotanto-organisaation hyötymahdollisuuksia, edellytyksiä ja vaatimuksia sekä tuot- antoprosessiin tulevaisuudessa kohdistuvia muutospaineita. Päällimmäisenä tutkimus- kysymyksenä on tältä osin ”Minkälaisilla toimenpiteillä erikoisohjarakentamisen tuo- tanno-organisaation tulisi valmistautua tietomallien hyödyntämiseen ja millä aikataulul- la?”. Tähän liittyen tutkimuksessa perehdytään tietomallien aikaansaamaan tuotan- nonohjauksen työtapojen muuttumiseen. Näkökulmana käytetään muun muassa lean- tuotantoteoriaa. Samaa aihetta syvennetään tarkastelemalla myös riskienhallintaan koh- distuvia muutospaineita tietomallien käyttöönotossa. Muutosprosessin tukemiseksi sel- vitetään myös pintapuolisesti eri ohjelmistovalmistajien tarjoamia ratkaisuja tietomalli- en hyödyntämiseen tuotantovaiheessa.

Kolmantena aiheena tarkastellaan tietomallien hyödyntämisessä pisimmällä olevaa pohjarakentamisen työmenetelmää, syvästabilointia, case-tutkimuksena. Selvitys teh- dään Lemminkäinen Infra Oy:n stabilointiyrityksiköstä. Tältä osin pyritään tunnistamaan tärkeimmät oppimiskokemukset sekä tulevaisuuden suunta tietotekniikan hyödyntämi- sen näkökulmasta.

Tutkimus toteutetaan pääosin tuotanto- / urakoitsijaorganisaation näkökulmasta. Muita näkökulmia käytetään lähinnä tukemaan edellä mainittua. Tästä syystä työssä tutkitaan myös muiden sidosryhmäorganisaatioiden tietomalliosaamisen nykytasoa ja valmiuksia tietomallien käyttöönottoon. Osittain mielenkiinto kohdistuu myös niihin syihin, jotka tällä hetkellä katkaisevat valtaosan suunnittelijoiden ja tuotantoorganisaatioiden välisestä informaatiovirrasta.

Työn erillisenä alatavoitteena tarkastellaan infrarakentamisen tietomalleihin liittyvien kehityssuuntien vaikutusta Rakennustiedon ylläpitämään Infra-RYL -laatuvaatimusjärjestelmään. Tämä osuus on erillinen ja pohjautuu Rakennustiedon tarpeisiin. Näkökulmana on laatuvaatimusjärjestelmän tuotanto-organisaatiolle tuottamien hyötyjen ja tarpeiden selvittäminen pidemmällä aikavälillä.

1.2 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksessa keskitytään pääasiallisesti tuotanto-organisaation näkökulmaan ja tarkastellaan suunnittelun, materiaalitoimittajien sekä ohjelmistojen tilannetta ja mahdollisuuksia vain tätä näkökulmaa tukemiseksi. Tarkempaa tuotekohtaista ohjelmistotutkimusta aiheeseen ei tehdä vaan näiltä osin tyydytään kuvailemaan ohjelmistojen tuotanto-organisaatioille tarjoamia mahdollisuuksia ja kehityskohteita yleisesti. Nykytila-analyysi perustuu tältä osin haastatteluvastauksiin ja ohjelmistovalmistajien verkossa jaettuun markkinointimateriaaliin.

Rajauksen selventämiseksi rakennusalan tuotantoketjua tukevat osat kuten koneohjausjärjestelmien, ohjelmistojen ja laitteiden valmistajat sekä materiaalitoimittajat on jätetty tarkemman tarkastelun ulkopuolelle. Myöskään tuotantoprosessia ei käsitellä detajitasolla, muutoin kuin esimerkkitarkoituksessa.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritustapa

Työ suoritetaan käyttäen pääasiassa kahta menetelmää: haastatteluja ja kirjallisuusselvitystä soveltuvin osin. Kirjallisuusselvityksessä pyritään hakemaan lähteitä näkökulmana tietomallien hyödyntäminen infrarakentamisessa. Aineistoa täydennetään tarpeen mukaan talonrakentamista tai muita toimialoja varten tehdyillä tutkimuksilla, jotka sovellettavuutensa puolesta voidaan hyväksyä myös infrarakentamisen tilannetta kuvaaviksi. Tavoitteena on hyödyntää mahdollisimman laajasti kotimaista tutkimusaineistoa, mutta monilta osin tukeudutaan myös ulkomailla tuotettuun tutkimustietoon.

Aineiston syventämiseksi suoritettu asiantuntijoiden haastattelututkimus toteutettiin maaliskuuhun 2012. Haastatteluosuuden tarkoituksena on kartoittaa infrarakentamisen toimialan eri osapuolten näkemyksiä tietomallien hyödyntämiseen siirtymisen aikataulusta, laajuudesta, muutoksen vaikutuksista erityisesti tuotantoprosesseihin sekä tietomallien mukanaan tuomia etuja tuotanto-organisaatioille. Ohjelmistokehittäjille suunnattiin haastattelussa kaksi lisäkysymystä, joiden tarkoituksena oli saada käsitys

informaatioteknologisten sovellusten nykytilasta ja niiden soveltuvuudesta tuotannonohjaukseen ja muun muassa tietomallipohjaiseen laatudokumentointiin.

Haastattelut suoritettiin pääosin sähköpostin välityksellä. Kohderyhmäksi valikoitiin 30 infrarakentamisen asiantuntijaa. Haastattelututkimuksen pääkohderyhmiä olivat suunnittelu- ja konsulttitoimistot, ohjelmistokehittäjät, oppilaitokset, tilaajat, urakoitsijat, InfraFINBIM -hankkeen osallistujat sekä tutkimuslaitokset. Yhtenäisen joukkohaastattelun lisäksi aineiston syventämiseksi suoritettiin yksittäisiä haastatteluja myös Lemminkäinen Infra Oy:n toimihenkilöiden kanssa erityisesti case-tutkimuksen lähtöaineiston tueksi.

Tutkimuksen varsinainen suoritusvaihe aloitettiin perehtymällä aiheeseen ensin kirjallisuustutkimuksella. Tämän jälkeen viimeisimpiä muutosvaiheen sentimenttejä selvitetään haastattelututkimuksella. Lopuksi eri lähteistä kerättyjä aineistoja analysoitiin ja pyrittiin löytämään mahdollisia yhteneväisyyksiä eri näkökulmista.

1.4 Tutkimuksen ennakoitut tuotokset

Tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa seuraavat lopputuotteet:

- Raportti tietomallien hyödyntämisen nykytilasta infrarakentamisessa
- Suositukset ja ohjeet Lemminkäinen Infra Oy:lle tietomallien käyttöönottoon
- Katsaus tietomallien vaikutuksista InfraRYL-laatuvaatimusjärjestelmän teknisiin vaatimuksiin
- Yhteenveto haastattelututkimuksesta

Pääpaino on kahdessa ensimmäisessä tuotoksessa. Kolmas lopputuote vastaa Rakennustiedon kiinnostukseen koskien InfraRYL-laatuvaatimusjärjestelmää ja kuinka tietomallit siihen vaikuttavat erityisesti tuotanto-organisaation asiakaskunnan kannalta. Neljäntenä mainittu haastattelututkimuksen yhteenveto sisältyy tähän raporttiin, joka on tarkoitettu avoimesti hyödynnettäväksi haastatteluun osallistuneiden lisäksi myös InfraFINBIM-työryhmälle.

2 TIETOMALLIT INFRA-ALALLA

Tässä luvussa käsitellään tietomallien asemaa ja nykytilaa Suomen infrarakentamisen toimialalla. Tarkoituksena on kuvata kehityshankkeet ja projektit, joita tietomallien hyödyntämisen edistämiseksi on tehty 2000-luvun aikana. Lisäksi eritellään haastattelututkimuksen yhteydessä saadut vastaukset tietomallien käyttöönoton viimeaikaista edistymistä koskevan kysymyksen osalta. Luvun loppuosassa kuvataan erikoispohjarakentamisen tilanne osana muuta infrarakentamista.

1990-luvulla rakennusalailla koettiin suuri rakenteellinen muutos siirryttäessä käsin piirtämisestä CAD-suunnitelmiin (Computer Aided-Drafting, tietokoneavusteinen suunnittelu) ja sitä myöten myös pääosin tietopalvelin pohjaiseen tietojen varastointiin. Seuraava, saman mittakaavan muutos, tulee olemaan siirtyminen CAD-aineistosta tietomalli- eli BIM-toimintaympäristöihin (Building Information Model, tietomalli). Aihetta on pohdittu monesta näkökulmasta alan keskusteluissa jo viime vuosituhannelta alkaen, mutta varsinainen koko toimialaa koskeva läpimurto käyttöönotossa on yhä tekemättä [2].

Rakennusteollisuus, erityisesti infrarakentaminen, on aina ollut muuhun teollisuuden verrattuna hyvin matalan teknologian toimiala. Uusimpien teknologioiden hyödyntäminen on alkuvaiheessa koko alalla, erityisesti tuotanto-organisaatioissa. Valtaosassa projekteja viralliset suunnitelmat toimitetaan toteuttajaosapuolelle yhä fyysisinä paperidokumentteina [11]. Tämä useimmiten estää – tai käytännössä tekee erittäin työlääksi – tuotanto-organisaation tietomallien ja koneohjauksen hyödyntämisen toteutusvaiheessa laajemmassa mittakaavassa.

Koko 2000-luvun ajan suunnittelutoimistot ovat käyttäneet tietomalleja tai muita tietosisällöltään paperiversioita informatiivisempia työkaluja. Varsinainen pullonkaula on syntynyt suunnitteluaineiston siirtyessä tilaajalta tai rakennuttajalta työn toteutusvaiheeseen. Tässä vaiheessa tyypillisesti suunnitteluohjelmasta on syystä tai toisesta tulostettu paperi- tai pdf-dokumentit tuotanto-organisaation käyttöön ja virallisiin sopimuksiin suunnitelmiksi [2,11].

Alan tuotanto-organisaatioilla ei ole useista syistä ollut omaa insentiiviä kehittää infrarakentamisen tuottavuutta – osapuolien välisistä informaatio- ja kommunikaatioteknisistä järjestelmistä puhumattakaan, joten alan kehitysvastuu on jäänyt tilaajille. Valtion tieinvestoinneista vastannut Tiehallinto (nykyisin Liikennevirasto) luovutti 2000-luvulla kehitysvastuun yksityisille yrityksille, mikä johti eräiden arvioiden mukaan innovatiivisen tutkimus- ja kehitystoiminnan rapautumiseen infrarakentamisessa [8]. Tapahtumia selittää muun muassa koko alaa kuvaava kysynnän ja tarjonnan vahva yhtenäisyys: kysyntä määrää tarjonnan. Tarjonta on siis aina vastannut vain kysyntään uuden innovatii-

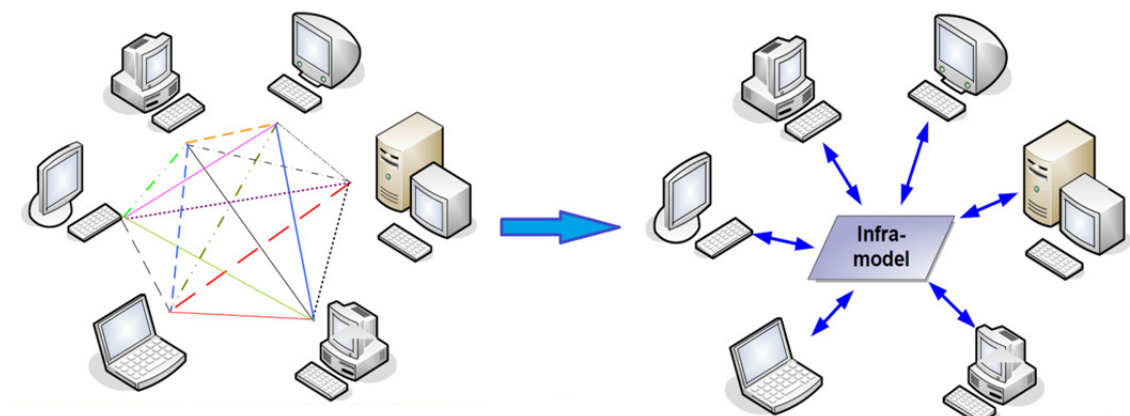
visen tarjonnan jäädessä ilman kysyntää. Tilaaajat ja rakennuttajat ovat määritelleet hyvinkin tarkasti tuotettavat palvelut, jolloin tuotanto-organisaatioiden omat innovaatiot ovat käytännössä olleet hyödyttömiä tai riittämättömästi tuottavia. Tämä on lopulta johtanut tilanteeseen, jossa alan organisaatiot ovat yhdessä jääneet odottamaan yhteishankkeita, joissa kehitystyön mukanaan tuomat riskit ja kustannukset voitaisiin jakaa eivätkä jäisi yksittäisen toimijan kannettavaksi [8].

Edistystä on tapahtunut vasta viime vuosina suurten infraomaisuuden haltijoiden otettua aktiivisempaa roolia takaisin kehitystoiminnassa – muun muassa tietomallien käyttöönotossa. Kuitenkin, kuten seuraavissa alaluvuissa kuvataan, infra-alan tietomallien hyödyntämisen kenttä on yhä edelleen syystä tai toisesta verrattain hajanainen. Edes viime vuosina asian edistämiseksi käynnistetyt yhteishankkeet eivät ole selkeyttäneet tilannetta riittävästi.

2.1 Yleistä tietomalleista

Tietomallit ovat ryhmä interaktiivisia sopimuksia, prosesseja ja teknologioita, jotka luovat tavan hallita rakentamisen suunnittelu- ja projektitietoa digitaalisessa muodossa koko rakennustuotteen elinkaaren ajan. Tietomalleille on tyypillistä virtuaalisten havaintomallien tuottaminen, tietosisällön ollessa kuitenkin kattavampi kuin esimerkiksi 3D CAD -piirustuksissa. [12] Varhaisimmat kehitysasteet tietomalleista ovat peräisin jo 1980-luvulta, mutta käyttöönotto on edennyt useista eri syistä toistaiseksi pääasiassa talonrakentamisen toimialalla.

Mallien hyödyntämisen yhtenä päätarkoituksena on ylläpitää yhteistä mallitietokantaa useiden yksittäisten suunnitelmien sijaan. Kuvassa 2.1. on esitetty infra-alalla kehitettävän oman tietomallin, Infra-modelin, tietotekninen asemoituminen verrattuna perinteiseen suunnitelmien hallintaan. Yhteisen jaetun mallin lisäksi erittäin oleellinen osa tietomalleja ja niiden tuomia etuja ovat mallin sisältämän tiedon käytön, analysoinnin ja muokkaamisen uudet mahdollisuudet, joita on käsitelty tarkemmin eri näkökulmista myöhemmissä luvuissa. [1,12]



Kuva 2.1. Hajautetusta tiedonhallinnasta Infra-modeliin. [13]

Tietomallit toimivat alustana informaation tieteelliselle simuloinnille ja analysoinnille. Tämä mahdollistaa mallin päälle kehitettävien sovellusten hyödyntämisen täysin uudella tavalla. Yhtenäinen palvelin pohjainen tietomalli luo edellytykset lisäksi suunnitelma-aineistojen reaaliaikaiselle hallinnalle, mikä muuttaa radikaalisti nykyisiä käytäntöjä. Tietomallien käyttäjäryhmiin voivat kuulua muun muassa tilaajat, rakennuttajat, suunnittelijat, toteuttajat, tuote- ja materiaalikehittäjät sekä loppukäyttäjät. Lisäksi visualisointien käyttäjäkuntaa voidaan laajentaa myös ulkoisiin sidosryhmiin erityisesti suurissa infrahankeissa. [12]

Tietomallien hyödyntäminen rakennusprosessin koko elinkaaren ajan mahdollistaa rakennusalalla käytettävän teknologian huomattavan kehityksen ja lisäksi parantaa tois- taiseksi erillisinä käsiteltyjen rakennusprojektien ja -prosessien keskinäistä integraatiota. Edellä mainitut kehityssuunnat edistävät kaikkien rakennusalan toimijoiden tuottavuutta, mutta suurimpina hyötyjinä tietomallien laajassa käyttöönotossa voidaan kuitenkin pitää infraomaisuuden haltijoita [2]. Edellä mainittujen lisäksi tietomallien täysimittainen käyttöönotto muun muassa edistää rakennusalan tuottavuutta, lyhentää projektien läpimenoaikoja, laskee yksikkökustannuksia ja parantaa koko tuotantoprosessin laatua sekä suunnittelun tehokkuutta. [12,14]

Nykyisen kaltaisen suunnittelutoiminnan on arvioitu sisältävän jopa 30 prosenttia työtä, joka kuuluu tiedonsiirtoon liittyvien ongelmien ratkaisuun [2]. Erityisesti suunnit- teluorganisaatioissa on siis tehostamattomia toimintoja, joihin tietomalleja hyödyntä- mällä voidaan vaikuttaa. Periaatteellisesti tietomallien hyödyntämisen omistus- ja suunnitteluosapuolille tuottamat edut voidaan luokitella kohdistuvan muun muassa seuraaviin toimintoihin [2,12]:

1. Visualisointi
2. Koordinointi
3. Simulointi
4. Optimointi
5. Dokumentointi ja tiedonhallinta

Tietomallin yksi tyypillisimmistä ja helpoimmin havaittavista ominaispiirteistä on visualisointi. Se sisältää 3D-geometrian lisäksi ominaisuustietoina muun muassa yksit- täisten objektien tarkat dimensiot, keskinäiset suhteet ja materiaalit. Visualisoitu malli auttaa hahmottamaan kokonaisuuksia sekä tarkasteltavien kohteiden keskinäisiä riippu- vuuksia ja toimii näin suunnittelun, kommunikoinnin, keskustelun ja päätöksenteon apuvälineenä. Visualisointia voidaan suorittaa kuitenkin myös ilman varsinaista tieto- mallintamista esimerkiksi kommunikoitaessa karkealla tasolla ulkopuolisten – tai sisäis- ten – sidosryhmien kanssa. Pelkkä visualisoitu 3D-malli ei siis välttämättä saavuta var- sinaisen tietomallin vaatimustasoa. [12]

Eri suunnittelulajien ja tietolähteiden yhdistäminen tietomallissa mahdollistaa niiden keskinäisen koordinoinnin. Tietomallin avulla on helposti todettavissa esimerkiksi eri suunnittelukokonaisuuksien törmäyspisteet yhdistettäessä niitä samaan suunnitelmaan. Tarpeet muutoksille ja varsinaiset suunnitteluvirheet vähentyvät kun ristiriidat poiste-

taan jo ajoissa ennen edes toteutusvaiheen valmistelua. Myös pelkästään tätä tavoitetta tukemaan voidaan luoda myös yksinkertaisempi koordinoitumalli. Koordinoitumalli kuitenkin sisältää joissain tapauksissa vain objektien geometria- ja sijaintitiedon, eikä näin ollen ole myöskään automaattisesti informaatioisällöltään tietomallin tasolla.

Tiedon analysointiin ja simulointiin tietomallien avulla kohdistuu suuria odotuksia. Simulointi edellyttää korkean tason ohjelmisto-osaamisen lisäksi myös syvällistä aiheen tuntemusta, mikä tekee sen toteuttamisesta erityisen vaikeaa ja pitkällistä kehitystyötä vaativaa. Simuloinnin ja siihen käytettävien työkalujen kehittäminen tulee todennäköisesti olemaan pitkän aikavälin kehitysteema juuri sen haasteellisuuden vuoksi. Tiedonhallinnan kannalta suunnitelmamuutokset tulisi viedä reaaliajassa myös simulointi- ja laskentasovelluksiin, jotta päätöksenteon tukemiseksi tuotettavat simuloinnit tuottavat riittävän ajantasaista tietoa.

Määritelmänsä mukaisesti optimoinnissa tehdään kohteesta mahdollisimman hyvä. Tässä yhteydessä optimoinnilla tarkoitetaan organisaatioiden sisäisen optimoinnin lisäksi myös projektien optimointia. Tietomallien käyttö ei tosin itsessään muuta toimintaa radikaalisti, se on nähtävä työkaluna. Se muun muassa tehostaa projektien optimoinnin näkökulmasta monipuolisten herkkyyss- ja rakennettavuustarkastelujen tekemistä. Myös tiedonkäsittely muuttuu aiempaa nopeammaksi sekä kattavammaksi suurten tietomäärien ollessa helposti käsiteltävissä ja saatavissa. Organisaatioiden sisäisessä optimoinnissa työnjakoa ja työtehtäviä voidaan tietomallipohjaisessa toiminnassa kehittää uudella tavalla, mikä merkitsee onnistuessaan muun muassa manuaalisen työmäärän vähentymistä.

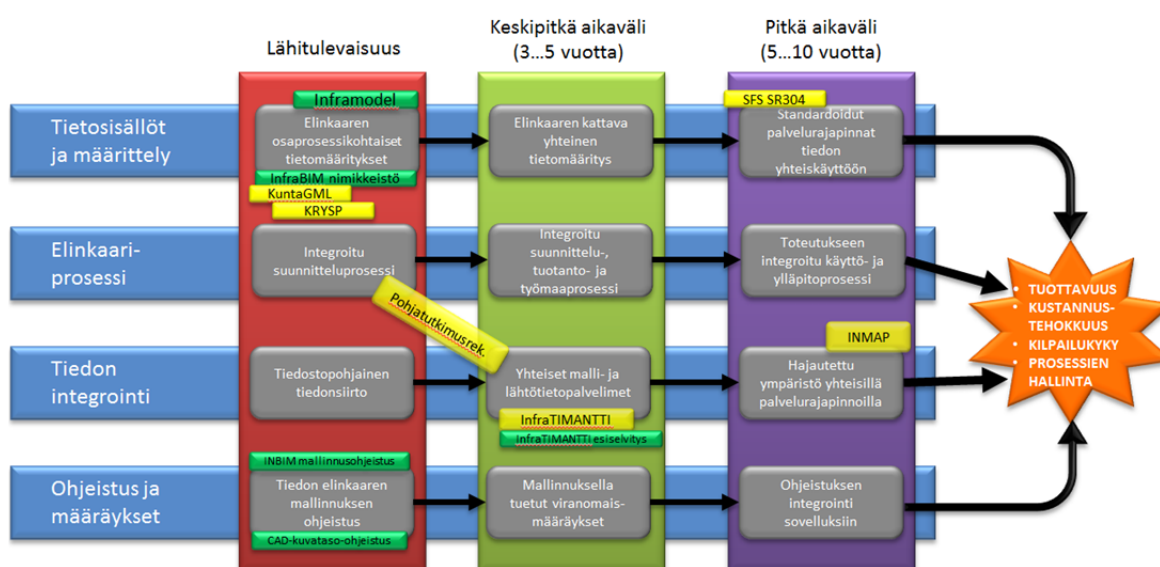
Tietomallien hyödyntäminen helpottaa parhaimmillaan hankkeen tietojenkäsittelyä jokaisessa elinkaaren vaiheessa ja jokaisella suunnittelun osa-alueella. Omistajanäkökulmasta erityisesti elinkaariajatteluun perustuva tiedonhallinta helpottuu. Keskitetty palvelin pohjainen tiedonhallinta tekee suunnitelmatiedon käsittelystä reaaliaikaista ja eri suunnitteluvaiheiden ja -lajien välinen tiedonsiirto tehostuu rajapintojen ollessa yhteensopivia.

Edellä mainittujen lisäksi etuihin voidaan huomioida myös kehitettävät tietomallipohjaiset ohjelmistot ja muuttuvat palvelukonseptit, jotka luovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja -tapoja ohjelmistotuottajien lisäksi myös suunnittelun toimialalle. Tämän tutkimuksen luvussa 3 kuvataan edellä esitetyn kaltainen hyötyluokittelu tuotanto-organisaation näkökulmasta.

Uuden tietomalleihin perustuvan toimintaympäristön voidaan siis todeta kehittävän infrarakentamisen toimialaa monessa mielessä. Valtaosa edellä eritellyistä tietomallikokemuksista on kuitenkin yhä talonrakennusalalta, joka eroaa luonteeltaan infrarakentamisesta selkeästi muun muassa korkeammalla prosessimaisuudellaan sekä vakaammilla tuotanto-olosuhteillaan. Muutaman vuoden kuluttua tietomallien käytöllä saavutettuja hyötyjä voitaneenkin paremmin tarkastella myös infrarakentamisen kokemusten pohjalta.

2.2 Tietomallien kehittämishankkeet infra-alalla

2000-luvun loppupuolella ja 2010-luvun alkupuolella infrarakentamisen alalla on käynnistetty useiden eri organisaatioiden ja yhteisöjen toimesta tietomallien käyttöönottoa edistäviä hankkeita. Kuvassa 2.2. on esitetty InfraTM-hankkeen näkemys Suomessa käynnissä olevien kehitysohjelmien asettumisesta tietomallien hyödyntämisen kehitysmatriisiin. Kuten kuvasta havaitaan, hankkeita on kehitetty pääosin suunnittelun ja omaisuudenhallinnan ehdoilla ja näkökulmista. Myös teknisiä määrittämiä on tehty ja on kehitteillä runsaasti. Tietomallien mahdollistamaa tuottavuuden kehitystä infrarakentamishankkeiden toteutusvaiheessa ei kuitenkaan ole Suomessa laajemmalti tutkittu vaan se on jäänyt pääosin talonrakennusalan selvitysten ja tuotanto-organisaatioiden omien tutkimusten ja kehitysprojektien varaan.



Kuva 2.2. Tietomallien kehityskohteet ja -hankkeet InfraTM-hankkeen mukaan. [15]

Vuosina 2009–2011 toteutetun Liikenneviraston, Helsingin, Espoon, Vantaan, Tampereen, Turun, Oulun, Lahden, Infra ry:n, Tekes:n sekä Suomen Kuntaliiton rahoittaman InfraTM-hankkeen tavoitteena oli:

”suunnata ja vauhdittaa infra-alan muutosta kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. Päämääränä on luoda Suomen infamarkkinoille avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli, joka perustuu kansainvälisiin paikkatieto- ja tuotemallistandardeihin sekä kotimaiseen vakionimikkeistöön” [16]

Osittain InfraTM-hankkeen kanssa yhteistyötä tekevä, mutta muutoin täysin erillinen kehityshanke on RYM Oy:n InfraFINBIM-työpaketti. Paketti on osa RYM Oy:n PRE-ohjelmaa (Built Environment Process Re-engineering). Koko PRE-ohjelman osittain TEKES-rahoitteinen budjetti on 21 miljoonaa euroa, josta Infra FINBIM-työpaketin osuus on kuusi miljoonaa euroa. Konsortiojäsensii Infra FINBIM-työpaketilla on yh-

teensä 18 kappaletta. Työpaketin päällimmäisenä tavoitteena on saada Suomen infraalalle aikaan [17]:

”systeeminen muutos, jossa siirrytään perinteisestä vaiheajattelusta älykkääseen koko elinkaaren ja kaikki osa-alueet, toimijat ja toiminnot kattavaan tietomalleja hyödyntävään palvelutuotantoon”

Työpaketti on määritetty kestäväksi 1.11.2010–31.12.2013 ja se on jaettu useampaan eri alapakettiin, joille on määritetty omat kehitysalueet ja vastuuhenkilönsä. Hankkeen julkilausuman mukainen päävisio on [18]:

”Vuonna 2014 suuret infran haltijat tilaavat vain mallipohjaista palvelua, jota hyödynnetään kaikissa projektin vaiheissa, alkaen suunnittelun tilauksesta päättyen kunnossapitovaiheeseen.”

Lisäksi tietomalliaiheeseen liittyen on saatu aiemmin päätökseen kaksi InfraModel-hanketta: 1 ja 2. Ensimmäisen osan koordinoinnin suoritti Tekes (toteuttajana VTT) ja toisen osan Centroid Oy (toteuttajina Centroid Sito Oy, Tekla Oyj ja Vianova Systems Finland Oy). Hankkeilla oli useita rinnakkaisia tavoitteita. [19,20]

Ensimmäisen vuosina 2002–2003 toteutetun InfraModel-osan päätavoitteet olivat:

”Hankkeen lyhyen aikavälin tavoitteena on kehittää käytännötason tiedonsiirtoa infrarakentamisessa. Väyläsuunnittelun aihealueelle, sisältäen tie-, katu-, rata- ja vesi- ja viemärisuunnittelun, kehitetään yhteisesti sovellettavia tiedonsiirron käytäntöjä. Ratasuunnittelu rajoitetaan maarakenteiden ja päällysrakenteen kuvaamiseen. Yhteisesti sovellettavien käytäntöjen laadinta toteutetaan yhteistyössä ohjelmatoimittajien, konsulttien sekä muiden alan toimijoiden kanssa. Tiedonsiirrossa pyritään avoimuuteen, jossa vaatimukset määritellään kaikille osapuolille selkeästi.” [19]

”Pidemmän aikavälin tavoitteena on tietomalli (UML -kuvauskielellä toteutettu), joka kattaa tärkeimmiltä osiltaan nykyisten suunnitteluohjelmien tietomallit (”leikkaus” ohjelmien tietomalleista) ja mahdollistaa ohjelmien välisen XML -muotoisen tiedonsiirron. Tietomalli voi perustua alalla jo oleviin tiedostoformaatteihin. Lisäksi toteutetaan tietokoneohjelmat, joiden avulla yhteiseen tietomalliin kirjoitetaan sekä luetaan tietoa kunkin ohjelman omasta tiedonhallinnasta. Tavoitteena on vähentää eri suunnitteluohjelmien väliseen tiedonsiirtoon tarvittavaa työmäärää sekä myös tehostaa tiedon siirtoa rakenteen elinkaaren eri vaiheiden (suunnittelu, rakentaminen, ylläpito) sisällä ja niiden välillä. Tietomalli on myös yhteenveto suomalaisten infra-suunnitteluorganisaatioiden tarpeista, jolla pyritään vaikuttamaan kansainväliseen ISO standardointityöhön. Projektissa myös laaditaan

suunnitelma alan kotimaisen kattavan tietomallin kehittämiseksi ja käyttöönottamiseksi, kansainvälinen standardointi huomioon ottaen.”
[20]

Toinen osa InfraModel-hankkeesta toteutettiin vuosina 2005–2006. Sen päätavoitteena oli:

”ensisijaisesti synnyttää dokumentoitu tiedonsiirtostandardi, jonka ylläpito- ja jatkokehitys myös suunnitellaan tässä projektissa. Tässä yhteydessä LandXML tiedonsiirtoformaatin kuvausta ja määrittelyä tarkennetaan yhteistyössä eri suunnittelujärjestelmätoimittajien kanssa. Kukin järjestelmätoimittaja suunnittelee ja toteuttaa toteutettavien määrittelyiden edellyttämän implementoinnin ohjelmistoonsa. Tiedonsiirtoa LandXML formaatissa pilotoidaan hankkeessa mukana olevilla suunnittelujärjestelmillä.” [20]

Eri hankeryhmät ovat toimineet osittain yhteistyössä ja joidenkin hankkeiden osakokonaisuuksia on toteutettu myös toisten hankkeiden yhteydessä. Mainittujen hankkeiden lisäksi muutamilla eri organisaatioilla on ollut erillisiä tietomallien sisältöön liittyviä kehityshankkeita kuten KRYSP (Kunnan Rakennetun Ympäristön Sähköiset Palvelut), KuntaGML (Kunnan paikkatietopalvelurajapinta) ja SFS SR 304 (Paikkatietostandardoinnin seuranta). [15]

Myös infra-alan ohjelmistovalmistajat ovat suorittaneet omaa, osittain muista hankkeista erillistä, kehitystyötä. Yhteistyötä on tehty myös ulkomaisten, erityisesti pohjoismaisten toimijoiden kanssa. Yksi suurimmista ohjelmistoteknisistä kehityskohteista on ollut tietomallien tuottaminen pilvipalveluna, mikä mahdollistaa mallin käytettävyyden internet-yhteyden kautta missä ja milloin tahansa. Myös erilaiset työmaalle vietävät mobiilisovellukset ovat keränneet viime vuosina kasvavaa kiinnostusta [21].

Edellä esiteltyjen hankkeiden lisäksi infra-alan tietomalleja kehitetään myös yhteisissä kansainvälisissä ohjelmissa. Näistä yksi aktiivisimmista on ollut buildingSMART-organisaation ohjaama InfraFINBIM Nordic Workshop, jossa on yhteensä 57 osallistujaa seitsemästä eri maasta – pääosin Pohjoismaista. Ohjelman yhtenä päätavoitteena on ollut löytää Pohjoismaille yhteinen infra-alan tietomalliratkaisu. Tämä parantaisi yritysten toimintaedellytysten lisäksi mahdollisuuksia Pohjoismaiden integroidulle yhteistyölle. [22]

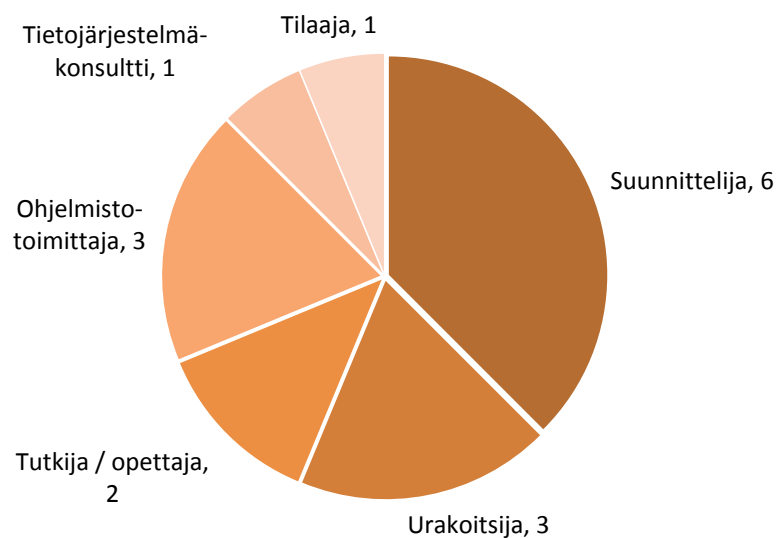
Tuotoksena edellä mainituista hankkeista on saatu muun muassa teknistä määrittelyaineistoa sekä päätös viedä pääformaattina käytettävän LandXML:n (Land Extensible Markup Language) kehittämistä eteenpäin infrarakentamisen tietomallien välisen tiedonsiirron pääformaattina [22]. Kuten aiemmin mainittu, kehityshankkeet ovat vielä toistaiseksi painottuneet tietojärjestelmien, -muotojen, nimikkeistöjen ja määrittelyjen kehittämiseen, jotka palvelevat enemmän suunnittelu- kuin toteutusorganisaatioita. Järjestys on perusteltu sillä tuotantotoiminnan kehitystä varten on suunnittelutoiminnan oltava toimintatavoiltaan ja formaateiltaan mahdollisimman stabiilia. Näin vältetään

tarpeettomilta muutos- ja kehityskustannuksilta myöhemmissä teknologian käyttöönotovaiheessa.

2.3 Nykytila-analyysi ja katsaus tulevaisuuteen haastattelun perusteella

Tutkimuksen lähtöaineiston syventämiseksi tehtiin haastattelututkimus kohderyhmänä Suomen infrarakentamisen asiantuntijat. Vastaukset olivat epämääräisessä muutosvaiheessa olevan tietomallien nykytilan sekä aiheen uutuusarvon vuoksi erittäin tärkeä osa lähtöaineistoa. Kysely lähetettiin yhteensä 30 valikoidulle asiantuntijalle, joista 16:lta (53 %) saatiin vastaus. Kohtuullisen matalasta vastausprosentista huolimatta vastauksia saatiin kaikilta infrarakentamisen toimialojen osapuolilta. Liitteessä 1 on esitetty haastattelututkimukseen valituille lähetetty kysymyslomake.

Oheisessa kuvassa 2.3. on ensimmäisen haastattelukysymyksen vastausten perusteella tehty vastaajien toimenkuvajakauma, josta voidaan havaita muun muassa suunnittelijoilta saatujen vastausten korkea osuus kokonaismäärästä. Tämä on tutkimustavoitteen kannalta positiivinen piirre. Suunnittelupöydillä tapahtuvien muutosten identifioiminen on tuotanto-organisaatioille oleellista sillä tehdyt muutokset realisoituvat useimmiten hieman viiveellä myös työn toteutuksessa. Näin saadaan parempi näkemys tulevaisuuden vaatimuksista. Sen sijaan tilaajien matala vastausosuus ja -prosentti olivat lieviä pettymyksiä. Kysely toimitettiin viidelle eri tilaajaorganisaatiolla ja vain yhdeltä saatiin vastaus. Suurimmat muutosvaikuttimet ovat kuitenkin useimmiten sopimustekniikassa, minkä vuoksi tilaajan asema on muutosvaiheessakin erittäin vahva.



Kuva 2.3. Haastattelututkimukseen vastanneiden ($n = 16$) toimenkuva rakennusalalla.

Tutkimuksen useisiin kiinnostuksen kohteisiin saatiin haastattelukyselyllä tärkeitä vastauksia. Myöhemmissä alaluvuissa käsitellään tarkemmin vastauksia haastattelun kysymyksiin 2.–7. sekä niistä tehtyjä havaintoja ja päätelmiä. Seuraavissa kappaleissa

käsitellään tutkimusvastauksia toisen kysymyksen osalta nykytila-analyysyä täydentämään.

”2. Millä tasolla käsityksenne mukaan tietomallintaminen on infrarakentamisen tuotannossa:

- a) tällä hetkellä*
- b) kahden vuoden kuluttua*
- c) viiden vuoden kuluttua?”*

Haastattelututkimuksen 2. kysymyksen tavoitteena oli kerätä alalla vallitsevia näkemyksiä ja mielipiteitä infra-alan tietomallien käyttöönoton vaiheista ja sen etenemisestä. Eräs tärkeimmistä kiinnostuksen kohteista on juuri toimialan oma käsitys tietomallien käyttöönoton toteutuvasta aikataulusta. Mielipiteiden tarkoituksena oli saada vertailunäkökulmaa infra-alalla julkisesti lausuttuihin määräaikoihin. Seuraavissa kappaleissa esitellään haastateltujen vastauksia kyselyn 2. kysymykseen ja niistä tehtyjä päätelmiä.

2.3.1 Tilanne tällä hetkellä

Tutkimukseen vastanneiden näkemys infrarakentamisen nykytilasta ja tuotannon kehityssuunnasta oli hyvin koneohjauspainotteinen. Suurin osa vastaajista mainitsi koneohjauksen olevan tällä hetkellä edistyneen teknologian kehityksen kärjessä. Tietomallien ja koneohjauksen käytön katsottiin olevan nykyisissä projekteissa vain tapauskohtaista laajamittaisen hyödyntämisen sijaan. Tuotantoteknisten tietomallisovellusten hyödyntämisen tilanteen arveltiin olevan vielä heikompi ja käytössä vain hyvin harvoissa kohteissa tai yrityksissä edes pilottihankkeena. Pilottikohteilla käsitetään tavallisia rakennusprojekteja, joissa testataan ja/tai valmistellaan uutta teknologiaa ja sen käyttöönottoa. Tässä tapauksessa infrarakentamisen prosesseja valmistellaan koneohjauksen ja tietomallien käyttöönottoon.

Kuten seuraavista vastauksista voidaan havaita, näkemys alan tilanteesta muutosvaiheena on selkeä.

”tietomallintaminen on alkuvaiheessa, joitain osia tuotannossa teknologioiden mahdollistaessa, mutta valtaosin perinteiset menetelmät käytössä” [11]

”pieniä osia mallintamisen mahdollisuuksista on käytössä, maarakentamisen koneohjaus yleistynyt ja rutiinit kehittyvät” [11]

Vastausten perusteella tietomalleja käytetään suunnittelussa jo hallinnoimaan suurempiakin kokonaisuuksia kuin tilaaja tai rakennuttaja on tilaustoimeksiannoissaan edellyttänyt. Esille nousivat poikkeuksellisen edistyksen kohteina olleista osa-alueista muun muassa siltojen ja putkistojen suunnittelu tuotantokelpoisina tietomalleina jo nykyhetkellä. Ongelmallisena suunnittelutyön jatkokehityksen kannalta nähtiin tilaustoimeksiantojen piirustuskeskeisyys. Mallia saatetaan tuottaa hyvinkin edistyksellisesti suunnit-

nitteluorganisaation sisällä, mutta tilaajalle, rakennuttajalle tai urakoitsijalle luovutettavat dokumentit ovat pääsääntöisesti vain mallista tulostettuja piirustusversioita. Näin ollen aineiston tietosisältö suodattuu huomattavasti suunnitelmatietojen tilaajalle luovutuksen yhteydessä. Tuotantoon asti suunnittelijoiden tekemät tietomallit päätyvät vastaajien käsityksen mukaan vain yksittäisissä poikkeustapauksissa.

Erityisesti kehitystä hidastavina tekijöinä nähtiin toimeksiantojen vaatimustason lisäksi myös ongelmat tiedonsiirrossa. Informaatiokatoa ei tapahdu siis pelkästään sopimusrajapinnoissa vaan myös formaattimuunnoksissa eri ohjelmien välillä. Tilaustoimeksiantojen vaatimusten sekä suoritusten valvonnan ja ohjauksen katsottiin vastauksissa olevan riittämättömällä tasolla takaamaan ongelmaton tiedonsiirto.

Koneohjauksen hyödyntämisen nähtiin olevan osittain myös urakoitsijariippuvaista. Tuotanto-organisaatioiden osaamistason arvioitiin olevan huomattavankin vaihtelevalla tasolla. Myös tämän syyn mainittiin hidastavan tuotantoon luovutettavan lähtöaineiston kehittämistä. Tietynlaisena tuotantosektorin jakajana tämä saattaa johtaa siihen, että älykkäämpää aineistoa hyödyntävä tuotanto-organisaatio joutuu rakentamaan tarvitsemansa mallin – esimerkiksi koneohjauksen pintamallin tai varsinaisen tietomallin – itse piirustusaineiston pohjalta. Tällöin mallitasoinen työ tehdään kahteen kertaan eri organisaatioissa, suunnittelutoimistossa sekä tuotanto-organisaatioissa, kaiken maksajana lopulta projektin tilaaja.

Tuotantoa erityisesti kiinnostavan ”as built” -toteumatiedon dokumentoinnin nykytaso on vastausten perusteella matala. Edistyksen esteenä katsottiin olevan pääasiassa heikot formaattimuunnokset ja ohjelmistojen kehittymättömyys. Kaiken kaikkiaan pääosassa vastauksia nykytila tulkittiin eräänlaiseksi muutosprosessin esiasteeksi ja lähes kaikissa vastauksissa uskottiin infrarakentamisessa jo lähivuosina tapahtuvaan edistykseen tietomallien hyödyntämisessä.

2.3.2 Tilanne kahden vuoden kuluttua

Kahden vuoden kuluttua, eli vuonna 2014, vallitsevasta tilasta eri vastauksissa esitettiin hyvinkin eriäviä näkemyksiä. Pääosin uskottiin tietomallien käyttöönoton olevan yhä selkeässä muutosvaiheessa paperisten dokumenttien ollessa yhä oleellinen väline rakentamisen osapuolten välisessä tiedonsiirrossa ja kommunikoinnissa. Kehitysvastuun todettiin useassa vastauksessa olevan pääosin suurilla tilaajilla, joiden selkeimpänä ja tehokkaimpana ohjausvälineenä nähtiin vaatimustasojen muutos sopimusteknisesti. Alla on esitetty näkökulmia kahden vuoden kuluttua vallitsevasta tilanteesta.

”ollaan lisätty valmiuksia ja kokemuksia on monista piloteista, mutta kokonaisuus on vielä vaatimattomasti hallinnassa” [11]

”pientä edistystä esim. suurten tilaajien vaatimusten johdosta” [11]

Rakennusprosessin kokonaisvaltaisen kehityksen sijaan vastaajat arvelivat kahden vuoden kuluttua eri osaprosessien olevan edistyneempiä nykytilaan verrattuna. Pilottikokemusten uskottiin kuitenkin tuoneen kehitystä useille eri osa-alueille. Muun muassa

suunnittelun ennustettiin tapahtuvan jo lähes täysin tietomallipohjaisesti ja erityisesti siltojen osalta mallien uskottiin olevan jo hyvinkin kehittyneitä. Lisäksi koneohjausmallien rutiininomaisesta tuottamisesta osana suunnitteluaineistoa ja tuotantokäytöstä oltiin selkeästi yksimielisiä. Niiden uskottiin yleistyvän ja olevan osa tavallista toimintaa jo parin vuoden kuluttua. Koneohjauksen ja automaation arveltiin olevan nopeimmin edistytvä tuotannon osa-alue.

Enemmän hajontaa syntyi vastaajien mielipiteissä toteumadokumentoinnin suhteen. Osa uskoi tuotannon seurannan, dokumentoinnin ja raportoinnin olevan täysin tietomallipohjaista joidenkin epäillessä edellä mainittuihin toimenpiteisiin tarvittavien ohjelmistojen olevan yhä riittämättömästi kehittyneitä. Myös tuotannosuunnittelun osalta mielipiteet olivat eriäviä. Luottavaisimmin muutokseen uskovat arvelivat myös tuotannosuunnittelun olevan kahden vuoden kuluttua tietomallipohjaista ja perustuvan tietomallipohjaisesti suoritettuun tarjousvaiheen määrälaskentaan. Vastaajien edustamaan osapuoleen perustuvaa eroa mielipiteissä ei ollut havaittavissa.

Myös tämän kysymyksen kohdalla vastaajat arvelivat muutoksen olevan vielä osittain alkuvaiheessaan. Liikenneviraston ilmoittamaan mallipohjaiseen palveluun siirtymisen määräaikaan (1.4.2014) uskottiin vaihtelevasti. Muutamissa vastauksissa korostettiin edelleen tilaajan vahvaa roolia ja muutamissa myös alan toimijoiden omaa aktiivisuutta kehityksen edesauttajina.

2.3.3 Tilanne viiden vuoden kuluttua

Kyselyn vastaajat uskovat vankasti tietomallien käytön kehitykseen. Lähes kaikki vastaajat näkivät todennäköisenä tilanteen, jossa viiden vuoden kuluttua koko rakennusprosessi on rakennettu tietomalliin perustuvan teknologian ympärille. Jotkut vastaajista arvelivat jopa elinkaari- ja tiedonhallinnan olevan tällöin arkipäivää tilaajaorganisaatioissa ja tiedonsiirron tapahtuvan sujuvasti eri järjestelmien ja ohjelmistojen välillä. Seuraavanlaisia arvioita esiintyi haastatteluvastauksissa:

”on siirrytty tietomallipohjaiseen toimintaan, jossa on kuitenkin vielä kehitettävää johtuen pohjarakentamisen luonteesta, kukin tapaus on erilainen ja työssä joudutaan nopeasti mukautumaan muuttuviin olosuhteisiin (eli kaikkea ei voi ennalta suunnitella kovin aikaisin).” [11]

”Mallipohjainen toiminta on normaali infra-alan toimintatapa.” [11]

Muutamassa vastauksessa tuotanto-organisaatioiden arvioitiin jakautuvan tietomallit hallitseviin ja hallitsemattomiin urakoitsijoihin. Niiden, jotka eivät hallitse mallipohjaista toimintaa, uskottiin keskittyvän pienemmän kokoluokan urakoihin. Eräässä vastauksessa arveltiin edistyneimmän tietomalliprosessiosaamisen löytyvän infra-alan parhailta ja kannattavimmilta toimijoilta.

Tuotannonohjauksen osalta moni vastaajista uskoi tietomallien olevan viiden vuoden kuluttua tehokkaassa käytössä niin tuotannonohjauksessa ja suunnittelussa kuin myös toteuman seurannassa ja dokumentoinnissa. Hyvin useassa vastauksessa arveltiin

todennäköisimmäksi jatkuvan kehityksen tulevaisuus. Näin ollen tietomallien hyödyntäminen ja niiden kehittäminen olisivat osa jatkuvaa parannusprosessia. Tähän johtavina syinä muun muassa eri infrarakentamisen projektien kesken voimakkaasti vaihtelevat erityispiirteet.

2.4 Tietomallit erikoispohjarakentamisessa

Suomen markkina-alueen erikoispohjarakennusurakoissa on hyödynnetty toistaiseksi hyvin vähän tietomalleja. Erikoispohjarakentaminen kuuluu osana aiemmin esiteltyihin kehityshankkeisiin, joita koko infra-alalla on koordinoitu tietomallien käyttöönoton edistämiseksi. Nykytilanne on kehityshankkeiden ollessa käynnissä yhä epäselvä ja kehitys näyttäisi etenevän rationaalisesti ensin suunnittelutoimistoissa. Suurista tilaajista esimerkiksi Liikennevirasto ei ole toistaiseksi viestinyt selkeästi tulevaisuudensuunnitelmistaan juuri pohjarakentamisen tietomallien osalta [11]. Myöskään haastattelututkimukseen vastanneilla pohjarakentamisen asiantuntijoilla ei ollut selkeää käsitystä tulevasta vaatimuksista. Varsinkin kehityshankkeissa suuremmassa roolissa ovat olleet, luultavimmin markkinakoosta johtuen, väylärakentaminen ja sen muut osa-alueet sekä tiestön hoidon ja ylläpidon prosessit.

Tuotanto-organisaatiot, myös erikoispohjarakentamisen alalla, odottavat edelleen suuntaa tietomallien hyödyntämisen tuotantovaatimuksista. Tarkemman ohjeistuksen puuttuessa yksittäisillä toimialan yrityksillä ei ole motivaatiota aloittaa laajempia investointeja kehitystyöhön, jonka suunnasta ei ole varmuutta. Nykyisen epävarman tilan pitkittyessä entisestään tuotanto-organisaatioiden valmistautumisaika tietomallien käyttöönottoon ennen todellisia hankkeita jää verrattain lyhyeksi. Uusien menetelmien nopea ennakoimaton käyttöönotto lisää oletettavasti tietomallipohjaisten projektien riskitasoja ja hidastaa tulevaisuuden kehitystä.

Neljännessä luvussa käsitellään tietotekniikan hyödyntämistä syvästabiloinnissa, mikä on poikkeuksellisesti muita pohjarakentamisen työvaiheita edistyksellisempää teknologian hyödyntämisen kannalta. Tämä antaa muiden työmenetelmien ja -vaiheiden kehittämistoiminnalle mahdollisuuden käyttää esimerkiksi juuri syvästabilointia oppimiskohteenä kehityskokemuksien ja -ongelmien näkökulmasta.

Erikoispohjarakentamisen kannalta erityisen suuria haasteita tietomallien hyödyntämiseen asettaa tuotantotoiminnan sijoittuminen useimmiten tiiviisti rakennettuihin kaupunkiympäristöihin. Tämä tekee muun muassa tietomallin kattavasta tuottamisesta työläämpää mikäli työn kannalta kaikki oleelliset ympäröivät rakenteet sekä esimerkiksi maanalainen infrastruktuuri halutaan luotettavasti mukaan tietomalliin. Näistä syistä voidaan olettaa, että tietomallien siirtyminen täysimittaisesti koko erikoispohjarakentamisen prosesseihin saattaa olla jopa muita työvaiheita hitaampaa.

3 TIETOMALLIEN KÄYTTÖÖNOTTO INFRA- RAKENTAMISESSA

Tässä luvussa käsitellään tietomallien käyttöönoton vaikutuksia koko infrarakentamisen kannalta ja niitä yleistetään mahdollisuuksien mukaan erityisesti erikoispohjarakentamisen liiketoimintoihin. Pääpaino on muutos- ja prosessijohtamisessa ja niihin aiheutuvis- sa muospaineissa. Yksittäisiä teknisiä sovellutuksia käsitellään vain sivuaiheina. Luvun loppupuolella esitetään tunnistettujen mahdollisuuksien, tarpeiden ja vaatimusten perusteella muodostettu teknologinen tiekartta, joka on ehdotus yksittäisen tuotantotoimintaa harjoittavan yrityksen tai liiketoimintayksikön toimenpiteiksi siirryttäessä tietomallipohjaiseen tuotanto- ja johtamisjärjestelmään. Luku sisältää myös katsauksen lean-tuotantoideologian ja tietomallien yhteisiin periaatteisiin sekä aiheen käsittelyä synergiaetujen, eli toisiaan tukevien tavoitteiden ja työkalujen, kannalta.

Tietomallien mukanaan tuoma systeeminen teknologinen muutos tulee koskettamaan koko infrarakentamisen toimialaa. Ongelmia aiheuttavat muun muassa alan projektiluonne sekä suurien projektien toteuttaminen laajoissa verkosto-organisaatioissa, joihin kuuluu useita toisistaan täysin erillisiä organisaatioita. Tämä lisää muun muassa rajapintojen, niin tietoteknisten kuin myös sopimusteknisten, määrää merkittävästi.

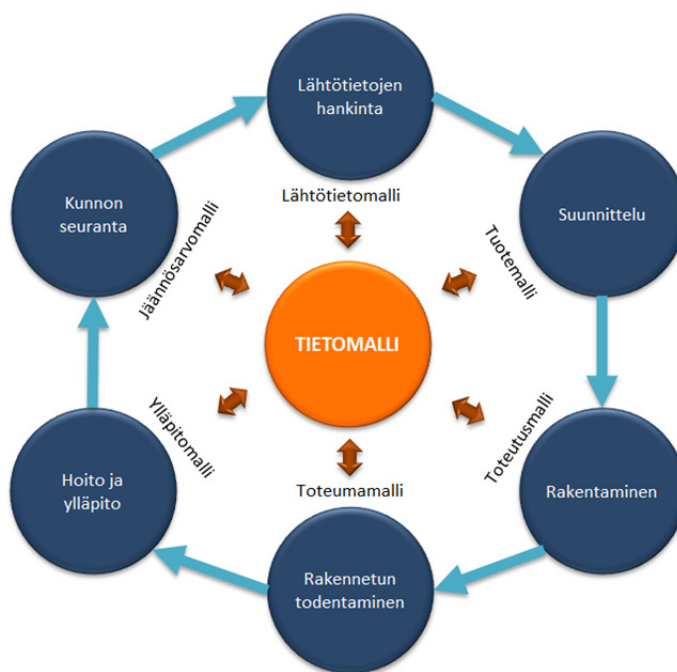
Useat rakennusalan yritykset ovat jo ottaneet tietomallipohjaiset teknologiat ydinosaamisalueekseen liiketoimintastrategiaan [23]. Tietomalleihin siirtymisen tapahduttua tehokkaimmin mallien hyödyntämisen hallitseva organisaatio saa osaamisestaan osittain kestäväen kilpailuedun. Alati kiristyvässä tuotanto-organisaatioiden kilpailutilanteessa myös markkinaosuudet pienten ja suurten organisaatioiden välillä saattavat kasvaa tulevaisuudessa juuri tietomalleihin liittyvän osaamisen vuoksi. Mittakaavaero korostuu mikäli tietomallien hyödyntämisen käyttöönoton vaatimat alkuinvestointikustannukset nousevat merkittäviksi. Lisäksi alkuinvestointihetken ja tietomalleilla saavutettavien taloudellisten hyötyjen välinen aika vaatii resursseja ja pääoman sitomista mikä entisestään heikentää pienten organisaatioiden asemaa markkinoilla [24]. Tästä syystä liiketoimintaperspektiiviä tulee ajatella pitkällä tähtäimellä. Tämä saattaa olla epävakaa taloudellisessa tilanteessa oleville tai lyhyen aikavälin optimointia suorittaville organisaatioille vaikeaa.

Tuleva teknologinen muutos on täysin markkinalähtöinen alan tuotannollisten toimijoiden oman aktiivisuuden ollessa melko pieni. Tietomalleihin siirtymistä ei näin ollen voida ajatella vaihtoehtona, vaan käytännössä välttämättömyytenä suurimpien asiakkaiden sitä vaatiessa. Tuotanto-organisaatiot pakotetaan sopeutumaan uuteen teknologiaan tilauskannan ja markkinaosuuksien pienentymisen uhalla. Teknologian sisäistämisen aikaansaama kilpailuetu korostuneer erityisesti käytössä olevissa hankintamalleissa, jois-

sa kilpailutuksen tuloksen osittain määräävä laatupesteytys tehdään muun muassa toteuttajaorganisaation kyvykkyyden perusteella [25].

Koko pohjarakentamisen liiketoiminta-alueen kannalta muutos tulee olemaan laaja-alainen ja näkyy viimeistään muutaman vuoden kuluttua jokaisen työntekijän arjessa tavalla tai toisella. Suurimmat haasteet koskevat operatiivista johtoa. Johtamisjärjestelmien ja toimintamallien radikaali ja verrattain nopea uudistuminen vaatii henkilöstöltä sopeutumiskyvyn lisäksi yhä enemmän kykyä omaksua uutta.

Kuvassa 3.1. on esitetty keskitetyn tietomallin toimintaperiaate, mikä on yksi tietomallien hyödyntämisen keskeisimmistä eduista. Tämä on myös yksi aiemmin esitellyn Infra-modelin päätavoitteista. Sisäkehällä olevat mallinimitykset ovat kutsumanimiä yksittäisessä elinkaaren vaiheessa käytettävälle tietomallille. Tavoitteena on, että kohteen kaikissa elinkaaren vaiheissa käytetään samaa keskitettyä tietomallia, josta noudataan kyseistä vaihetta varten tarvittavat tiedot. Keskitetty tietomalli elää virtuaalisena mallina täydentyen kohteen rinnalla koko sen elinkaaren ajan.



Kuva 3.1. Tietomallin keskeinen rooli elinkaariajattelussa. [13]

Systemitasolla tarkasteltuna rakennustuotanto-organisaation osuus elinkaarinäkökulmassa keskittyy kuvassa oikeassa alareunassa sijaitsevan rakentamisen toteutusmallin sekä alimmana esitetyn toteumamallin käyttöön. Hieman näkökulmaa tai liiketoimintaajattelua laajentamalla voidaan toteuttajan osalta käsittelyyn hyväksyä myös suunnittelu ja rakennetun todentaminen, eli tuotemallin ja toteumamallin käsittely sekä päivittäminen. [13]

Tietomallien kehityshankkeiden yhteydessä ilmaistujen aikataulujen toteutuessa siirtyminen tietomalleihin tulee tapahtumaan melko lyhyellä aikavälillä. Näin nopeassa muutoksessa korostuvat huolellinen valmistautuminen ja organisaation muutosjousta-

vuus ja sopeutumiskyky. Pienten ja matalan hierarkian organisaatioiden osalta muutos on helpommin hallittavissa ja johdettavissa, jolloin kompleksiset ja suuret organisaatiot ovat markkinaosuuksien säilyttämisen kannalta tältä osin haastavammassa tilanteessa. Muun muassa näitä muutosvaiheeseen liittyviä ominaispiirteitä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin myöhemmissä luvuissa.

3.1 Muutosvaiheen problematiikka

Vaikka koko rakennusalan on todettu monessa yhteydessä olevan erittäin otollinen kehittyneen teknologian käyttöönottoon, näin ei kuitenkaan ole ainakaan toistaiseksi tapahtunut. Yksi suurimmista syistä on yhteistyön ja kommunikaation puute rakennusalan toimijoiden ja teknologiavalmistajien kesken. Rakennusalan yrityksillä on tietämystä omista tarpeistaan, mutta ei ymmärrystä kehittyneen teknologian hyödyntämisen tuomista mahdollisuuksista. Ongelma on olemassa myös toisinpäin teknologia-alan valmistajien ollessa hyvin heikosti tietoisia rakennusalan tarpeista ja alalle parhaiten soveltuvista ratkaisuista. [26]

Edellä mainittu ongelma hidastaa kehitystä todennäköisesti myös tietomallien tapauksessa. Ratkaisu tähän ei ole erityisen ongelmallinen – halu sen toteuttamiseen sitä vastoin näyttäisi olevan. Organisaation, joka haluaa menestyä tietomallien parissa, olisi-kin syytä tehdä jatkossa entistä enemmän yhteistyötä ohjelmisto- ja teknologiavalmistajien kanssa. Tietomallien hyödyntäminen saattaa muodostua hyvinkin kannattamattomaksi ilman syvällisempää tietotaitoa aiheesta. Tämä korostuu erityisesti käyttöönoton alkuvaiheen ongelmanratkaisutilanteissa. Myös kehityspotentiaali on huomattavasti suurempi sisäistettäessä kaikki kehittyneen teknologian tuomat mahdollisuudet, joita esitellään luvussa 3.2.1.

Seuraava kuva 3.2. esittää tietomallin teknologisen käyttöönoton eri kehitysasteita yleisesti projektiorganisaatiossa. Vaaka-akselilla on kuvattu organisaation yleistä sitoutumisastetta tietomalleihin ja pystyakselilla tietomallien integraation astetta eri projektin tehtävissä ja vaiheissa. Sama kuvaaja on yleistettävissä projektinäkökulmasta myös tuotanto-organisaatioon. Käyttöönottovaiheen ongelmia syntyy tilanteessa, jossa siirrytään osaoptimoinnista koko prosessin hallintaan. Tähän mennessä tietomallipohjaista toimintaa on ainakin koneohjaustoiminnan kannalta kehitetty keskittyen yksittäisiin tehtäviin tai projekteihin, jolloin ongelmanratkaisutilanteissa tehdyt päätökset eivät ole vaikuttaneet organisaation sisällä muihin tehtäviin tai projekteihin. Oleellista olisikin sisäistää tavoitetila jo alkuvaiheessa ja siirtyä tarkoituksenmukaisesti kohti kuvan 3.2. oikeaa yläkulmaa.

Korkea ↑ INTEGRAATION ASTE Matala	Ulkopuoliset asiantuntijat toteuttavat kaikkien projektien kaikki tehtävät tietomallia käyttäen	Organisaation asiantuntijat toteuttavat kaikkien projektien kaikki tehtävät tietomallia käyttäen	Koko projektiorganisaatio toteuttaa kaikki tehtävät kaikista projekteista tietomallia käyttäen
	Ulkopuoliset asiantuntijat toteuttavat yhden tehtävän kaikista projekteista / kaikki tehtävät yhdestä projektista tietomallia käyttäen	Organisaation asiantuntijat toteuttavat yhden tehtävän kaikista projekteista / kaikki tehtävät yhdestä projektista tietomallia käyttäen	Koko projektiorganisaatio toteuttaa yhden tehtävän kaikista projekteista / kaikki tehtävät yhdestä projektista tietomallia käyttäen
	Ulkopuoliset asiantuntijat toteuttavat yhden tehtävän yhdestä projektista tietomallia käyttäen	Organisaation asiantuntijat toteuttavat yhden tehtävän yhdestä projektista tietomallia käyttäen	Koko projektiorganisaatio toteuttaa yhden tehtävän yhdestä projektista tietomallia käyttäen
	Matala	ORGANISAATION SITOUTUMISASTE	Korkea →

Kuva 3.2. Tietomallien eri hyödyntämisasteet. [14]

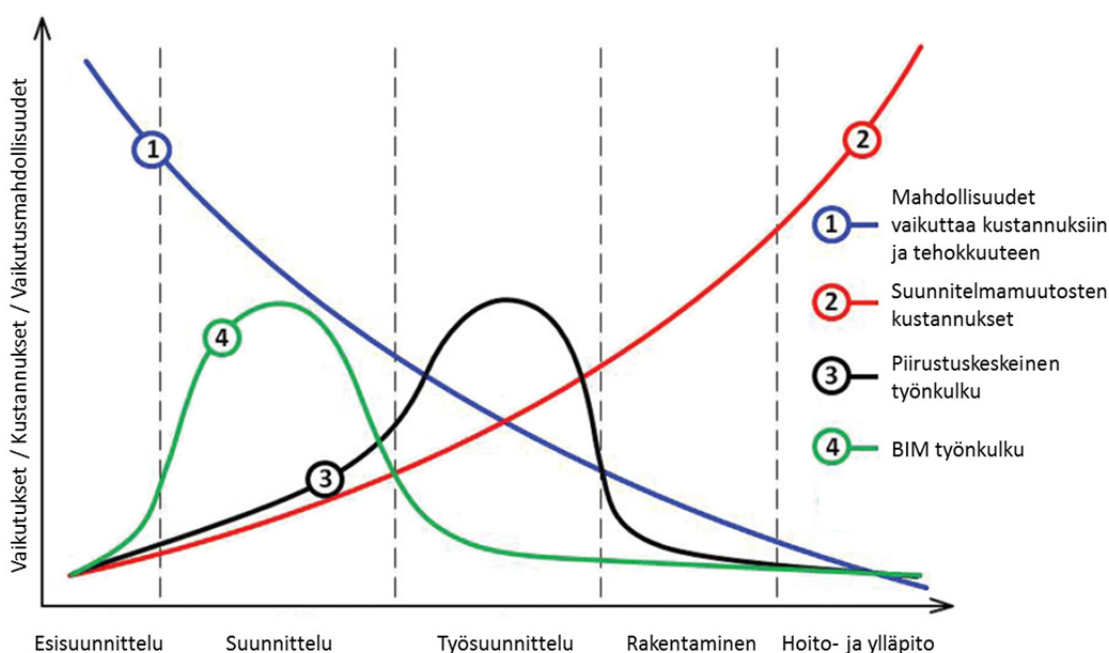
Kokonaisuuden kannalta tilaaja-/rakennuttajaorganisaatioiden olisi tehokkainta pyrkiä kohti sekä mahdollisimman korkea tietomallien integraation astetta että sitoutumisastetta. Tällöin tietomallien käytöstä saatavat hyödyt olisivat mahdollisimman suuret, eikä tarpeetonta kitkaa esiinny tiedonsiirron rajapinnoissa eri vaiheiden, yksiköiden tai projektien välillä [14]. Havainto perustuu kyseisten organisaatioiden mahdollisuuteen keskittyä vain yhteen tiedonkäsittelytapaan. Tuotanto-organisaation yksittäisen liiketoimintayksikön kannalta tavoite ei ole varsinkaan projektitasolla tarkasteltuna yhtä yksiselitteinen. Aihetta käsitellään tästä tuotanto-organisaation näkökulmasta tarkemmin luvussa 3.2.

Yksi informaation jakamista merkittävimmin heikentävistä tekijöistä ovat formaattimuunnokset. Infra-alalle on tarkoituksena luoda avoin tietomalliformaatti, jonka välityksellä kaikki tiedonsiirto tapahtuu. Tästä formaatista kukin toimija voi konvertoida tiedon omien sovellutustensa edellyttämään muotoon ja päinvastoin luovutettaessa tietoa eteenpäin. Parhaimmassa tapauksessa tiedot voitaisiin lukea suoraan tietokannasta ilman tarpeettomia formaattimuunnoksia. Tällä hetkellä todennäköisimpänä vaihtoehtona on LandXML-formaattiin perustuvan tietomuodon käyttöönotto. Tiedonsiirron avoimeksi standardiksi Suomen infrarakentamiseen kehitetään parhaimpana vaihtoehtona InfraModel-formaattia. Järjestely vastaisi toimiessaan talonrakennusklusterilla käytössä olevaa kansainvälistä IFC-formaattia (Industry Foundation Classes), jossa kaikki toimijat kommunikoivat yhteisen IFC-formaatin välityksellä. [2]

Kehitystyössä on kuitenkin myös muita haasteita formaattimuunnosten lisäksi. Tietomallien hyödyntämiseen tulisi ainakin alustavalla tasolla määrittää selkeästi aihepiirin ammattiterminologia, tietomallien sisällön tuottamisen tarkka ohjeistus sekä vaatimustasot ennen käyttöönoton laajempaa toimeenpanoa [27].

Toistaiseksi myös tilaajan haluttomuus avoimeen tiedonjakoon on hidastanut tietomallien kaltaisten yhteistyövälineiden käyttöönottoa. Suunnitteluvaiheessa tuotettua aineistoa on jaettu monessa suhteessa riittämättömässä laajuudessa sekä alkeellisissa tietomaateissa tuotantovaihetta toteuttavan organisaation käyttöön. [11]

Uutena näkökulmana ja muutoksena tilaaja- sekä suunnitteluorganisaatioille tulee myös työn ja kustannusten painopisteen siirtyminen yhä enemmän suunnitteluvaiheeseen. Kuvassa 3.3. on esitetty rakennusprojektin elinkaaren vaiheissa: mahdollisuudet ohjata toteutusta (1), muutosten kustannusvaikutukset (2) ja työn (kustannusten) jakautuminen sekä perinteisellä (3) että tietomallipainotteisella tuotannolla (4).



Kuva 3.3. Tietomallien hyödyntämisen vaikutukset projektityön painopisteeseen. [28]

Käyrästä 2 havaitaan, että mitä aikaisemmassa vaiheessa lopputuotteeseen vaikuttava muutos voidaan viedä suunnitelmiin, sitä matalammilla kustannuksilla se voidaan toteuttaa. Myöhemmissä vaiheissa vaikutusmahdollisuudet ovat hyvin pienet (käyrä 1), minkä lisäksi mahdolliset muutokset tuovat tässä vaiheessa kohtuuttoman suuria lisäkustannuksia. Oleellista kustannustehokkuuden ja laadun kannalta olisi siis tehdä päätökset ja yksityiskohtainen suunnittelu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa projektia.

Tietomallien käyttö tuo tähän edistykseen osittain pakottavan vaikuttimen. Tietomallipohjaista suunnitteluaineistoa luotaessa joudutaan tuottamaan jo niin täydellinen malli, että myöhemmän vaiheen työsuunnittelu jää huomattavasti vähemmälle. Tämä luonnollisesti edellyttää määritysten ja lopullisten päätösten valmiiksi saamista jo vaiheessa, jossa perinteinen piirustuskeskeinen tuotanto on ollut vasta alussa ja sallinut muutokset myös myöhemmässä vaiheessa. Lopputuotteen kustannustehokkuuden ja laadun voidaan tietomallien myötä olettaa paranevan toteutuksenaikaisten tai toteutusta lähellä olevien suunnitelmamuutosten vähennyttyä tai jopa poistuttua kokonaan.

Edellä mainitun työn siirtymisen lisäksi painopisteen muuttuminen tarkoittaa myös muutosta kustannusten jakautumisessa eri projektin vaiheiden kesken. Perusteltuna oleksena on, että kustannukset tulevat siirtymään enenevässä määrin kohti suunnitteluvaihetta. Ainakin nykyisestä tilanteesta suunnitteluvaiheen työmäärä lisääntyy, mikäli sitä ei korkeammalla tuottavuudella saada vastaavasti pienennettyä.

Edellä mainittujen piirteiden perusteella projektien kokonaiskustannusten tulisi pienentyä erityisesti muutosten siirtyessä alaspäin käyrällä 2. Kuvalla 3.3. ei ole kuitenkaan tarkoitus kuvata absoluuttista kokonaiskustannusten suuruutta tai eri työnkulkujen keskinäisiä kustannussuhteita.

3.2 Tuotanto-organisaation valmistautuminen tietomalleihin

Siirtyminen tietomallien käyttöön on nähtävä pitkän aikavälin investointina. On hyvin todennäköistä, että oppimiskäyrän alkuvaiheessa muutokset aiheuttavat enemmän ylimääräisiä kustannuksia kuin säästöjä myös tuotanto-organisaatioissa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu tuotantoyksikköön tehtävän investoinnin tietomallien hyödyntämiseen olevan tuottava viimeistään kahden vuoden kuluttua investointihetkestä. [29]

Tuotantovaiheen tietomallien käytön tiellä on kuitenkin yhä monia esteitä. Eniten ongelmia ja epätietoisuutta tuotanto-organisaatioissa aiheuttavat muun muassa sopimustekniikka/riskien jako, muutoksen pelko, kustannusten ennustaminen ja hyötyjen tunnistaminen. Ennakkoluulot ovat monilta osin täysin perusteltuja. Ne tulee kuitenkin käsitellä avoimesti ja mahdollisuuksien mukaan ratkaista ennen tietomallien hyödyntämiseen siirtymistä. Muutosvaiheen riskienhallintaa käsitellään myöhemmässä luvussa. [29]

Tähän mennessä rakennusalalla tehdyt uuden informaatioteknologian käyttöönotto-projektit ovat monilta osin epäonnistuneet. Merkittävimmät kaksi syytä tähän ovat olleet liian suuren painoarvon antaminen ydinprosessien ulkopuolisille ongelmille ja kehitystarpeille kuten ERP-järjestelmille (Enterprise Resource Planning) sekä kolmen organisaation ydintekijän – ihmiset, prosessit ja teknologia – kehittäminen keskenään epätasapainossa. [30]

3.2.1 Tuotannon hyödyt

Ennen kaikkea tietomallien hyödyntäminen edistää hankkeiden tilaajien ja rakennetun ympäristön omistajien resurssien tehokasta käyttöä. Merkittäviä hyötyjä on kuitenkin saavutettavissa myös tuotanto-organisaatioissa. Ohessa eräs ryhmittely tuotanto-organisaation saavutettavissa olevista eduista [2,13,14,21,29,31,32]:

1. Määrälaskenta
2. Visuaalinen suunnittelu ja tarkastelu
3. Kustannus- ja aikatauluseuranta
4. Esivalmistus
5. Rakennusvaiheen tuotantotekniikka ja optimointi

Eri vaiheissa suoritettava määrälaskennassa tapahtuu tietomallien avulla aiempaa luotettavammin ja yksinkertaisemmin. Tarkat komponenttien, rakennusosien ja materiaalien määrät sekä ominaisuudet ovat helposti laskettavissa suoraan tietomallista. Näin ollen massalaskenta ja -suunnittelu helpottuvat ja nopeutuvat perinteisiin menetelmiin verrattuna. Myös tuotantovaiheen aikaista määrien seuranta sekä määrämuutosten hallintaa on mahdollista automatisoida ja tehostaa tietomalleihin perustuvilla työkaluilla. Koko laskenta- ja toteutusvaiheen välisen tiedonsiirron teknologia on mahdollista toteuttaa aiempaa edistyneemmin. Yhteisen tiedonsiirtovälineen kautta esimerkiksi laskentatiedot olisi mahdollista yhdistää suoraan hankinnan ja työmaalogistiikan prosesseihin.

Visuaalinen suunnittelu ja tarkastelu mahdollistavat valmiin rakenteen tarkastelun virtuaalisessa ympäristössä. Tämä helpottaa muun muassa kommunikointia sekä ulkoisten että sisäisten sidosryhmien kanssa. Myös visuaalinen toteutettavuussuunnittelu helpottuu, mikäli tuotantovaiheessa malliin lisätään aikataulu (4D). Törmäys- ja entä jos -tarkastelut voidaan nopeasti toteuttaa valmiiden rakenteiden lisäksi myös väliaikaisten rakenteiden, varoalueiden ja tilavarausten kannalta. Näin laaturvirheet sekä tarpeettoman työn ja korjaavien töiden määrä vähenevät.

Kustannus- ja aikatauluseurannan osalta hankkeen suunnittelu- ja toteumatiedon vertailut (5D) ja erilaisten skenaarioiden laskennat ovat tietomallien avulla entistä nopeampia. Myös dokumentointia voidaan näiltä osin yhtenäistää ja siten parantaa projektien vertailtavuutta. Projektien läpimenoaikojen lyhentäminen on mahdollista tekemällä päätöksiä perustuen entistä syvällisemmin ja nopeammin tehtyihin vaihtoehtoisten toteutusmenetelmien vertailuihin. Lisäksi tuotantovaiheen aikainen kustannus- ja aikataulu-seuranta on kaiken kaikkiaan entistä luotettavampaa suunnitelma-aineiston paremman laadun vuoksi.

Rakennusosien esivalmistus yhdistettynä automaatioon voidaan viedä uudelle kehitysportaalalle, kun tietomalleista saatavat tuotetiedot ovat entistä tarkempia ja helpommin laskettavissa. Rakennusosat voidaan entistä useammin valmistaa etukäteen hallituissa olosuhteissa ja vähentää työmaalla tapahtuvan työn osuutta. Tämä nopeuttaa projektin läpimenoaikaa, parantaa laatua sekä laskee tuotantokustannuksia vähentyneen ja tehostuneen resurssien käytön kautta. Mahdollisesti eniten ongelmia tuottavana edellytyksenä täysimittaiselle käyttöönnotolle on formaattien yhtenäistäminen rakennustuoteollisuuden kanssa.

Eri laiteteknologiat (RFID, GPS, koneohjaus, jne.) yhdistettynä tietomallien käyttöön mahdollistavat tuotannon dynaamisen ja reaaliaikaisen seurannan sekä materiaalien, että myös muiden resurssien kuten koneiden ja työntekijöiden, osalta. Seuranta voidaan pilvipalvelinratkaisuilla suorittaa missä tahansa verkkoyhteyden päässä. Rakentamisen aikaisten suunnitelmien (esimerkiksi aluesuunnitelmien, toteutussuunnitelmien ja aikataulusuunnitelmien) laatiminen helpottuu visualisointien ja analyysien muuttuessa helppokäyttöisemmiksi. Myös massatalouden optimointia voidaan kehittää yhä tehokkaammaksi. Lisäksi suunnitteluvirheistä aiheutuvat muutokset vähentyvät, mikä parantaa lopputuotteen laadun lisäksi tuotannonohjauksen toimivuutta. Erilaisten herk-

kyysanalyysien ja rakennettavuustarkastelujen tekeminen esimerkiksi toteutusjärjestyksen, työturvallisuuden ja kustannusvaikutusten osalta onnistuu tietomallien avulla merkittävästi aiempaa tehokkaammin ja vaivattomammin. Edellä mainituilla tekijöillä on suora yhteys rakentamisen prosessien tuottavuuden parantumiseen ja sitä kautta myös tuotanto-organisaatioyksiköiden ja -yritysten kannattavuuteen.

Edellä mainittujen viiden pääkohdan lisäksi tietomallien käytöllä saavutetaan erityistä hyötyä, mikäli tuotantotoiminta koostuu pääosin samankaltaisten projektien tai tuotteiden tuotannosta. Näissä samaa mallia ja laskentoja voidaan hyödyntää projektista toiseen perinteisiä tasosuunnitelmia monipuolisemmin [33]. Kansainvälisen yhteistyön avulla Suomen infrarakentamisen markkinoilla toimivien tuotanto-organisaatioiden liiketoimintamahdollisuuksia voidaan kehittää myös muiden maiden markkinoille sopiviksi. Yhtenäinen, rajat ylittävä, toimintatapa tietomalleissa parantaisi muun muassa yritysten kilpailukykyä [32].

Tuotantovaiheessa saavutettavat hyödyt ovat kiistatta merkittäviä. Mikäli tuotanto-organisaatio päättyy kuitenkin hyödyntämään tietomalleja ulkoisten palveluntarjoajien kautta, vain murto-osa edellä mainituilla osa-alueilla saavutettavista hyödyistä realisoituu. Tietomallien hyödyntämiseen siirtyneet organisaatiot ovat tutkimuksissa antaneet pääosin parempia arvioita tietomallien tuomista hyödyistä kuin organisaatiot, jotka vasta harkitsevat siirtymistä [34]. Edut ovat siis olleet useimmissa tapauksissa ennakoitua merkittävämmät ja hyötyjä on pikemminkin vähätelty ennen varsinaista käyttöönotto-vaihetta.

Tämän työn yhteydessä suoritetun haastattelututkimuksen yhteydessä tutkittiin myös alan toimijoiden käsitystä tietomallien tuomista tuotannon hyödyistä kysymyksellä:

”4. Mitä etuja tuotanto-organisaatioille on tietomallinnuksesta?”

Vastauksissa mainittiin lukuisa määrä tietomallien hyödyntämisellä saavutettavissa olevia tuotannollisia etuja. Uuteen teknologiaan kohdistuu vastausten perusteella suuria odotuksia jokaisen rakentamisen osapuolen taholta.

Kehityskohteita mainittiin monista eri tuotannon vaiheista. Monilta osin tuotantovaiheen lisäksi myös suunnitteluvaiheeseen kohdistuvista teknisistä hyödyistä mainittiin useissa vastauksissa: parantunut visualisointi ja monipuoliset simulointimahdollisuudet, sisäisten ristiriitojen välttäminen, konfliktien ja törmäystilanteiden tunnistaminen, muutosten aiheuttamien vaikutusten tarkastelu, määrien laskenta sekä aikatauluttaminen. Rakennusvaiheeseen keskittyvistä eduista esille nousivat määrien ja kustannusten parempi hallinta, koneohjauksen tehokkuuden ja laadun parantuminen sekä lean-tuotantoideologian parantuneet hyödyntämismahdollisuudet. Myös tarketietojen ja muiden tuotantotietojen kokoamisen helpottuminen mainittiin useita kertoja. Tuotannonohjauksen osalta arvioitiin toiminnan tehostumista tapahtuvan monella osa-alueella. Seuraavassa muutamia poimintoja vastauksista.

”Lean-filosofiaa pystytään jalkauttamaan tehokkaammin työmaille (pystytään ottamaan LastPlanner-työkalut tehokkaaseen käyttöön). Uusia työmenetelmiä pystytään ottamaan käyttöön tuotannossa. Materiaalihukkaa pystytään hallinnoimaan oleellisesti paremmin. Virheel-lisen työn määrä vähenee oleellisesti.” [11]

”Toiminnan suunnittelu, virheiden välttäminen; kerralla oikein, ra-kenteiden konfliktien välttäminen, rakentamisvaiheiden (helppo) simu-lointi. Koneohjaus parantaa pilottihankkeiden kokemusten mukaan konetyön tehokkuutta ja laatua, mutta vaatii tietysti enemmän osaa-mista.” [11]

”Työt voidaan suunnitella ennen toteutusta, työvaiheistus. Tuotannon aikana saatava lisätieto voidaan ottaa huomioon työn jatkototeutuk- sessa (päivittyvä tietomalli). Määrälaskenta automaattista ja perustuu tietomalliin. Kaikki muutokset dokumentoituu absoluuttisesti oikein (lisä- ja muutostyöt).” [11]

Kaikki tutkimukseen osallistuneet olivat hyvin tietoisia tietomallien mahdollisuuk- sista myös toteutusvaiheessa, vaikka usean vastaajan toimenkuva olikin muualla kuin tuotanto-organisaatioissa. Elinkaarinäkökulma on otettu vastausten perusteella myös vastaan oleellisena osana tietomalleihin siirtymistä. Elinkaariajattelun nähtiinkin olevan merkittävä edistys aiempaan nähden. Käytännön kokemusten osalta mainittuja etuja on vastausten perusteella ainakin joidenkin työvaiheiden osalta todistettu myös Suomessa käynnistetyissä tai käynnissä olevissa pilottihankkeissa.

Kaikki edellä mainitut kehitysvaikutukset toteutuvat tuotanto-organisaatiolle pie- nempänä työmääränä, korkeampana laatuna, pienentyneenä hukkana sekä parantuneena resurssien käytön tehokkuutena. Kaikki kehittyneet osa-alueet näkyvät siis lopulta kor- keamman tuottavuuden lisäksi, tai kautta, myös tuotanto-organisaation parempana tu- loksena.

3.2.2 Tuotanto-organisaatioon prosesseihin kohdistuvat vaatimukset ja vaikutukset

Tietomallin tuotanto-organisaatioon kohdistamat vaatimukset voidaan identifioida ja jakaa kolmeen pääryhmään: teknologiaan, prosesseihin ja yhteisiin sopimuksiin liitty- viin vaatimuksiin [35]. Teknologiset ja sopimukselliset vaatimustasot edellyttävät pää- osin muiden kuin tuotanto-organisaatioiden toimia, joten ne eivät ole tässä tutkimukses- sa relevantteja. Sen sijaan prosessivaatimuksiksi luokiteltavat kohdistuvat kiinteästi myös tuotantovaiheeseen. Ne voidaan jakaa esimerkiksi kuvan 3.4. tavalla neljään tuo- tantoprosessin mukaiseen pääluokkaan [35].



Kuva 3.4. Tuotantoprosessin elementtien kuvaus. [35]

Tuotantoprosessin alkutekijöihin on tässä yhteydessä luokiteltu organisaation infrastruktuuri ja henkilöstöressit. Infrastruktuurilla tarkoitetaan organisaation sisäistä, fyysistä toimintaympäristöä materiaaleineen, laitteineen, koneineen sekä tietojärjestelmineen. Yrityksen ydinprosessissa alkutekijöistä luodaan johtamisjärjestelmän kautta tuotteita ja palveluita. Seuraavissa kappaleissa on esitetty kunkin tekijän kannalta oleellimmat muutostekijät alla olevassa järjestyksessä [35]:

1. Johtamisjärjestelmä
2. Infrastruktuuri
3. Henkilöstöressit
4. Tuotteet ja palvelut

Tietomallien kaikki prosessit kattava käyttöönotto tuotantotoiminnassa vaatii johtamisjärjestelmältä päätöksentekojärjestelmän, organisaation prosessien sekä kommunikointitapojen kokonaisvaltaista mukautumista. Uudet työtavat ja -menetelmät asettavat muun muassa organisaation sisäisen toiminnan tehtäväjaottelun uudelleenarviointia. Avoimuus ja riittävä kommunikointi ja viestintä antavat hyvät edellytykset toimintamuutosten onnistumiselle. Luvussa 3.3. on esimerkki johtamisjärjestelmiä tukevasta lean-tuotantoideologiasta, jonka tavoitteet ovat monilta osin yhtenäiset tietomallien hyödyntämisen tavoitteiden kanssa.

Vaikutukset organisaation fyysiseen infrastruktuuriin ovat myös merkittävät. Henkilöstön lisäksi myös koneiden, laitteiston ja tietojärjestelmien on kyettävä saumattomasti käyttämään yhteistä tietomallia tarpeen mukaan jokaisessa projektin vaiheessa. Koneohjauksjärjestelmissä, ohjelmistoissa sekä tiedonsiirtotavoissa on tältä osin vielä huomattavasti realisoimattomia kehityspotentiaaleja.

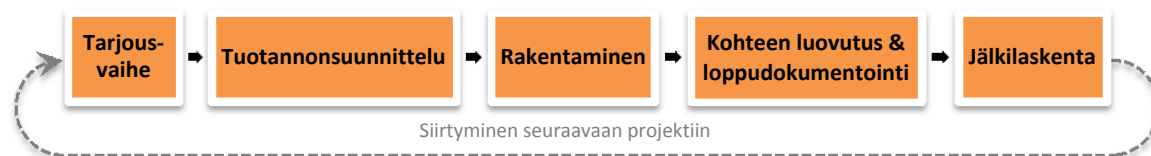
Yksi ongelmallisimmista vaatimustasoista on henkilöstöressien laatu ja riittävyys tietomallien käytössä. Tämä muodostaa myös uhkan käyttöönoton onnistumiselle. Eriyisesti tietoteknisten taitojen ja kykyjen osalta henkilöstöltä vaaditaan huomattavasti aikaisempaa enemmän. Erityisesti edellytetään nopeaa sopeutumiskykyä uusiin ohjelmistoihin ja järjestelmiin sekä niiden väliseen toimintaan. Myös henkistä joustamis- ja sopeutumiskykyä vaaditaan entistä enemmän prosessien muuttuessa aiempaa ja totuttua nopeammin. Muutoinkin tietotekniikan roolin jatkuvasti kasvaessa tuotantoorganisaation tarve ammattitaitoiseen henkilöstöön tietotekniikan osalta kasvaa. Ongelmanratkaisutilanteita varten myös organisaation tekniseltä tuelta vaaditaan yhä enem-

män. Alkuvaiheessa tietoteknisten ongelmien määrä saattaa entisestään vahvistaa tietomallien käyttöönoton aiheuttamaa tuottavuuden tilapäistä heikkenemistä.

Viimeisenä mainittu tuotteiden ja palveluiden tarve sopeutua on ainoa vaatimus, joka on omaksuttava pääosin ulkopuolisista vaikutteista johtuen – tilaajan/rakennuttajan vaatimustasosta riippuen. Muut edellä esitetyt muutostekijät 1.–3. ovat valtaosin organisaation itse käsiteltävissä. Tulevaisuudessa tuotanto-organisaatioiden tuotteet ja palvelut dokumentoidaan ja osittain jopa tuotetaan tietomallipohjaisesti muun muassa sopimusdetaljeista riippuen.

Tuotanto-organisaation kannalta kaikki edellä mainitut toteutuksen prosesseihin kohdistuvat vaatimukset ja vaikutukset on tehokkainta huomioida koko tuotantoprosessissa. Näin jatkuva optimointi ja kehittäminen sekä muut prosessimaisen toiminnan edut saadaan hyödynnettäviksi. Tätä näkökulmaa on käsitelty tarkemmin myöhemmässä luvussa 3.3.

Seuraavaksi eritellään tietomallien käyttöönoton muutosvaikutuksia tuotanto-organisaation toisesta näkökulmasta. Aluksi tuotantoprosessi vaiheistetaan, jonka jälkeen ryhmitellään vaikutuksia sekä vaatimuksia eri prosessin vaiheissa. Rakennusalan kilpailumarkkinoilla toimivan projektimaiseen tuotantoon keskittyvän organisaation toiminta pelkistetään tässä yhteydessä kuvan 3.5. kaltaiseen viisivaiheiseen prosessikuvaajaan.



Kuva 3.5. Tuotanto-organisaation prosessimainen vaihekuvaaja.

Tarjousvaihe oletetaan tässä yhteydessä alkavaksi hetkestä, jolloin myönteinen tarjoamis päätös on tehty. Tarjousvaiheesta siirrytään tuotannosuunnitteluun myönteisen hankintapäätöksen jälkeen. Tuotannosuunnittelu ja rakennusvaihe voivat olla ajallisesti myös osittain tai lähes kokonaan päällekkäin. Rakentaminen alkaa kohteen vastaanottohetkellä päättyen kohteen luovutukseen. Loppudokumentointi ja kohteen luovutus saattavat myös olla ajallisesti osittain päällekkäin, mutta niitä tarkastellaan erillisinä kokonaisuuksina niiden erilaisen tehtäväsällön vuoksi. Jälkilaskenta voi tapauskohtaisesti myös limittyä ajallisesti aiempien vaiheiden kanssa muodostaen kuitenkin oman selkeän osakokonaisuutensa prosessin lopussa. Tietomallien käyttöönoton vaikutuksia tuotanto-organisaation pääprosessiin eritellään seuraavaksi vaihekohtaisesti edellä kuvatun jaottelun pohjalta.

Tarjouslaskenta

Tarjouslaskennassa saavutettavat hyödyt ovat merkittäviä. Tuottavuus saadaan myös tässä vaiheessa nostettua korkeammalle tasolle. Piirustuksista laskettaessa kohtuuttoman suuren suhteellisen työmäärän on aiheuttanut varsinkin projektin määrätietojen selvittäminen. Tietomallien myötä voidaan määrätiedot ottaa kyselyllä suoraan mallista ja selvittää vain mahdolliset epävarmat tai ongelmalliset kohdat tarkemmalla tarkastelulla. Muilta osin riittää määräkyselyiden tulosten varmistaminen tarkoituksenmukaiseksi katsotulla tavalla.

Työmäärän vähentyessä määrälaskennan osalta voidaan tapauskohtaisen harkinnan mukaan käyttää säästyneitä resursseja muiden projektien lisäksi myös vaihtoehtoisten työmenetelmien / -tapojen simulointiin tai muuhun annettavaan tarjoukseen oleellisesti vaikuttavan osion suunnitteluun. Työvaiheiden toteutusta ja vaiheistusta voidaan alustavasti suunnitella tietomallien avulla entistä tehokkaammin ja näin löytää mahdollisia päällekkäisyyksiä tai sisäisiä synergiaetuja.

Lisäksi tietomallin avulla voidaan tarjousvaiheessa tehtävän visualisoinnin kautta huomata nopeasti projektin ominaispiirteitä, joiden havaitseminen piirustusaineistosta vaatisi useimmiten suuremman työpanoksen. Myös alustavalla aikataulun visualisoinnilla voidaan saada uusia näkökulmia rakennusvaiheen toteutukseen.

Rakennussuunnittelu

Siirryttäessä rakennussuunnitteluun tarjouslaskenta-aineisto ja mahdollisesti jo alustavasti hahmotellut työvaiheiden toteutussimuloinnit toimivat pohjana. Näiden päälle tehdään tietomalliin tarkemman työn toteutussuunnittelun ja aikataulutuksen lisäksi tarpeen mukaan myös muita suunnitelmia kuten resurssien käyttö- tai aluesuunnitelmat.

Rakennussuunnitteluvaiheessa tehdään mahdollisesti aiempaa useampia simulointeja ja vaihtoehtoistarkasteluja, joiden suorittaminen on perinteisten tasopiirustusten hyödyntämiseen nähden selvästi nopeampaa. Tässä vaiheessa tulee myös varmistaa tuotantovaiheeseen vietävän tietomallin kelpoisuus koneohjausaineistoksi sekä dokumentointitiedon tallennusalustaksi.

Rakentaminen

Itse tuotannon käynnistyttyä tietomalli on työkalu kaikelle rakentamisen aikaiselle dokumentaatiolle, työn suoritukselle, aikataulutukselle, toteutussuunnittelulle, hankinnoille sekä muulle projektinhallinnalle. Aiemmasta poiketen, tietomalli mahdollistaa suunnittelutyökalujen muuttamisen pääosin sähköisiksi ja sitä kautta myös aiempaa tehokkaamman toiminnan. Myös erilaisten tarkastelujen tekeminen vielä rakentamisvaiheessa yleistyy ja helpottaa reagoimista tuotannossa havaittuihin poikkeamiin olosuhteissa tai muissa oletuksissa. Käytännön toteutuksessa tietomalleihin yhdistetty koneohjaus tehostaa tuotantoprosesseja. Ihannetilanteessa koko tuotannonohjausprosessi voitaisiin viedä läpi tietomalliin perustuvilla sovellutuksilla.

Rakennusvaiheen dokumentoinnissa kerätään tietoa toteumamallia varten. Tiedot syötetään toteutuneine parametreineen ja havaintoineen tietomalliin, joka toimii pohjana

loppudokumentoinnin luomiselle. Myös esimerkiksi poikkeamaraporttien, lisätöiden, erillismuistioiden ja muiden huomautusten käsittely voidaan optimiapauksessa suorittaa suoraan tietomallissa.

Projektin kassavirtojen ja kustannusten seuranta on usein raskas tietotekninen järjestelmä, jonka käyttöä voidaan myös helpottaa tietomallipohjaisella toiminnalla. Tuotanto-organisaation oman kustannusseurantajärjestelmän pohjana voidaan käyttää tietomallia, johon kustannukset yhdistyvät automaattisesti tehtyjen kohdistusmääritelmien avulla. Kyselyjen suorittaminen helpottuu ja esimerkiksi lisä- ja muutostöiden sekä maksoerien kohdistaminen ja muu hallinnollinen käsittely voidaan toteuttaa aiempaa tehokkaammin ja havainnollisemmin, varsinkin, jos toteumatiedon seurantajärjestelmä on luotu reaaliaikaiseksi.

Kohteen luovutus ja loppudokumentointi

Loppudokumentoinnin päätarkoituksena on varmistua rakentamisen aikana ja sen jälkeen tuotetun toteumamallin todenmukaisuudesta. Oikein koostetun rakentamisen aikaisen dokumentaation pohjalta tähän ei vaadita merkittäviä resursseja.

Kohteen luovutusvaiheessa yksi suurimmista tietomalleilla saavutettavista eduista on visualisointi. Mallista voidaan helposti tarkastella rakennusvaiheessa sinne lisättyjä merkintöjä ja huomautuksia. Luovutusdokumentaatio sisältää optimiapauksessa pohjatiedot kohteen ylläpitomallille.

Jälkilaskenta

Tuotanto-organisaatiossa suoritettavan valmiin projektin jälkilaskenta helpottuu huomattavasti, mikäli tuotannossa on käytetty sekä määrien että kustannusten toteumaraportointiin tietomallipohjaisia työkaluja. Erilaisten määrä- tai kustannuskyselyjen avulla voidaan nopeasti tuottaa vertailutietoa kohteen tarjouslaskentamallin ja toteutuneen mallin kesken. Lisäksi parametrien vertailu myös eri projektien kesken tulee entistä nopeammaksi.

Eryityisesti pohjarakentamisen tuotantoprosessiin tulevaisuudessa kohdistuvia vaikutuksia sekä niiden toteutumisajankohtaa selvitettiin myös haastattelututkimuksen kysymyksellä:

”5. Mitä tietomallinnusta koskevia vaatimuksia pohjarakentamisen toteutusvaiheeseen tulee kohdistumaan ja milloin?”

Vastauksissa nostettiin suurimpaan yksittäiseen osaan rakennusvaiheen toteumatiedon dokumentointi. Koneohjauksella tuotettu laatudokumentointi synkronoidaan vastausten perusteella jatkossa tietomallin kanssa ja näin tuotetaan lopullinen laadunvarmistusaineisto yksittäisten mittauksen sijaan. Edellä mainitun arvioitiin olevan nykypäivää keskimäärin noin vuoteen 2015 mennessä. Myös tarkkuustasojen nousun uskottiin olevan todennäköisin kehityssuunta automaation roolin kasvettua suuremmaksi. Vastausten perusteella tuotanto-organisaatioiden tulisi ensimmäisenä käynnistää tietomallien koulu-

tus toteutusvaiheen henkilöstölle ja aloittaa murrosvaiheeseen valmistautuminen myös asennetasolla. Seuraavassa muutamia otteita haastatteluvastauksista edellä esitettyyn kysymykseen.

”Paalutukset ja stabiloinnin automaatio -> paalut ja pilarit saadaan oikeaan paikkaan koneohjauksella. Työn jälkeen on heti käytössä toteutuneet pituudet ja niitä verrataan suoraan suunnitelmissa arvioituihin pituuksiin. Massanvaihtojen alapintojen tasot suoraan kaivusta. Rakennekerrosten pintatiedot ja kerrospaksuudet. Eri pinnoille tulee varmastikin erilaisia mittatarkkuusvaatimuksia riippuen rakenteen kriittisyydestä. Kuvien automaattinen päivitys toteumatietojen perusteella -> reaaliaikaiset as build kuvat.” [11]

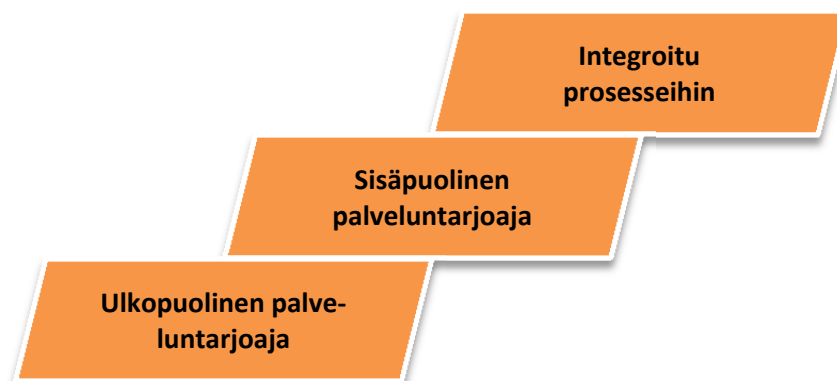
”Vuoden 2014 loppuun mennessä: Laadunvarmistus pitää olla mahdollista osoittaa koneohjauksella. Ei ole järkevää, että työmaalla joudutaan ylläpitämään erillistä mittaryhmää kelpoisuusaineistojen tuottamiseen. Mittaus ei enää tule työmaille tuomaan mittapisteitä tai mittatikkuja vaan mittaus tuo mittausjärjestelmän, jota ne ylläpitävät.” [11]

Oleellista tietomallien tuotantokäytössä on hyödyllisyyden ja tuottavuuden maksimointi. Itse tarkoitus ei siis ole tietomallien hyödyntäminen jokaisessa tuotantoprosessin yksittäisessä vaiheessa. Suurin tuottavuuden kehitys on saavutettavissa tapauskohtaisen harkinnan avulla. On erittäin todennäköistä, että suurinta kustannustehokkuuden parantumista ei saavuteta muun muassa yksinkertaisissa tai ominaisuuksiltaan täysin erilaisissa pienissä projekteissa varsinkin jos tietomallin ominaisuudet otetaan käyttöön kaikessa toiminnassa. Se on parhaimmillaankin liian raskas järjestelmä rakennettavaksi alusta alkaen esimerkiksi hyvin pientä ja lyhytaikaista projektia varten. Mittakaava on huomioitava jatkossakin ja edelleen on pidettävä vaihtoehtoisena toimintatapana myös matalamman tason teknologian hyödyntämistä. [14]

Tuotanto-organisaatioiden muutosprosessin vaiheistusta voidaan tarkastella edelleen aiemmin esitetyn kuvan 3.2. avulla. Vain näkökulma poikkeaa rakennetun ympäristön haltijaorganisaation tapauksesta. Vaihtelevanlaatuista projektiportfoliota hallitsevalla tuotanto-organisaatiolla on huomattavasti tilaaja-/haltijaorganisaatioista poikkeavat preferenssit. Tarkasteltaessa esimerkiksi toteutusvaiheessa toisistaan poikkeavia yksilöllisiä projekteja, ei kyseisten hankkeiden toteutusorganisaatioiden ole välttämättä tarkoituksenmukaista pyrkiä kohti tietomallin täysivaltaista integraatiota koko organisaation tasolla. Oletettavasti tapauskohtaisesti harkittu soveltamisaste tuottaa paremman lopputuloksen. Projektin kohteen omistajan/haltijan taas olisi luultavimmin edullisinta tuottaa projektitiedot täysin samankaltaisina kuin muissakin projekteissa.

Seuraavassa kuvassa 3.6. on esitetty tietomallien eri hyödyntämisasteet, joita voidaan soveltaa yksittäisen projektin lisäksi siis myös koko tarkasteltavaan organisaatioon. Ylimpänä kuvassa on korkeimman hyödyntämisasteen kehitysvaihe, jossa organi-

saatio on omaksunut tietomallipohjaisen toiminnan kiinteäksi osaksi ydinprosessejaan. Seuraava vaihe on esimerkiksi organisaation sisäinen tietomalliyksikkö, vakituinen tietomallikonsultti tai vastaava, jonka palveluja käytetään apuna useiden projektien läpiviennissä. Matalimmalla hyödyntämisasteella toimitaan tapauskohtaisesti ulkopuolisen, markkinoilta hankitun, palveluntarjoajan kanssa yhteistyössä. [14]



Kuva 3.6. Tietomallin eri hyödyntämisasteet. [14]

Erityisesti haastattelututkimuksen yhteydessä moni asiantuntija ilmaisi uskomuksensa, että tulevaisuudessa tietomallivaatimukset kattavat kaikki projektin vaiheet ja osat alueet myös tuotannossa. Näin ollen laajassa markkinaympäristössä toimivien suuren kokoluokan tuotanto-organisaatioiden osalta kuvan 3.6. ylintä tasoa voidaan pitää tavoitetilana, mikäli nykyiset asiakasryhmät ja tuotantomäärät halutaan säilyttää.

Optimaalinen hyödyntämisaste koko tuotanto-organisaatiossa on kuitenkin riippuvainen tarkastelutasosta. Kun tilannetta tarkastellaan koko organisaation tasolla, voidaan tavoitetilaksi perustella korkeimman integroinnin aste tai ajankohdasta riippuen ainakin riittävä valmius sen toteuttamiseen. Mikäli organisaatiossa katsotaan liiketoiminnan tai tuottavuuden kannalta oleelliseksi toimia alan merkittävimpien toteuttajien joukossa, tietomallit on pyrittävä integroimaan kaikkiin prosesseihin. Näin tietomallien hyödyntämisestä saadaan parhaimmillaan jopa kilpailuetu niin kustannustehokkuuden kuin myös laadun kannalta. Mikäli tarkastelun kohteeksi taas otetaan myös aiemmin mainittu pieni tai hyvin erikoislaatuinen projekti voidaan tavoitetilaksi hyvinkin tältä osin ottaa ulkopuolisen palveluntarjoajan hyödyntäminen, mikäli oman organisaation tietotaito tai projektin/organisaation muut edellytykset tai ominaispiirteet eivät tue sisäisen osaamisen hyödyntämistä.

Hyödyt, joita tietomalleilla voidaan saavuttaa, on pystyttävä tunnistamaan kaikissa projektityypeissä. Projektikohtaisesti käytettävä mallinnustapa ja -aste on tarkoituksenmukaisinta määrittää projektille tehdyn hyötyarvion pohjalta. Merkitys korostuu mittakaavan muuttuessa: pientä hanketta varten ei ole kustannustehokasta luoda raskasta tiedon säilytys-, siirto- ja dokumentointi-infrastruktuuria, kun taas suuressa hankkeessa keskitetty tietomalli on mielekkäintä ottaa käyttöön jo tarjousvaiheessa ja hyödyntää sitä läpi hankkeen aina jälkilaskentaan asti. Tuotanto-organisaatiolle voi suurimmissa hank-

keissa olla hyödyllistä luoda oma tuotannonohjaustarpeita palveleva tietomalli rakennuttajan vaatimuksista riippumatta. [14]

Uuteen teknologiaan tai konsepteihin sopeutuminen herättää organisaatioissa aina sisäistä muutosvastarintaa. Siirryttäessä CAD-pohjaiseen piirtämiseen kesti useita vuosia ennen kuin työntekijät olivat yleisesti hyväksyneet tietokoneella piirtämisen edut. Viime vuosina CAD on ollut niin kiinteässä roolissa varsinkin suunnitteluorganisaatioissa, että sitä tuskin kukaan olisi valmis korvaamaan ainakaan matalamman teknologian vaihtoehdoilla. [33]

Tietomallien käyttöönotto tulee olemaan pitkä prosessi jokaisessa infra-alan organisaatiossa. Erityisesti rakennusala on tunnettu hitaista liikkeistään ja korkeasta haluttomuudesta omaksua uusia teknologioita tai toimintatapoja. Perinteisesti käsin toteutettujen työvaiheiden muuttaminen koneellisiksi tai automatisoiduiksi kestää useista eri syistä rakennusosalalla muita toimialoja kauemmin. Muutokset ovat hitaita, mutta välttämättömiä. [21]

Tuleva muutos on otettava näkyväksi osaksi toimintaa alusta alkaen, jotta siirtymävaihe sujuisi mahdollisimman tehokkaasti. Kaiken perustana on organisaation oma selkeä päämäärä, jonka eteen koko organisaatio on saatava työskentelemään. Myös tämän perustelemiseksi siirtyminen on nähtävä pitkän aikavälin kehitysinvestointina.

Muutosprosessin tärkeimpänä voimavarana on organisaation operatiivinen johtoparas. Sen sitoutuminen ja asian omaksuminen jo projektin alkumetreillä tulee olemaan onnistumisen kriittinen vaihe. Epäonnistuneille käyttöönottoprojekteille on ollut erittäin tyypillistä operatiivisen johdon sitoutumattomuus ja haluttomuus muutokseen. [33]

Tämän tutkimuksen aineiston laajentamiseksi suoritetussa haastattelututkimuksessa selvitettiin alan asiantuntijoiden kantaa tuotanto-organisaatioilta vaadittaviin valmiuksiin kysymyksellä:

”3. Millaisia valmiuksia tietomalleihin liittyen infra-alan tuotanto-organisaatioilla tulisi olla ja milloin?”

Valtaosa vastaajista mainitsi lyhyen 1–3 vuoden aikavälin vaatimuksina muun muassa koneohjausjärjestelmien paikkatietovalmiuksien kehittämisen, tietomallipohjaisten tuotannonohjaus- ja suunnitteluohjelmistojen käyttövalmiuden parantamisen sekä työmaiden mittajärjestelmien kehittämisen koneohjauksen vaatimalle tarkkuustasolle. Lisäksi ensimmäiseksi muutoksen kohteeksi mainittiin tarjouslaskenta, joka tulee todennäköisimmin kohtaamaan muutokset organisaatioiden osista ensimmäisenä. Seuraavaksi on esitetty kaksi esimerkkiä haastatteluvastauksista kysymykseen 3.

”valmius muuttaa toimintatapoja, välineet ja osaaminen tietomallien käyttämiseen, osalla toimijoista on jo” [11]

”valmiudet toteuttaa tuotantoprosessi pelkästään mallipohjaisesti ilman piirustuksia. Tuotannon ohjaukseen on kehitteillä ja osin pilotointivaiheessa erittäin mielenkiintoisia ja potentiaalisia uusia työkaluja, softia ja järjestelmiä. Trendi on reaaliaikaiseen työmaan seurantaan ja ohjaukseen. Edistyksellisillä toimijoilla 5 vuoden sisään ilman muuta käytössään tuotannonohjausjärjestelmät, jotka perustuvat tietomalliin.” [11]

Pidemmän aikavälin tarpeina tunnistettiin työmaiden reaaliaikainen paikkatietoon perustuva tuotantotoiminnan seuranta ja ohjaus. Myös tietomallien hyödyntämisen kannalta yhä kasvava henkilöstöressurssien osaamisen ja ammattitaidon tarve oli arvioitu tulevaksi haasteeksi. Muutokseen valmistautumiskeinoina hyväksi keinoksi mainittiin muun muassa pilottiprojektien toteuttaminen.

3.2.3 Tuotantoprosesseja tukevat tietomalliohjelmistot

Pohjarakentamisen tuotanto-organisaatioille tarkoitettujen tietomallipohjaisten ohjelmistojen nykytilaa selvitettiin, valmistajien tuotetietojen lisäksi, haastattelututkimuksen kysymyksillä 6. ja 7. Haastatteluvastauksia saatiin kahdelta eri ohjelmistovalmistajalta, yhteensä kolmelta henkilöltä. Ohjelmistovalmistusala on Suomen infrarakentamisen osalta keskittynyt vain muutamalle yritykselle ja toimialalle tyypillistä räätälöintiä tehdään usein yrityskohtaisesti. Näin ollen kovinkaan kauaskantoisia johtopäätöksiä ei haastattelututkimuksen vastauksesta voi tehdä.

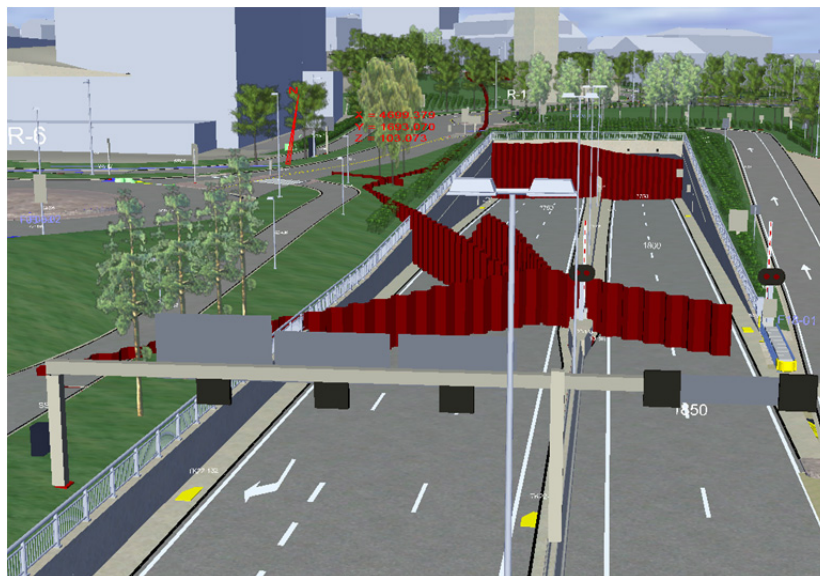
”6. Minkälaisia ohjelmistoja on saatavilla pohjarakennustyömaan tietomallipohjaiseen tuotannonohjaukseen?”

Kysymyksen 6. osalta vastauksissa mainittiin jokaisen osalta esimerkkinä oman yrityksen tuotteet, jotka soveltuvat muun muassa infrarakennustyömaan tuotannonohjaukseen. Eräässä vastauksessa mainittiin ohjelman mahdollistavan esimerkiksi pintamallien hyödyntämisen tuotannonohjaus- sekä koneohjausjärjestelmissä. Muutoin vastaukset tähän kysymykseen olivat informaatioisällöltään verrattain suppeita. Kysymyksellä 7. pyrittiin selvittämään esimerkkitapauksella ohjelmistojen nykytilaa.

”7. Voiko tällä hetkellä saatavissa olevilla ohjelmilla suorittaa pohjarakennushankkeen (esim. ankkuroitu teräsponttiseinä) loppudokumentoinnin tietomallipohjaisesti?”

Eräässä vastauksessa kysymykseen 7. oli liitteenä kaksi esimerkkikuvaa toteumamallista teräsponttiseinän loppudokumentoinnissa. Toinen liitteen kuvista on esitetty kuvassa 3.7. Vastauksen tekstiosuudessa todettiin loppudokumentoinnin olevan mahdollista myös tietomallipohjaisesti. Toisessa vastauksessa todettiin dokumentoinnin olevan pääosin mahdollista, mutta todettiin spesiaalikohteissa tarvittavan mahdollisesti erityistarkastelua ohjelmiston kannalta. Samassa vastauksessa mainittiin dokumentoinnin edel-

lyttävän pohjanvahvistustavasta riippuen mahdollisesti kahden eri ohjelmiston hyödyntämistä. Vastauksen mukaan kyseessä olevat ohjelmistot kuitenkin toimivat tietomallipohjaisesti integroidusti keskenään. Tarkempaa tietoa toteumamallin ominaisuuksista tai tuottamisprosessista ei vastauksissa eritelty.



Kuva 3.7. Esimerkki teräsponttiseinän toteumadokumentoinnista (tarkemmitatut teräsponttiseinät on esitetty mallissa punaisella korostuksella). [11]

Ohjelmistovalmistajien verkkosivuilla on esitelty nykyistä tuotannonohjaukseen soveltuvaa tuotetarjontaa verrattain suppeasti. Tässä tutkimuksessa otettiin tarkasteluun kolmen rakennusalan ohjelmistovalmistajan tuotetarjonta erityisesti infrarakentamisen kannalta. Täysin pohjarakentamisen työmaatoimintoihin suuntautuneita ohjelmistoja ei ainakaan kolmelta esimerkivalmistajalta näyttänyt löytyvän. Mikäli pohjarakentamiseen liittyviä ominaisuuksia ohjelmistoissa on olemassa, ne kuuluvat pääosin koko infran kattavien ohjelmistotuotteiden palettiin.

Selkeänä trendinä on havaittavissa kaikkien tarkasteltujen valmistajien kiinnostus ja voimakas panostus mobiiliteknologian kehittämiseen. Monilta osin infrarakentamisen mobiilisovellukset kuitenkin rajoittuvat toistaiseksi visualisointiin tarkoitettujen 3D-näkymien hyödyntämiseen eri toiminnoissa. Käytännössä kehittyneimmät ja monipuolisimmat tuotantovaiheeseen liittyvät tietomallipohjaiset työkalut ovat monen ohjelmistovalmistajan tuotekategorioissa kuitenkin vielä talonrakentamisen puolella. [36,37,38]

Kaikki tarkastellut ohjelmistot mahdollistavat tietomallipohjaisesti suoritettavaksi muun muassa seuraavat toiminnot [36,37,38]:

- Dokumentointi
- Kustannus- ja määrälaskenta
- Tuotannon sekä työmaatilanteen seuranta ja valvonta sekä
- Koneautomaation vaatimien tietotyypin tuottaminen.

Ohjelmistotuotteiden esitteissä oli lueteltu saavuttaviksi eduiksi pääosin samankaltaisia kuin tämän tutkimuksen luvussa 3.2.1. esitetyt. Tietomallipohjaiset ohjelmat ovat siis monesta näkökulmasta nykyistä työmaakäyttöä huomattavasti kehittyneempiä jo nykytasolla.

3.2.4 Teknologiastrategia ja teknologinen tiekartta

Yritys voi saavuttaa kilpailuetua muun muassa edistyneellä teknologialla. Teknologisen kehityksen suunnitelma teknologiastrategia on esiintynyt teemana yritysten teknologiajohtamisen kirjallisuudessa 1970-luvulta lähtien. Sen merkitys on kasvanut kuitenkin vasta viime vuosikymmenten aikana teknologisen kehityksen nopeuduttua ja yritysten markkinaympäristön muututtua entistä globaalimmaksi ja dynaamisemmaksi. [39]

Vieläkään teknologiastrategialle ei ole akateemisesti muodostettu yksiselitteistä määritelmää. Sen lähtökohtana voidaan pitää ajattelua, jossa korostetaan yritystä sen ydintoiminnan kautta: mitä yritys tietää ja mitä se osaa tehdä. Teknologiastrategia perustuu edellä mainittuihin: tietoon ja osaamiseen. Tämä poikkeaa perinteisestä tuote vs. markkina -ajattelusta ja toisenlaisella ajatusmallilla teknologiastrategialla pyritäänkin osittain vastaamaan eri kysymyksiin kuin kilpailukykystrategiassa. Korkean teknologian yrityksissä tosin kilpailustrategia on usein hyvin lähellä teknologiastrategiaa. [39]

Monialaisen konsernin tapauksessa teknologiastrategia voidaan jalkauttaa myös määrittämällä erillinen teknologiastrategia eri liiketoimintayksiköille. Tämä edellyttää määrätietoista teknologiajohtamista konsernitason, jotta liiketoimintayksiköiden oma kehitys ei liiaksi eriydy toisistaan. Tämä saattaisi johtaa liiallisiin poikkeamiin konsernin yhteisestä kehityslinjasta.

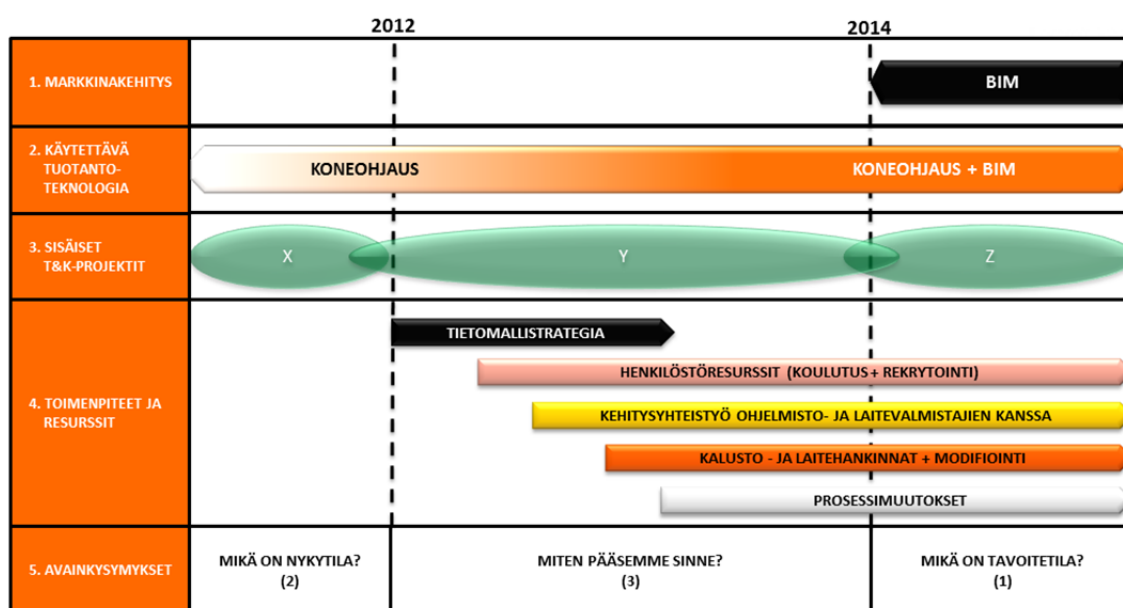
Uuden teknologian käyttöönotto realisoituu yksittäiselle liiketoimintayksikölle pääosin teknisten valmiuksien kehittämisenä teknologiastrategian mukaisesti. Teknologisen muutoksen implementointi operatiiviseen yksikköön on moniulotteinen projekti. Tämän projektin havainnollistamiseen on yrityskirjallisuudessa luotu useita, toisistaan muun muassa esitystavoiltaan poikkeavia työkaluja, joista yksi havainnollisimmista ja selkeimmistä on teknologinen tiekartta. Tiekartta on todettu tehokkaaksi työvälineeksi erityisesti korkeaa teknologiaa hyödyntävissä yrityksissä, mutta menetelmä soveltuu myös matalamman teknologian organisaatioihin. [40]

Tässä luvussa esitetään teknologinen tiekartta tietomallien käyttöönottoon. Esimerkkikohteeksi on valittu kuvitteellinen infrarakennusalan keskikokoisen tuotantoorganisaation liiketoimintayksikkö, joka työskentelee usean eri työmenetelmän parissa. Muodostusperusteina on käytetty aiemmin esitettyjä infrarakentamisen markkina- ja nykytilatietoja. Tiekartta on visualisoitu kuvassa 3.8.

Aika on esitetty tiekartan x-akselilla kasvaen oikealle. Y-akselille on esitetty eräs tapa ryhmitellä tarkasteluvälin merkittävimpiä tekijöitä liiketoiminnalle oleellisen teknologisen kehityksen kannalta.

Teknologiakartta on jaettu korkeussuunnassa viiteen eri aihetasoon. Ensimmäiselle aihetasolle, on tunnistettu markkinassa esiintyvät muutostarpeet ja -vaatimukset esitetyllä aikavälillä. Toinen taso kuvaa yksittäisen liiketoimintayksikön tarkastelun kohteena

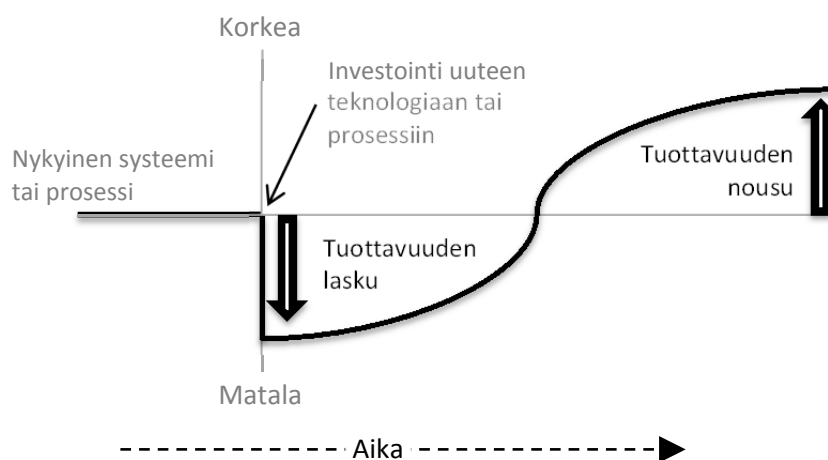
olevan toimintatavan käyttämää pääasiallista teknologiaa kyseisellä tarkasteluhetkellä. Toiselle tasolle on tarkoituksena määrittää selkeitä (osa)tavoitteita, käyttäen hyväksi muun muassa ylimmän tason tarvearviointia. Tarkasteltavaan teknologiaan liittyvät tutkimus- ja kehitysprojektit on määritetty kolmannelle tasolle ja muutosta varten tarvittavat toimenpiteet sekä resurssit tasolle neljä. Alimman, viidennen, tason kysymykset on tarkoitettu ohjaamaan kyseisen kehitysvaiheen toimenpiteitä niin kutsuttuina avainkysymyksinä. Etenemisjärjestys avainkysymyksissä tiekartan ja samalla myös teknologiastrategian määrittämiseen on myös esitetty alimmalla tasolla, luvuilla 1–3. Aluksi on siis päätettävä ja määriteltävä teknologinen tavoitetila sekä nykytila tasoille 1. ja 2. Tämän jälkeen määritetään alemmille tasoille 3. ja 4. tehtävät, jotka tulee suorittaa tavoitetilan saavuttamiseksi. [40]



Kuva 3.8. Teknologinen tiekartta sovellettuina tietomallien käyttöönottoon.

Markkinakehityksen osalta tiekartan korkeimmalle tasolle tehty tulkinta on keskittynyt pääosin julkisiin hankintoihin ja oletukseen, että Infra FINBIM-hankkeen yhteydessä julkaistu aikataulu tulee ainakin pääosin toteutumaan. Tämän on jo aiemmissa luvuissa todettu olevan osittain epävarmaa, mutta suurten julkisten tilaajien lausumaa toteutuvasta aikataulusta on toistaiseksi syytä pitää ainakin osittain pätevänä. Yksityisten tilaajamarkkinoiden osalta kehityksen arviointi vaatisi tarkempia taustatietoja, minkä vuoksi niitä ei ole tässä yhteydessä esitetty tai spekuloitu seuraavaa tarkemmin. Oletettavasti ne tulevat seuraamaan julkisten hankintojen vaatimustasoa pienellä ajallisella viiveellä. Tämän rationaalisimman vaihtoehdon todennäköisyyttä tukevat selvitykset, joiden mukaan tietomallien käyttöönotto nostaa alkuvaiheessa kustannuksia sekä aiheuttaa jopa hetkellistä tuottavuuden alenemista [24]. Yksityisillä tilaajilla on useimmiten enemmän pelivaraa investointien ajoittamisessa kuin julkisilla hankintayksiköillä. Tämä antaa yksityisille mahdollisuuden välttää uuden teknologian hyödyntämisen alkuvaiheeseen liittyvät riskit. Seuraavassa kuvassa 3.9. on esitetty ohjelmistovalmistaja Autodeskin

laatima havainnekuvaaja prosessin kustannustason muutoksista tietomallien käyttöönottoprosessissa.



Kuva 3.9. Tietomallien käyttöönoton vaikutukset tuottavuuteen. [24]

Viivästyttämällä tietomallien käyttöönottoa yksityinen sektori voi siis riskien lisäksi välttää kuvaajassa 3.9. esitetyn alkuvaiheen tuottavuuden laskun ja sitä kautta myös korkeammat hinnat. Edellä mainittujen lisäksi ylimmälle teknologiakartan tasolle voidaan kuvata lähtötietojen tasosta riippuen myös muita markkinoiden kypsymistä tai oletettavia kehityssuuntia kuvaavia elementtejä.

Toisella tasolla esitetyn kullakin hetkellä käytössä olevan teknologian osalta oleellista on kehittää koneohjausta kaikissa työmenetelmissä mahdollisimman luotettavaksi samalla huomioiden tietomallien tulevat tarpeet. Tietomallien hyödyntäminen tuotannossa on riski- ja kustannustasojen hallitsemiseksi syytä aloittaa testauksen osalta jo ennen ensimmäisiä varsinaisia tietomalleja hyödyntäviä projekteja. Suomen tapauksessa siis ehdottomasti viimeistään vuoden 2013 loppu- tai vuoden 2014 alkupuolella. Hyvin todennäköisesti suurimmat julkiset tilaajat tulevat tietomallien käyttöönottovaiheen alussa sisällyttämään ainakin jonkinasteisia vaatimuksia tietomallien hyödyntämisestä jo urakka-aineistoon.

Kuvan 3.8. kolmannella tasolla esitettävien liiketoimintayksikön käynnistämien tutkimusprojektien osalta kaikki on yksikön itse vapaasti määritettävissä. Kyseiselle tasolle ei tästä syystä ole tarkemmin määritetty yksittäisten kehitysprojektien nimiä tai teemoja vaan aihetta on käsitelty yleisemmällä tasolla. Spesifejä ehdotuksia tuleviksi jatkotutkimuksiksi on esitetty muun muassa tämän tutkimuksen viimeisessä pääluvussa. Onnistuneen käyttöönoton saavuttamiseksi kehitys- ja pilottiprojekteja tulisi kuitenkin käynnistää jo ajoissa ja pitää jatkuvasti yllä. Tässä vaiheessa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi tietomalleihin liittyviä teemaprojekteja eri työmenetelmien koneohjauksen kehittämisen yhteydessä. Näiden yhteydessä myös ohjelmistokehitys yhteistyössä valitun ohjelmistotuottajan kanssa helpottaisi koko tuotanto-organisaatiota luomaan yhteistä toimintatapaa ja siten parhaiten saavuttamaan myös mahdollisia synergiaetuja eri työmenetelmien kesken.

Määrätietoisella ja vaativalla pilottiohjelmalla saadaan käytännön muutostarpeet, ongelmat ja vaatimukset teoreettista käsittelyä tarkemmin ja luotettavammin tunnistettua ja virheet korjattua. Näin voidaan välttyä suurimmilta ongelmilta tietomallien hyödyntämiseen liittyvien vaatimusten tullessa täysipainoisesti mukaan myös projektien tuotantovaiheisiin.

Viidennen tason toimenpiteiden ja resurssivaatimusten osalta annetaan tässä tutkimuksessa vain suuntaviivoja aikataulun laatimiseen ja painotusalueiden valintaan. Suuntaviivat perustuvat tutkimuksen lähdeaineistoon. Kuvassa 3.8. esitetyn mukaisesti painotusalueiksi on valittu:

- Tietomallistrategia
- Henkilöstöresurssit
- Kehitysyhteistyö ohjelmisto- ja laitevalmistajien kanssa
- Kalusto- ja laitehankinnat sekä niiden modifiointi
- Prosessimuutokset

Kehitysvaihe tulee aloittaa tietoisella tietomallistrategialla. Sen tehtävänä on ensisijaisesti nostaa päätöksenteon tietoisuutta siinä määrin, että ymmärrys tietomallien käyttöönoton aiheuttaman teknologisen muutoksen viitekehuksesta syntyy. Liiketoimintayksikön päätettävänä on siis perusteltu tietomallistrategia, joka määrittää tulevien kehityspanostusten määrän, suunnan ja yleisen aktiivisuuden tason sekä organisaation kilpailustrategisen roolin kussakin toimialan kypsymisvaiheessa. Tässä vaiheessa tiekartan laatimisessa on painotettu kunkin painotusalueen suhteellista aloitusajankohtaa muihin painotusalueisiin nähden, määrittelemättä tarkemmin yksittäisiä toimenpiteitä tai tarkkoja käynnistys-/suoritusajoja.

Toisena painotusalueena on esitetty henkilöstöresurssit. Niiden kehittäminen esimerkiksi kohdistetun koulutuksen sekä rekrytointien avulla tulee aloittaa mahdollisuuksien mukaan pian tietomallistrategian selkeydyttyä ja sen määrätietoisesti ohjaamana.

Kolmas ja neljäs painotusalue liittyvät kiinteästi toisiinsa. Muutosprosessin on arvioitu olevan hyvinkin pitkäkestoinen [11] minkä vuoksi kumppanuussuhteiden luominen muun muassa ohjelmisto- ja teknologiasektorille saattaa olla tehokkain tapa tehostaa ja nopeuttaa hyötyjen saavuttamista. Tulevat tietotekniset tarpeet ja vaatimukset on huomioitava myös uusissa kalustohankinnoissa. Lisäksi nykyisin käytössä oleville laitteille on tarvittaessa toteutettava modernisointeja. Koko tuotannonohjauksen piirissä olevan tietoliikenneverkon suunnittelussa on syytä pyrkiä keskitettyyn järjestelmään, sen sijaan, että yksittäiset laitteet ja ohjelmistot toimisivat kehitysvaiheesta alkaen eri alustoilla. Näin päästäisiin lähemmäksi tavoitetta, jossa organisaation integraatio- ja sitoutumisaste tietomallien hyödyntämiseen on sataprosenttinen. Myös tätä voidaan edesauttaa muun muassa pitkäjänteisellä yhteistyöllä laite- ja ohjelmistotoimittajien kanssa.

Tuotantoprosessiin kohdistuvat muutokset, viides painotusalue, onärkevintä testata ja tunnistaa muiden suuntaviivojen ollessa selvillä – kuitenkin riittävän aikaisessa vaiheessa ennen tilaajilta tai rakennuttajilta tulevaa vaatimustason nostoa. Prosessimuutoksista merkittävimpiä ovat tiedonsiirron järjestäminen tehokkaasti ja hankkeen eri vai-

heiden – esimerkiksi tarjouslaskennan ja toteutuksen – välisen yhteistoiminnan kehittäminen uusien mahdollisuuksien mukaisesti. Jälkimmäisestä mainittakoon esimerkkinä laskentavaiheen tietomallin luovuttaminen suoraan myös tuotantovaiheeseen.

E erityisen tärkeää tietomallien käyttöönottovaiheessa on suorittaa teknologian hyödyntämistason valinnat tietoisesti. Aktiivinen teknologiastrategian tai teknologiaan suhtautumisen määrittäminen ovat edellytyksiä menestyksekkäälle muutosvaiheelle. Niin kutsuttuja geneerisiä teknologiastrategioita on näkökulmasta riippuen 3–4 ja niistä voidaan jokaisella saavuttaa kasvavaa ja kannattavaa liiketoimintaa. Tärkeintä on tiedostaa ja valita organisaation suhtautuminen muun muassa teknologiseen edelläkävijyyteen sekä markkinaosuuden kehittymiseen. Nämä määrittävät lopulta myös tietomalleihin siirtymisvaiheessa tehtävien toimenpiteiden aikataulun, laajuuden sekä tavoitteet. [41]

Johtamisjärjestelmän näkökulmasta tärkeintä on koko muutos- ja käyttöönottoprojektissa määrittää selkeät yhteiset tavoitteet sekä mittautapa. Tavoiteasetannassa on muistettava kohtuullisuus. Näin mittavan muutoksen yhteydessä odotukset ovat usein hyvin korkealla. Kuitenkaan täysin valmista toimintatapaa tai tehokkainta prosessia ei saavuteta kovinkaan suurella todennäköisyydellä heti ensimmäisissä projekteissa. Mittauksen osalta on löydettävä oleelliset mittarit, jotka kuvaavat juuri tietomallien vaikutuksessa olevan toiminnan kehittymistä kokonaisuudessaan. Kustannustehokkuus, yksittäisiin työtehtäviin käytetty aika ja nopeammat läpimenoajat ovat vain muutamia esimerkkejä relevanteimmista mittauskohteista. [33]

3.3 Rakennusprojektista kohti rakennusprosessia

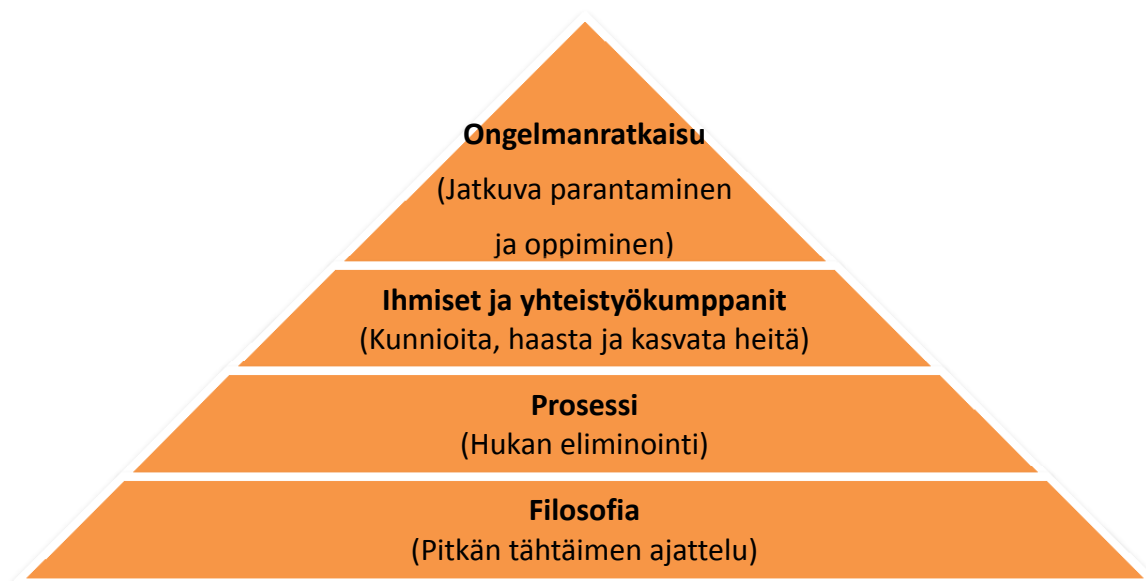
Organisaation omaksuessa tietomallien hyödyntämistä tulee projektimaisesta näkökulmasta siirtyä jatkuvuutta korostavampaan prosessimaiseen ajattelutapaan. Näin hyötyjen saavuttaminen on entistä tehokkaampaa. Erillisten toisiinsa kytkeytymättömien projektien kesken on luotava jatkuvuutta ja toiminnoista sekä tehtävistä projektista toiseen jatkuvia prosesseja. [42]

Pitkäjänteisen ajatustavan omaksumisen ja käyttöönoton tehostamiseksi on kehitetty useita erilaisia johtamistyökaluja. Eräs pitkän tähtäimen ajattelua korostava johtamisjärjestelmä on rakennusalalle jo melko laajasti levinnyt Toyotan autotehtaiden tuotantojärjestelmään (Toyota Production System – TPS) perustuva lean-tuotantoideologia [6]. Lean haastaa perinteiset massa- ja käsityötuotantopainotteiset tuotantojärjestelmät. Rakennusalalle Toyotan tuotantojärjestelmästä tehdystä sovellutuksesta käytetään nimeä Lean Construction. Tarkkailemalla Lean Constructionin periaatteita ja tietomallien mahdollistamia hyötyjä voidaan havaita jonkinasteista yhdenmukaisuutta. Menetelmät ovat kuitenkin selkeästi omia kokonaisuuksiaan. Niitä ei voida pitää toisistaan riippuvaisina, eli kummankin implementointi organisaatioon voidaan suorittaa yksittäin ilman toista. Tähän mennessä valtaosa yrityksistä on käsitellyt menetelmiä erillisinä kehityshankkeina. Menetelmien synergiaa selvittävässä tutkimuksessa on kuitenkin esitetty näkemyksiä, joiden mukaan kummankaan menetelmän täysi potentiaali ei ole saavutettavissa ilman toisen läsnäoloa. [12,43]

3.3.1 Lean Construction

Lean Construction (LC) on rakennusalan tarpeisiin keskittynyt lähestymistapa projektituotantoon. Lean-tuotannonohjauksen käyttöönotto on jo muuttanut valmistavan teollisuuden prosessiketjujen kaikkia osia kuten suunnittelua, toimitusketjuja sekä kokoonpanoa. Rakennusalaan yhdistettynä lean-opeilla muutetaan työtapoja koko tuotantoprosessissa. LC perustuu lean-tuotannonohjauksen periaatteisiin: asiakkaalle tuotettavan arvon maksimointi ja hukan minimointi. LC:n tavoitteena on tuoda rakennusosalalle parhaiten soveltuvat lean-tuotannon tekniikat, ajatusmallit sekä menetelmät ja implementoida ne alan projektiluonteiseen tuotantoon. Parhaiten LC soveltuu monimutkaisten, epävarmojen ja nopeasti toteutettavien projektien hallintaan ja johtamiseen. Lisäksi se tukee erityisen hyvin monipuolista tuote-/palveluvalikoimaa, jossa yksittäiset tuotteet eivät ole keskenään samankaltaisia. Tämä luo mahdollisuudet tuotteiden tehokkaammalle asiakaskohtaiselle räätälöinnille. LC myös haastaa perinteisen käsityksen ajan, kustannusten ja laadun nollasummapielästä, jossa panostus johonkin kolmesta osa-alueesta heikentää muita. [43,44]

Seuraavissa kappaleissa käsitellään lean-tuotantoa juuri LC:n kautta sovellettuna. Alkuperäisen Toyotan tuotantosysteemin pohjalta lean-tuotantoideologiaan on omaksuttu neljä pääperiaatetta. Ideologiaa havainnollistetaan usein kuvassa 3.10. esitetyn pyramidin kaltaisella neljän osa-alueen kuvalla.



Kuva 3.10. Toyotan tavan neljän periaateluokan malli. [6]

Lean-tuotantojärjestelmän perustana ja alimmaisena tasona on Toyotan filosofia, jonka perimmäisenä ohjeena on ”*Tee päätöksiä pitkän tähtäimen filosofian pohjalta myös lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella*”. Ajatuksen tarkoituksena on poistaa kvartaaliajattelun kaltainen lyhyen aikavälin osaoptimointi kaikesta toiminnasta ja siirtää näkökulmaa kokonaisuuden kehittämiseen pitkällä aikavälillä. Ilman tämän

tason todellista ymmärrystä ja asenneympäristöön vaikuttamista lean-järjestelmän hyödyntäminen jää vaillinaiseksi yksittäisten työkalujen käyttöönotoksi ja suurimmat edut jäävät saavuttamatta. Näin on käynyt valtaosalle lean:n käyttöönottoon korkein odotuksien lähteneistä organisaatioista. [6]

Toisena periaateluokkana on tuotantoprosessien optimointi, jossa pääpaino on hukan eliminoinnissa. Hukka ymmärretään lean-tuotannossa hyvin laajasti kaikkena toimintana ja kustannuksina, jotka eivät välillisesti tai välittömästi tue asiakkaalle luovutettavan lopputuotteen arvontuotintiprosessia. Varastointia vältetään kaikissa prosessin vaiheissa ja tuotannosta tehdään imuohjaukseen perustuvaa, mikä mahdollistaa muun muassa joustavamman tuotemuutosten toteuttamisen. Perinteisen massatuotannon suuret varastokoot ja materiaalipuskurit tekevät muutoksien toteuttamisesta kustannustehottomia. Lisäksi lean edellyttää, että virheistä johtuvaa työsuoritusten toistoa ei hyväksytä sillä se heikentää tuotantolinjan virtauksen luotettavuutta sekä pidentää läpimenoaika. Edelleen mainitut tavoitteet parantavat toteutuessaan liiketoiminnallista tehokkuutta pienentäen käyttöpääomaa muun muassa pienten varastokokojen ja prosessin sisällä olevan vähäisen tuotemäärän ansiosta. [43]

Prosessin hukan eliminointiin on lean-tuotantoideologiassa mainittu seuraavat toimenpiteet [6]:

- Luo prosessin ”virtaus”, jotta ongelmat tulisivat pinnalle
- Käytä imuohjausta ylituotannon välttämiseksi
- Tasapainota työmäärää
- Pysähdy, kun laatuongelma tulee vastaan
- Standardisoi tehtäviä jatkuvan parantamisen vuoksi
- Käytä visuaalista ohjausta, jotta ongelmat eivät jää piiloon
- Käytä vain luotettavaa, läpikotaisin testattua teknologiaa.

Myös kuvassa 3.10. esitetyllä kolmannella portaalla lean-tuotannossa kiinnitetään huomiota ihmisiin ja yhteistyökumppaneihin. Esimies- ja tiimitoiminta, yhteistyö, kunnioittaminen sekä suhdeverkostojen kehittäminen ovat eräitä tämän portaan keskeisimpiä teemoja. Haastamisella tarkoitetaan yhteistyökumppaneiden osallistamista myös kehitystoimintaan ja prosessi-optimointiin. Näin koko tuotantoketjusta, suunnittelu ja tavarantoimitukset mukaan lukien, saadaan mahdollisimman tehokas. Tähtäkin osin pitkän tähtäimen ajattelu on merkittävässä roolissa luotaessa pitkäaikaisia suhteita yhteistyökumppaneihin. Lean tosin vie ajatuksen kumppanuudesta hieman aiempaa pidemmälle. Kun perinteisen kumppanuuden tavoitteena on rakentaa luotettavuutta, lean pyrkii rakentamaan luottamusta – organisaatioiden sisälle ja myös niiden välille. Luottamuksen määritelmän ollessa ihmisten asenne, joka syntyy luotettavan ilmapiirin seurauksena. [6,43]

Neljäntenä askeleena on ongelmanratkaisu. Tässäkin periaateluokassa korostuu filosofian todellinen ymmärrys. Kehitys on nähtävä jatkuvana oppimisprosessina ja tiedostettava jokaisen prosessin osan epätäydellisyys ja pyrittävä yhä parempaan. Ongelmanratkaisupuortaan tärkeimmät ohjeet ovat [6]:

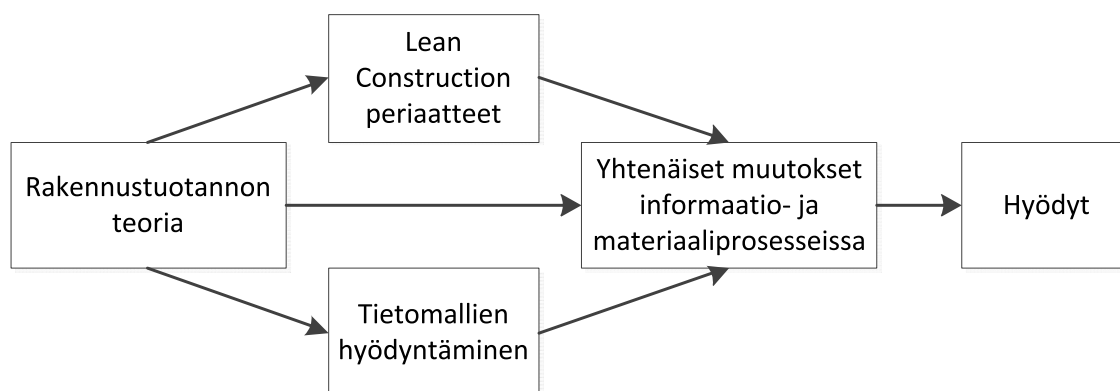
- Jatkuva organisationaalinen oppiminen
- Mene itse paikan päälle katsomaan ymmärtääksesi tilanteen perusteellisesti
- Tee päätöksiä hitaasti yhteisymmärryksessä kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten; toteuta nopeasti

Itsessään Lean Constructionilla on paljon annettavaa rakennusalalle ja erityisesti erikoispuhjarakentamiseen, jonka tuotanto on alati muuttuvaa projektista toiseen ja jopa yksittäisten projektien sisällä. Hyödyt ovat monilta osin kiistattomia, mutta suurimmat ongelmat lean-ideologian hyödyntämiseen liittyvät kuitenkin juuri mittavaan implementointivaiheeseen. Suosituksena on aloittaa muutos periaate kerrallaan. Todennäköisesti prosessin uudelleenajattelun pohjalta tulee esiin uusia mahdollisuuksia ja kehityskohteita, jotka olisivat muutoin jääneet huomaamatta. Ajattelu johtaa toimintaan, toiminta saa aikaan oppimista ja oppiminen uutta ajattelua. Pääasia on ymmärtää LC:n kaltaisen ideologian käyttöönottoprosessin haasteellisuus. Lean suosittelee myös pitkän aikavälin kumppanuussuhteiden muodostamista ja korostaa niiden tärkeyttä. Pyrkimyksenä on saattaa koko tuotantoketju toimimaan lean-periaatteiden mukaisesti. Monimutkaisten tavarantoimittajista, aliurakoitsijoista ja muista yhteistyökumppaneista koostuvan verkoston kehittäminen onkin yksi lean-ideologian hyödyntämisen suurimmista haasteista. [45]

3.3.2 Tietomallit ja Lean Construction

LC on siis itsenäinen täysin tietomalleista riippumaton tuotantoideologia. Kumpikin voidaan ottaa käyttöön ilman toista. Lean Construction:n hyödyntäminen luo kuitenkin erinomaiset mahdollisuudet myös tietomallien hyödyntämiseen ja sen kehittämiseen. Olkoonkin, että menetelmillä on myös joitakin tietyissä tapauksissa toisiaan heikentäviä ominaispiirteitä. [30]

Aiemmissa tutkimuksissa on todettu suunnitelmallisen tietomallipohjaisten kaltaisten järjestelmien käyttöönoton yhdessä Lean Construction:n kanssa parantavan muutosprosessin tehokkuutta ja helpottavan maksimaalisen hyödyn saavuttamista [10,30]. Kehitystä voidaan suorittaa myös erillään, mutta seuraavassa kuvassa 3.11. esitetyllä ajattelumallilla molemmilla menetelmillä on saavutettavissa samoja hyötyjä. Tässä luvussa esitellään lean-tuotantoideologian pääperiaatteita, joita on mahdollista vahvistaa entisestään tietomallien myötävaikutuksella. Valtaosa saavutettavista synergiaeduista ja yhteisistä tavoitteista liittyy tuotantoprosessin kokonaisuuden hallintaan ja suunnitteluun. Esimerkiksi tiedonkulun reaaliaikaistamisella ja muilla tietomallien mahdollistamilla hyödyillä voidaan vaikuttaa usean leanin mukaisen kehitysajatuksen edistämiseen. Aiemmin tehdyissä tutkimuksissa määritettyjä synergiaetuja onkin löydetty useita kymmeniä. [10,12]



Kuva 3.11. Lean Construction:n ja tietomallien yhteiset vaikutukset. [30]

Seuraavassa ryhmittelyssä on yhdistetty tuotanto-organisaation näkökulmasta lean-ideologian prosessiajatuksista muutamia relevanteimmista tietomallien käyttöönottoon [30]:

1. Virtauksen tehostaminen
2. Kiertoaikojen lyhentäminen
3. Laadun parantaminen
4. Työn standardointi
5. Jatkuva parantaminen

Kaikissa prosessin vaiheissa nopeutunut ja yksinkertaistunut tietomallipohjainen tiedonsiirto tehostaa lean-filosofian painottamaa virtausta. Tietomallien avulla kommunikointi hankintajärjestelmien, koneautomaatiikan ja tuotannonohjausjärjestelmien kesken voidaan tehdä merkittävästi tehokkaammin ja laadukkaammin kuin perinteisillä menetelmillä. Esimerkiksi imuohjauksen toteuttaminen ja ongelmien määrittäminen toimitusketjuissa tehostuvat tietomallien ollessa keskeinen kommunikointiväline. Materiaalivirtojen optimoinnissa voidaan käyttää automaattisia signaaleja enenevässä määrin. Tietomallien käyttö lisäksi vähentää inhimillisten virheiden vaikutuksia formaattimuunnosten ja muiden toimintojen muututtua työvoimakeskeisestä automatisoidummiksi. Tämä omalta osaltaan lyhentää odotusaikoja sekä viiveitä eri tuotantotoimintojen välillä. Lisäksi muiden tuotantoa tukevien tietomallia hyödyntävien alustojen, kuten RFID-teknologian ja reaaliaikaisen tuotannonseurannan avulla mahdollistuu entistä nopeampi reagointi prosessissa esiintyviin äkillisiin häiriöihin. Myös tuotannontekijöiden kuormitusasteiden seuranta ja rekisteröinti parantuu. Tästä syystä tuotanto voidaan muuttaa resurssien käytön osalta joustavammaksi reagoimalla poikkeamiin entistä nopeammin. Kaikki edellä mainitut tekijä vähentävät prosessin häiriöiden aiheuttamaa virtauksen heikkenemistä.

Virtauksen optimoinnin kannalta oleellista on erityisesti kiertoaikojen lyhentäminen. Tätä voidaan edistää tietomallien avulla kaikilla tuotantoprosessin tasoilla tuotannonohjauksesta itse tuotantotoimintoihin. Kiertoaikoja lyhentävät joiltain osin myös aiemmin mainitut virtausta tehostavat vaikutukset ja toimenpiteet. Tietomallien hyödyntäminen

parantaa kiertoaikojen kannalta esimerkiksi työn automatisointia, varastonhallintaa, materiaalitilauksia ja erityisesti tuotannosuunnittelua. Suunnittelu on kehittyneempää visualisointien ja nopeasti luotavien vaihtoehtoisten toteutustapojen ja työjärjestysten antaessa uusia näkökulmia.

Laadun parantaminen liittyy kiinteästi seuraavaksi esiteltäviin työn standardointiin ja jatkuvaan parantamiseen. Näiden lisäksi tuotantoprosessin ja sen tuotteiden laatua parantavat myös muun muassa automatisoinnin ja tuotantokoneiden ohjauksen korkeampi taso, eri toteutusvaihtoehtojen kehittynyt vertailu, laajentuneet rakennettavuustarke- kastelujen mahdollisuudet, törmäystarkastelujen aiheuttama vähentynyt muutostarve toteutusvaiheessa sekä ongelmanratkaisutilanteiden käsittely aiempaa nopeammin tiedon ollessa helpommin saatavilla.

Koko prosessin muututtua tietovirtojen kannalta läpinäkyvämmäksi voidaan johdonmukaiset tehtäväkokonaisuudet havaita helpommin ja näin parantaa standardointia. Myös erilaisten työpakettien käsittely osana tuotannosuunnittelun yhteydessä suoritettavaa resurssi- ja aikataulusuunnittelua luo edellytykset standardoitujen kokonaisuuksien hyödyntämiselle. Visualisointien avulla standardeista voidaan tehdä entistä ymmärrettävämpiä ja havainnollisempia muun muassa työntekijöille, mikä lisää myös sitoutumista työtehtäviin. Tämä helpottaa erityisesti tilanteita, joissa työntekijöiden vaihtuvuus kesken työvaiheen tai projektin on tavanomaisempaa suurempi.

Jatkuvaa parantamista tukevat parantuneen kommunikaation lisäksi erityisesti edistynyt raportointi, joka tarkoittaa kattavampia tietoja esimerkiksi tuotannon tehokkuudesta, virheistä sekä ongelmakohtista. Tehokkuutta ja tuotantoa sekä niiden kehitystä voidaan myös seurata aiempaa paremmilla työkaluilla. Virheiden havaitseminen muuttuu luotettavammaksi ja kattavammaksi ja ongelmakohtia voidaan havaita uusien näkökulmien kautta entistä helpommin. Aiemmassa kappaleessa esitelty työn standardointi on myös oleellinen alkutekijä jatkuvassa parantamisessa.

Tutkimuksissa synergiaetujen ohella nousi luonnollisesti useita uusia vaatimuksia tuotanto-organisaatioille, jotta hyödyt olisivat täysimittaisesti saavutettavissa. Eräät merkittävimmistä vaatimuksista olivat tunnistetut tarpeet kehittyneille tietoteknisille taidoille sekä toimenkuvulle. Myös tietomallit ja lean-periaatteet yhdistävälle toimenkuvulle todettiin olevan tällaisessa tapauksessa kasvavaa tarvetta. Tutkimuksissa esitettyjä uusia toimenkuvanimikkeitä olivat muun muassa model manager ja knowledge manager. Lisäksi painotettiin näiden roolien osalta johdonmukaista urakehitystä ja koulutusta, jotta tarvittavaa jatkuvaa kehitystä (lean) ja täysivaltaista tietojohdantamista (tietomallit) voitaisiin täysimääräisesti hyödyntää. [19]

Molempien menetelmien käyttöönotolla saavutetaan tuotanto-organisaation kannalta useita synergiaetuja, joista monet ovat erittäin merkittäviä muun muassa tuottavuuden kehityksen kannalta. Menetelmät ovat kuitenkin hyvin erilaisia malliltaan mikä tulee ymmärtää myös niiden soveltamisessa. Lean on ennen kaikkea filosofia ja siten riippuvainen ensimmäisestä ”pitkän tähtäimen ajattelun” -periaatteestaan, joka luo pohjan koko toiminnalle. Ensimmäisen portaan jälkeen kaikki perustuu taustalla olevaan ymmärrykseen filosofiasta. Aiemmissa kappaleissa esitetyt kehityskohteet ja periaatteet

ovat siis käytännössä filosofian implementoinnissa käytettäviä työkaluja. Tietomallien hyödyntäminen taas on teknologinen innovaatio, joka itsessään voidaan ottaa käyttöön ilman filosofista perustaa. Tietomallit tosin eivät itsessään tuo rakennusprosesseihin suurta parannusta tai lisäarvoa vaan niiden hyödyntäminen on optimoitava kuhunkin tapaukseen sopivaksi ja edut saavutetaan vasta tätä kautta. Oikein käytettynä ja muuhun toimintaan kiinteästi liitettynä siitä voidaan kuitenkin saada tehokas apuväline myös lean-periaatteiden toteuttamiseen.

3.4 Tietomallien riskienhallinta

Riski on määrittelynsä mukaan epäsuotuisan tapahtuman olosuhteista riippuva mahdollisuus. Sen vaikutuksia voidaan arvioida esimerkiksi sen todennäköisyyden ja ei-toivottujen seurausten tai menetysten suuruudella:

$$RI = L \cdot C,$$

missä RI on riskin vaikutukset (risk impact), L todennäköisyys (likelihood) ja C seuraukset (consequence). Riskit voivat äärimmäisissä tapauksissa aiheuttaa muun muassa projektien aikataulujen ja kustannusten ylittymisen. Kaikkien rakennustöiden on tunnistettu sisältävän riskejä ja epävarmuutta. Merkittävien haittavaikutustensa ja rakennusalan ominaisuutensa vuoksi riskienhallinta on kaikissa rakennusalan projekteissa erityisen tärkeää. [46]

Yksittäisen organisaation suorittamalla jatkuvalla riskienhallinnalla on neljä päätehtävää, joilla pyritään tukemaan ja hyödyntämään riskien positiivisia vaikutuksia sekä pienentämään ja välttämään negatiivisia vaikutuksia. Riskienhallinnan johtamisen kolme päätehtävää on esitetty kuvassa 3.12. [47]



Kuva 3.12. Riskienhallinnan päätehtävät. [47]

Riskienhallinnan ensimmäisen päätehtävän, riskien tunnistamisen, tehtävänä on etsiä, määrittellä ja dokumentoida projektiin vaikuttavia riskejä. Tärkeänä osana on kommunikatio ja viestintä riskeistä sekä projektien sisäisesti että myös projektien välillä. Riskien arviointi sekä kvalitatiivisesti että kvantitatiivisesti on toinen päätehtävä. Kvalitatiivisella arvioinnilla tarkoitetaan riskien vaikutusten todennäköisyyksien kuvailemista

sanallisesti ja visuaalisin menetelmin. Arvio voi olla absoluuttinen tai suhteellinen. Kvantitatiivisella analyysillä pyritään määrittämään riskeille numeraaliset ominaisuudet niiden vaikutuksista esimerkiksi projektin kustannuksiin tai läpimenoaikaan. Riskienhallinta on jatkuva prosessi, joka perustuu tietoiseen kokemusten – sekä ulkoisten että sisäisten – keräämiseen ja hyödyntämiseen. [47]

Koska tietomallien käyttö ei muuta ainoastaan ohjelmistotekniikkaa vaan koko tuotantoprosessia ja mahdollisesti myös koko organisaation liiketoimintamallia, on suurten hyötyjen ohella nähtävä myös niiden hyödyntämiseen liittyvät ongelmakohdat ja riskit. Vaarallisin piirre tietomallien käyttöönotossa on infrarakentamisen toimialan tottumattomuus muutoksiin tuotannossa. Uuden teknologian tuominen viime vuosina hyvin vähän muuttuneisiin infrarakentamisen tuotantorakenteisiin muodostaa useita täysin aiemmin tunnistamattomia riskejä. Suuri ongelma on heikon riskien tunnistettavuuden lisäksi niihin reagoiminen, mikä on monilta osin yhä avoin kysymys. On myös muistettava, että riskit toisaalta heikon tunnistettavuutensa lisäksi muuttavat muotoaan, eli tietomallien käyttöönotto ei oletusarvoisesti välttämättä kasvata tuotanto-organisaatioiden riskikokonaisuutta. [29]

Riskien tarkoituksenmukainen rajaaminen, allokoiminen ja eliminoiminen on erityisen tärkeää koko infrarakentamisen toimialan kannalta. Tietomallien käyttöönoton tulisi onnistua mahdollisimman kitkattomasti ja ilman tarpeettomia riskejä. Järjestelmällinen riskienhallinta tarjoaa tähän avuksi useita työkaluja. Varsinkin tuotanto-organisaatioiden osalta tietomallien riskienhallinta pohjautuu osittain samoihin periaatteisiin kuin aiemmin käsitelty lean-johtamisfilosofia.

Kuten muidenkin teknologioiden tapauksissa, valtaosa riskeistä on suurimmillaan käyttöönottoprosessin alkuvaiheessa. Pilotti-projektien ja kokemusten lisääntyessä ja mallien vakiinnuttaessa asemansa riskitasot laskevat huomattavasti. Kuitenkin jo ennen tietomallien käyttöönottoa tuotannossa tai edes pilotti-hankkeissa on uuden teknologian ja prosessien mukanaan tuomat riskit vähintään tiedostettava. Suositeltavaa olisi niiden tunnistaminen, toimenpiteiden ja riskistrategian määrittäminen sekä riskien kantamisen allokoiminen tarkoituksenmukaisesti organisaation ja projektin osapuolten kesken. Tämä on kriittistä erityisesti kustannus- ja laatuolosuhteiden säilyttämisen ja hallinnan kannalta. Väärin jaettu riskikokonaisuus vaikuttaa muun muassa palveluntuottajien tekemiin riskivarauksiin niitä nostavasti, mikä todennäköisesti näkyy suoraan muun muassa korkeampana hintatasona [47].

Tässä tutkimuksessa keskitytään kvalitatiiviseen analyysiin. Tuotanto-organisaation riskienhallintaa käsitellään tietomallien käyttöönoton näkökulmasta. Pääpaino on riskien identifioinnissa ja luokittelussa. Myös erityistä huomiota vaativat tietomallien käyttöönoton ominaispiirteet eritellään riskienhallinnan kannalta sekä lopuksi esitetään toimenpideehdotuksia tai kehityssuuntia riskien tarkempaan käsittelyyn. Riskienhallinnan metodiikkaa tai johtamisoppeja ei tässä yhteydessä käsitellä tarkemmin.

3.4.1 Riskien tunnistaminen ja arviointi

Rakennusprojektien riskejä voidaan luokitella useilla eri perusteilla kuten niiden vakaavuuden, vaikutusmahdollisuuksien, kustannusvaikutusten tai riskin kantajan perusteella. Tässä tutkimuksessa organisaatioon vaikuttavat riskit ryhmitellään laajasti kuvassa 3.13. esitettyyn kahteen kategoriaan: oikeudellisiin ja teknisiin riskeihin [48]. Kuvassa esitetyt kategorioita käsitellään seuraavaksi tietomallien kannalta pääasiassa projektin toteuttajan näkökulmasta.



Kuva 3.13. Organisaation riskien luokittelu. [48]

Riskienhallinnan ensimmäinen ja tärkein vaihe on riskien tunnistaminen. Vaikeimmin tunnistettavia riskejä uuden teknologian käyttöönoton yhteydessä syntyy oikeudellisiin eli sopimusteknisiin ja tekijänoikeudellisiin kysymyksiin. Sopimustekniset riskit liittyvät tilaajan kanssa tehtyihin sopimuksiin, joiden sisältö joudutaan ensimmäistä kertaa määrittämään uuden teknologian käyttöönottovaiheessa. Tilanteessa kummallakaan osapuolella ei ole selkeää kuvaa mitä kaikkea sopimuksilla tulisi kattaa tai rajata pois. Myöskään riskin jakamisen yhteydessä huomioitavan objektiivisen korvausarvon määrittäminen ei ole usein helppoa. [48]

Tietomallipohjaisen suunnittelu- tai muun aineiston omistajan määrittäminen ei ole yksiselitteistä mallien ollessa älykkäitä tuotteita, jotka saattavat sisältää yrityksen liikesalaisuuksia tai muuta kilpailijoilta salassa pidettävää tietoteknistä aineistoa. Tilanne toteutuu suunnittelijoiden lisäksi myös toteuttajaorganisaatiolla sen luodessa tilaajan/rakennuttajan tietomalliin tai muuhun luovutettavaan aineistoon omia sovellutuksiin kuten aikatauluja tai työvaiheiden toteutussuunnitelmia. Sopimusteknisesti on ongelmallista määrittää korvaukset ja oikeudet kenelle tietomallin sisältämä tieto ja sen käyttöoikeudet todellisuudessa kuuluvat projektin valmistuttua ja sen aikana. Pahimmassa tapauksessa kaikkien oikeuksien antaminen tilaajan käyttöön voi johtaa toteuttajaorganisaatioiden haluttomuuteen avoimeen tiedonjakoon. Tämä kyseenalaistaisi tietomallien käyttöönoton yhden tärkeimmistä tavoitteista yhdestä yhteisestä tietomallista ja saattaisi johtaa jälleen eri organisaatioiden rinnakkaisten tietomallien tuottamiseen. [48]

Sopimuksellisiin riskeihin luetaan myös vastuu tietomallin ylläpidon ja sinne syötetävän datan oikeellisuudesta. Suurimpana tämä riski esiintyy eri suunnitteluorganisaati-

oiden tuottaman materiaalin yhteensovituksessa. Tuotanto-organisaation kannalta suunnitteluaineiston oikeellisuuden riski aktualisoituu vasta virheellisen tiedon päätyessä suunnitteluvaiheesta toteutusmalliin. Tästä saattaa aiheuttaa muun muassa lisäkustannuksia ja aikataulun viivästymistä. Riski on analoginen nykyisen suunnitteluaineistoon liittyvän riskin kanssa. Sen tunnistaminen uudessa teknologisessa ympäristössä on tosin aiempaa vaikeampaa erityisesti kompleksisissa ja uudentyyppisissä hankkeissa. [48]

Myös tuotannonohjaukseen käytettävän tietomallin ajantasaisuus on uusi riski toteuttajaorganisaation kannalta. Ongelma esiintyy pidettäessä yllä esimerkiksi yhteistä keskitettyä toteutusmallia aikataulusta projektin kaikkien yhteistyökumppaneiden kanssa. Eri kuvatasoilla esitettävien osakokonaisuuksien pitäminen ajantasaisina on tietomallin oikeellisuuden ja sitä kautta koko tuotannonohjauksen kannalta ensiarvoisen tärkeää. [48]

Teknisiä riskejä voidaan tuotanto-organisaatiolle nimetä huomattavasti oikeudellisia useampia. Yksi suurimmista on koneohjauksjärjestelmien ja tietomallien yhteensovittaminen ilman riittäviä ennakkotestejä. Uuden laitteiston ja uusien tietoteknisten järjestelmien erityisesti yhtäaikainen käyttöönotto muodostaa riskejä, jotka ovat moniin muihin riskeihin verrattuna kuitenkin helposti identifioitavissa. Tuotantotekniikkaan liittyvät riskit saattavat aiheuttaa toteutuessaan epätoivottuja muutoksia muun muassa ympäristöön, laatuun tai työturvallisuuteen.

Tietosisällön johdonmukaista hallintaa voidaan pitää teknisenä riskinä, joka korostuu tietomallien hyödyntämisessä aiempien paperikuvaversioiden käyttöön verrattuna. Erityisesti uusien suunnitelmapäivitysten ja niissä ilmenevien muutosten tunnistaminen vaatii resursseja. Tuotanto-organisaation kannalta tämä merkitsee jatkuvaa seuranta-tilaajan/rakennuttajan toimittaman päivitetyn tietomallin muutoksista. Tosin tietomallien myötä suunnitelmamuutosten määrän tulisi pienentyä huomattavasti. [48]

Myös puhtaasti tietotekniset riskit kuuluvat teknisten riskien luokkaan. Ongelmia muodostavat tietoturvan säilyttäminen tiedonsiirron muuttuessa enenevässä määrin langattomaksi sekä informaattiosisällön tekninen hallinta eri järjestelmissä, ohjelmistoissa ja palvelimilla. Tietoturvan kannalta riskejä muodostavat myös henkilöstön tottumattomuus uusiin tiedonsiirtotapoihin ja työmenetelmiin. Lisäksi uusien ohjelmistojen mahdolliset alkuvaiheen tietotekniset ongelmat johtavat aiempaa suurempiin tietoturvariskeihin. Etenkin kehityksen alkuvaiheessa ei ole vielä luotettavaa tietoa formaattimuunnosten toiminnasta eri ohjelmistojen ja järjestelmien kesken. Kaikkien informaatiovirtojen rajapintariskien määrittäminen on niin ikään ongelmallista eritoten alkuvaiheessa kun langaton tiedonsiirto viedään laajemmassa mittakaavassa matalan informaatioteknologian työmaaympäristöihin.

Sekä teknisten että oikeudellisten riskien voidaan johtaa lopulta kumuloituvan – varsinkin osakeyhtiönä toimivan tuotantoyrityksen osalta – liiketoimintariskiin kassavirtavaikutuksineen. Yrityksen tehtävän kannalta tärkein insentiivi riskienhallintaan on juuri liiketoimintariski.

3.4.2 Toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus

Mitä suurempi epävarmuus projektiin liittyy, sitä tietoisempaa ja tarkemmin harkittua riskeihin vaikuttamisen tulee olla. Reagointitapoja on useita. Riskejä voidaan muun muassa välttää tai siirtää, niiden vaikutuksia voidaan pienentää tai ne voidaan ottaa omalle organisaatiolle kannettavaksi. Kaikki riippuu riskien arvioinnista sekä niihin suhtautumisesta. Täydellinen riskien poistaminen projektilta ei kuitenkaan useimmiten ole mahdollista vaan ne tulee käsitellä hallitusti. Paras tapa suhtautua riskiin on allokoida se projektin osapuolelle, jolla on parhaat vaikutusmahdollisuudet ja tämän vuoksi myös edullisin asema hyväksyä se kannettavakseen. Allokointi voidaan tilannekohtaisesti suorittaa myös organisaation sisällä. [46,47]

Rakennusalan urakoinnissa tuotanto-organisaatioiden on todettu tarjouspyynnön käsittelyn yhteydessä lisäävän varauksia kustannusarvioon joko tietoisesti tai tietämättään. Useimmiten varausten määrä arvioidaan aiempien kokemusten pohjalta muodostetun intuition perusteella – muodollisten riskianalyysiin käytettävien työkalujen ja menetelmien puuttuessa. Parhaisiin tuloksiin on kuitenkin päästy suunnitelmallisella riskienhallinnalla ja riskistrategialla. [46,47]

Suunnitelmallisella riskienhallinnalla on todettu olevan muun muassa seuraavia etuja aikataulun ja kustannusten hallinnassa [46]:

- Mahdollistaa päätöksentekoprosessin systemaattisuuden ja objektiivisuuden
- Sallii suurpiirteisesti samankaltaisten projektien tarkoituksenmukaisten epävarmuuksien vertailun
- Osoittaa välittömästi kunkin riskin suhteellisen merkityksen
- Antaa syvällisen ymmärryksen projektista perusteellisemmän riskien identifioimisen ja reagointiskenaarioiden kautta
- Vaikuttaa merkittävästi johtamiseen lisäämällä ymmärrystä projektin vaihtoehtoisista lopputuloksista

Tietomallien käyttöönotossa on edullisinta käynnistää tietoinen riskienhallinta myös tuotanto-organisaatioiden osalta jo alkuvaiheessa. Tämä tulisi tehdä olemassa olevan riskistrategian pohjalta. Mitä aiemmin riskien tunnistaminen ja arviointi käynnistetään, sitä merkittävämpiin päätöksiin ja toimenpiteisiin voidaan vaikuttaa. Helpoin ja ymmärrettävin tapa käsitellä tietomallien kaltaista uutta aihetta on pyrkiä siirtämään ja muokkaamaan aiemman menetelmän (tasosuunnitelmien) riskit tietomalliympäristöön ja lähestyä siten muuttuneita riskejä. [29]

Oman toiminnan lisäksi on myös tunnistettava yhteistyön merkitys kaikissa rajapinnoissa. Alusta alkaen kaikkien sopimusosapuolien kanssa tulisi tehdä selväksi kuinka tietomallien kanssa toimitaan. Näin negatiiviset vaikutukset liiketoimintaan saadaan kaikilta osapuolilta minimoitua mahdollisimman tehokkaasti. [29,47]

Riskienhallinnan tulisi olla projektista toiseen jatkuvaa. Projektin aikana riskienhallintasuunnitelmaa on päivitettävä tehtyjen havaintojen perusteella. Ja erityisesti uuden teknologian käyttöönottovaiheessa riskienhallinnassa on syytä tehdä riskien todellisten

vaikutusten arviointia ja toteumatarkastelua tietyin väliajoin siirryttäessä projektista toiseen. Yksittäisen projektin kannalta jälkikäteen tehty tarkastelu ei tuota lisäarvoa, mutta tulevien hankkeiden ja henkilöstön osaamisen kehittämisen kannalta on syytä hyödyntää kaikkea toiminnasta kerättyä kokemusta. Seuraavassa on esitelty aiemmin tehdyn riskijaottelun mukaisesti muutamia toimenpiteitä tietomallien käyttöönottoon liittyvien riskien hallitsemiseksi. [47]

Sopimustekniset riskit

Sopimusteknisien riskien osalta tilanne on vaikeampi kuin teknisissä riskeissä. Tämä johtuu jo riskien heikosta tunnistettavuudesta, minkä vuoksi niiden arviointi ja sitä myöten myös toimenpiteiden suunnittelu on ongelmallista. Näin ollen alkuvaiheessa on tärkeintä tiedostaa riskienhallinnan heikko taso ja ennustettavuus sekä suunnitella toimenpiteet ja suhtautuminen jo tunnistettujen riskien osalta.

Tarkoituksenmukaisimmat toimenpiteet sopimusteknisien riskien hallintaan ovat yhdenmukaisia nykyisten toimenpiteiden kanssa. Tietomallien sopeutuessa liiketoimintaan on kuitenkin tiedostettava uudet osapuolten sekä ohjelmistojen väliset rajapinnat ja mahdollisesti kiinnitettävä niihin erityistä huomiota.

Tekniset riskit

Teknisistä riskeistä huomio kiinnittyy alkuvaiheessa uuden laitteiston ja tietojärjestelmien sekä ohjelmistojen toimivuuteen ja yhteensopivuuteen. Pilottiprojektien tuoma kokemus ja myös muu testaus ja ennakkovalmistelu pienentävät huomattavasti näistä aiheutuvia riskejä. Myös laite- ja ohjelmistovalmistajien kanssa tehtävä yhteistyö erityisesti eri rajapintojen kehittämiseksi pienentää riskien esiintymistodennäköisyyttä.

Teknisien riskien rajaamiseksi edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi on syytä tuoda pitkän tähtäimen ajattelu myös riskienhallintaan. Resursseja kannattaa suunnata myös projektihenkilöstön tietomallikoulutukseen sekä tietoisuuden lisäämiseen. Lisäksi organisaation sisällä kannattaa viestiä uuden teknologian ongelmakohdista avoimesti ja oppia sitä kautta myös virheistä. Kustannusriskien rajaamiseksi on suositeltavaa keskustella myös vakuutuslaitosten kanssa. Oleellista on määrittää kuinka mahdollisesti kasvavilta riskeiltä suojaudutaan sekä tuotantoprosessin että kustannusvaikutusten kannalta. [29,47]

Seuraavassa on lueteltu toimintoja ja aiheita, joihin liittyviin riskeihin tietomallit aiheuttavat erityisen suuria muutoksia [29]:

- Rakennettavuustarkastelujen monipuolistuminen
- 2D suunnitteludokumenttien muuttaminen 3D-formaattiin
- Erikoiskohteiden tai osakokonaisuuksien suunnittelu osana suurempaa kokonaisuutta, joko sisäisissä tai ulkoisissa projekteissa
- Revisiointi tai muutokset rakennusdokumentteihin ilman suunnitteluorganisaation tarkistusta tai hyväksyntää
- Älykkäiden projektinhallintaohjelmien kehittäminen

- Projektien verkkopohjainen seuranta ja verkkopalvelinjärjestelmät
- Informaation tai datan välittäminen yhä enemmän sähköisessä muodossa
- Suunnittelun tai immateriaaliomaisuuden tekijänoikeudet

Muun muassa projektiin osallistuvien urakoitsijoiden ja aliurakoitsijoiden yhteisten tietomallien tietosisällön hallintaan ja ajantasaisuuteen liittyvää riskiä voidaan rajata vastuuttamalla tehtäviä ja rooleja sopimusteknisesti. Organisaation sisäisesti tuottaman tietomalliaineiston osalta taas informaatioisisällön oikeellisuuden riskin rajaamiseksi tulisi määrittää jokaiselle projektin jäsenelle henkilökohtaiset toimenpideoikeudet tarpeen mukaisesti. Todennäköisesti pääosalle projektihenkilöstöstä riittää katselu- tai tarkastelu-oikeudet muokkausoikeuksien keskittyessä vain tuotantosuunnitteluun kiinteästi osallistuville henkilöille. Rajauksia voidaan tehdä tarvittaessa myös tietomalliosioiden tai projektin vaiheiden perusteella. Tämä riski on osittain analoginen rinnakkaisversioiden riskin kanssa, mikä esiintyy myös perinteisessä tasopiirustus pohjaisessa suunnittelmienhallinnassa. [29]

Toteutusvaiheen riskien lisäksi myös suunnitteluvaiheen riskit saattavat heijastua tuotantoon. Merkittäviä ongelmia voivat aiheuttaa erityisesti oikeus- ja vastuukysymykset, jotka muodostuvat moniulotteisiksi luotaessa yhteistä suunnitteluaineistoa (tietomallia) eri suunnittelijoiden tuotoksista. Tämä ongelma on tiedostettava myös tuotantoorganisaatioissa. [29]

Edellä esitettyjen vaiheiden lisäksi organisaation perusteelliseen riskienhallintaan on tarkoituksenmukaista sisällyttää myös toimenpiteiden toteutuksen seuranta ja arviointi. Toimenpiteisiin voidaan kohdistaa muun muassa tavoitteita ja mittareita, joilla niiden tehokkuutta voidaan arvioida. Arvioinnin perusteella tehdään toimenpiteisiin tarvittaessa muutoksia. Riskienhallinnan onnistumista on hyvä arvioida väliajoin – myös tilanteissa, joissa ulkoiset muuttujat eivät aiheuta siihen muutospaineita.

Tietomallien käyttöönottoon liittyvien riskien ainutkertaisuutta kuvaa myös mallien aikaansaama rakennusprosessin muutos. Ajan myötä perinteisen kolmen vastapuolen (omistus, suunnittelu, toteutus) on arvioitu korvautuvan integroidummalla toteutustavalla, joka sisältäisi aiempaa enemmän avointa yhteistoimintaa kaikkien osapuolten kesken. [29]

4 CASE: SYVÄSTABILOINTI

Lemminkäinen Infra Oy:n erikoispohjarakentamisen toimialoista tietotekniikan ja koneohjauksen hyödyntämisen kannalta edistyneintä tuotantotekniikkaa käytetään syvästabiloinnissa. Syvästabiloinnin tuotannossa on jo nykyisin käytössä muun muassa kehittyneet koneohjausjärjestelmät ja langattomaan tiedonsiirtoon perustuvat keskitetyt verkkopalvelimet. Edellä mainittujen työkalujen voidaan odottaa yleistyvän myös muissa erikoispohjarakentamisen työmenetelmissä tietomallipohjaisten järjestelmien sekä koneohjausjärjestelmien kehittyessä ja yleistyessä. [49]

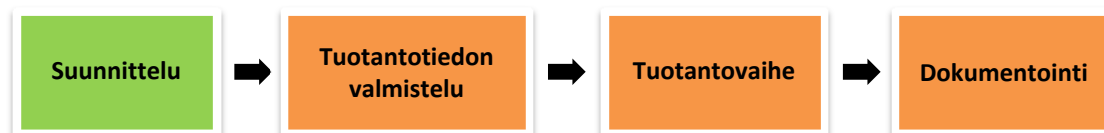
Tässä luvussa perehdytään syvästabiloinnin tiedonkäsittelyn kannalta tuotantotekniikan nykytilaan ja tuleviin kehitysvaiheisiin. Nykytilan kuvaus perustuu Lemminkäinen Infra Oy:n stabilointiyksikön vuoden 2012 alussa käyttämään syvästabiloinnin tuotantotekniikkaan, jota on selvitetty työmaaorganisaation sisäisen haastattelututkimuksen avulla.

4.1 Tiedonhallinnan nykytila syvästabiloinnissa

Lemminkäinen Infra Oy on tehnyt stabilointiyksikön tuotantotekniikan edistämiseksi pitkäjänteistä sisäistä kehitystyötä, jonka lisäksi on tehty myös yhteistyötä eri laite- ja ohjelmistovalmistajien kanssa. Koneohjaus- ja mittauslaitteistoa on kehitetty juuri oman organisaation tarjoamaa palvelutarjontaa tukeväksi huomioiden myös asiakkaiden asettamat vaatimukset. [49]

Syvästabiloinnin tuotantoprosessin sisäinen tiedonsiirto perustuu jo nykyisellään osittain langattomaan tiedonsiirtotekniikkaan, joka mahdollistaa monipuolisen ja nopean tiedonkäsittelyn pitkälläkin etäisyyksillä. Tämä tuo etuja muun muassa tuotannonohjaukseen, joka voidaan suorittaa monilta osin etätyöskentelynä. Toinen merkittävimmistä kehitysaskelista on ollut koneohjausjärjestelmän parantuminen. Etuina ovat korkeamman tuottavuuden lisäksi syvästabilointikoneiston tuottaman koneohjauksen toteumatiedon hyödyntäminen muun muassa projektien dokumentoinnissa ja laadunvalvonnessa. [49]

Tietoteknisestä näkökulmasta syvästabiloinnin suunnitelmien- ja tietojenkäsittely voidaan jakaa seuraavan kuvan 4.1. mukaiseen neljään päävaiheeseen. Jokaiselle vaiheelle on tunnistettavissa omat tietotekniset tehtävänsä ja vaatimukset seuraavaan vaiheeseen siirtymiseksi. Näistä vaiheista tuotanto-organisaatiossa suoritetaan kolme viimeistä ensimmäisen painottaessa suunnitteluosastolle. Seuraavaksi käsitellään pääosin tietoteknisestä näkökulmasta Lemminkäinen Infra Oy:n stabilointiyksikön kalkkipilari-stabilointituotannon vaiheita: tuotantotiedon valmistelua, tuotantovaihetta sekä dokumentointia. [49]



Kuva 4.1. Syvästabilointiprojektin tiedonhallinnan vaiheet.

4.1.1 Tuotantotiedon valmistelu

Ensimmäisen tuotantovaiheen tietotekninen tehtävä on konvertoida suunnitteluaineisto ja poimia sieltä tarvittavat tiedot koneohjausjärjestelmien ymmärtämään tiedostomuotoon. Tarvittaessa tiedoista korjataan havaitut virheet ja ristiriidat sekä niihin täydennetään puutteita kuten koordinaatioita tai paalujen sijainteja. Vaiheen tehtävänä on myös valmistella muu tuotannossa tarvittava materiaali kuten mittajärjestelmien vaatimat paikkatiedot ja työntekijöille havainnollistamiseen käytettävät karttamuotoiset visualisoinnit. [49]

Tavallisimmin aineisto toimitetaan tähän vaiheeseen piirustuksina dwg-formaatissa. Tuotantoon luovutettavan tiedoston on nykyisissä järjestelmissä oltava tekstiformaatissa. Formaattimuunnos tehdään erillisillä sitä varten kehitetyillä ohjelmilla. Lähtöaineistona käytetään tavallisimmin suunnitelma-aineistoon kuuluvaa pohjanvahvistuskarttaa, jossa on esitetty määritetyt pilarivälit sekä stabilointikaaviot. Joissakin tapauksissa pohjanvahvistuskartassa esitetään kuitenkin vain rasteroitu kohdealue, jolle stabilointi suoritetaan. Tällöin tuotannon valmisteluvaiheessa on määritettävä koneohjausaineistoon myös pilarien ominaisuudet ja sijaintikoordinaatit osittain ylimääräisenä työvaiheena. [49]

Seuraavaa vaihetta varten valmistelussa on todettava koneohjausjärjestelmään toimitettavan tekstiaineiston oikea sisäinen rakenne sekä ristiriidattomuus suunnitelma-aineiston kanssa. Tuotantotiedon tietotekniseen valmisteluun osallistuu pääasiassa vain työnjohto ja ongelmatapaukset ratkotaan yhteistyössä suunnittelu- tai rakennuttajaorganisaation kanssa. [49]

4.1.2 Tuotantovaihe

Tuotantovaiheen lähtötietona on valmisteluvaiheen aineisto. Sen avulla työkohteelle luodaan mittausrakenteita, jota työkoneiden mittalaitteistot ja -järjestelmät hyödyntävät työn aikana. Lisäksi palvelimen tai USB-muistin kautta työkoneiden koneohjausjärjestelmään syötetään kohteen stabilointipilareiden tiedot: koodi/numerointi, sijainti x- ja y-koordinaateilla sekä aloitus- ja lopetustasot (z-koordinaatti). Korkeustasojen eli z-koordinaattien käyttö on toistaiseksi osittain manuaalista. Järjestelmään annettavat korkeustiedot toimivat toistaiseksi käytännössä vain informaationa työkoneen kuljettajalle, eikä itse koneohjausjärjestelmä käytä niitä vielä hyväkseen. Taulukossa 4.1. on esitetty esimerkki järjestelmään siirrettävän tekstitiedoston rakenteesta. [49]

Taulukko 4.1. Esimerkki tuotannonohjausjärjestelmästä koneohjaukseen siirrettävän tiedon rakenteesta. [49]

Kartta	Pilari	X-koord.	Y-koord.	Z-koord.	Aloitustaso	Lopetustaso
H14	5541	6719270.335	3508089.370	0.000	kovaan	-0.3
H14	5542	6719270.913	3508088.319	0.000	kovaan	-0.3
H14	5543	6719271.098	3508090.474	0.000	kovaan	-0.3
H14	5544	6719271.491	3508087.267	0.000	kovaan	-0.3
H14	5545	6719271.676	3508089.422	0.000	kovaan	-0.3

Tiedot siirretään koneohjausjärjestelmiin tekstitiedoston avulla joko langattomasti verkkopalvelimen välityksellä tai varamenetelmänä toimivan USB-muistin välityksellä. Muut kuin taulukossa esitetyt pilarien tunnistetiedot ja sijaintitiedot kuten sekoittajan nousunopeus ja käytettävä sideainemäärä toimitetaan tuotantoon toistaiseksi manuaalisesti joko USB-muistilla tai paperiversioina. [49]

Verkkopalvelinperustainen tietojärjestelmä mahdollistaa myös muun muassa työkohteiden paikantamisen ja tuotantotoiminnan reaaliaikaisen seurannan. Kuvassa 4.2. on esitetty työkoneella näkyvä näyttöpäätte, joka on suorassa yhteydessä myös verkkopalvelimeen. Työkoneen kuljettaja saa jatkuvasti dataa koneen sijainnista sekä stabilointikohteesta. Tuotannonohjaus taas saa reaaliaikaista etäseurantaä käytettäessä palvelimeltaan tarvittaessa näkymän, joka vastaa työkoneen näyttöpäätteellä näkyvää. [49]



Kuva 4.2. Syvästabilointikoneen koneohjausnäkyvä. [49]

Lopputuotteena tuotantovaiheesta saadaan koneohjausjärjestelmän tuottama toteumatieto. Siinä esitetään muun muassa pilarikohtaisesti käytetyn sideainemäärän menekki, sekoittimen nousunopeus, pilarin ala- ja yläpää sekä toteutuneet sijaintikoordinaatit. Koneohjauksesta saatu toteumatieto on osa lopullista rakennuttajalle luovutettavaa dokumentaatiota. [49]

4.1.3 Dokumentointi

Työn suorituksen jälkeen toteumatieto koostetaan urakka-asiakirjoissa vaadittuun muotoon. Tavallisimmin luovutettavia tietoja ovat muun muassa toteutuneiden pilareiden sijainnit, käytetyt sideaineet ja niiden menekit, stabilointikoneen vaakalukemat sekä muu laadunvalvonta-aineisto kuten valvontakairausten tulokset. Luovutettavan toteumatiedon pohjana on koneohjausjärjestelmän verkkopalvelimille lähettämät tiedot. Pilareiden toteutuneet paikkatiedot noudetaan toistaiseksi verkkopalvelimelta, kun muut koneohjausjärjestelmän tuottamat tiedot kuten toteutuneet sideainemenekit ja sekoittimen nousunopeudet siirretään USB-muistin kautta. [49]

Pilareiden sijaintitoteumat esitetään useimmiten dwg-tiedostomuodon karttapiirroksissa. Piirroksessa esitettävien tietojen kattavuus vaihtelee eri urakoiden välillä. Käytännössä syvästabiloinnin toteumatietojen tarkkuus ja laajuus on jo nykyisin tasolla, joka mahdollistaisi tietomallin tuottamisen olemassa olevien toteumatietojen perusteella. Rakennuttajan halukkuus hyödyntää tietomallipohjaista dokumentaatiota on kuitenkin ollut siinä määrin vähäistä, että siihen ei ole toistaiseksi ryhdytty. [49]

Tuotanto-organisaation omaan käyttöön tehtävä kustannusseuranta saa myös lähtötietonsa koneohjausjärjestelmästä. Muun muassa käytetyt sideainemäärät, työtehot ja tuotannon keskeytykset ovat helposti määritettävissä aineistosta.

4.1.4 Hyödyt ja kehityskohteet

Tähän mennessä kehittyneellä tiedonkäsittelyllä syvästabiloinnissa saavutettuja hyötyjä ovat: työn aikaisen mittaustyön merkittävä vähentyminen, tuotantotarkkuuden parantuminen, tiedonsiirron nopeutuminen, tuotannonohjauksen nopeutunut reagointi poikkeamiin ja toteumadokumentoinnin korkeampi laatu.

Nykyisessä järjestelmässä on kuitenkin yhä paljon kehitettävää. Suurimmat ongelmat ovat tietoteknisiä ja liittyvät eri vaiheiden välisiin formaattimuunnoksiin. Tietoa joutuu tuotannonohjauksessa käsittelemään usealla eri valmistajan ohjelmistolla ja verkkopalvelimella, jotka eivät keskustele täysin samoilla tiedostomuodoilla. Tiedonsiirron välivaiheita on useita ja tietojen manuaalista käsittelyä tarpeettoman paljon. Nykyisellään muun muassa kairaustulokset ja sijaintikoordinaatit joudutaan keräämään eri paikoista. Ideaalitulanteessa kaikki toteumatieto saataisiin kerättyä eri palvelimilta esimerkiksi samaan graafiseen käyttöliittymään ja sitä kautta osaksi lopullista dokumentointia. Tätä tilannetta ei todennäköisesti saavuteta lähiaikoina.

Tietotekniikan järjestelmätason heikkouksien lisäksi toimintatavan muita kehityskohteita ovat z-koordinaattien tuominen aidosti koneohjausjärjestelmään, dokumentoinnin toteuttaminen aidolla keskitetyllä tietomallilla sekä käyttöliittymien parantaminen. Osa parannuksista voidaan tehdä tuotantovetoisesti, mutta esimerkiksi dokumentointi tehdään jatkossakin rakennuttajan vaatimalla tasolla. Ylilaausta aiheuttavat kustannukset jäävät tuotanto-organisaation kannettavaksi, joten kehityksen edellyttämän muutoksen on tapahduttava myös rakennuttajien vaatimustasossa.

Syvästabiloinnin tuotantotekniikan nykytilan saavuttaminen on vaatinut huomattavia kehityspanoksia tuotannon omista resursseista. Tämä on aiheuttanut alkuvaiheessa ylimääräistä resurssitarvetta. Muutosta ei voida myöskään kuvailla missään määrin nopeaksi tai yksinkertaiseksi. Tulokset kuitenkin näkyvät jo laadussa sekä tuottavuudessa ja lopulta kehitys ilmenee muun muassa yritykselle tärkeinä tekijöinä: parempana kilpailukyknä ja alhaisempaan kustannusrakenteena.

4.2 Tulevaisuuden näkymät

Syvästabiloinnin tapauksessa järjestelmät ovat Lemminkäinen Infra Oy:n syvästabilointiyksikössä jo hyvin kehittyneitä. Kehitystyössä ongelmaksi muodostuu rakennuttajalta saatavan ja takaisin luovutettavan tietomallin ennustaminen pitkällä aikavälillä. Tietomalleihin siirtyminen muuttaa tiedonsiirron rajapintoja ja yhtäkkinen muutos uuteen tiedostomuotoon saattaa tehdä tarpeettomaksi vuosien kehitystyön formaattimuunnosten ollessa yksi suurimmista ongelmista jo nykyisissä järjestelmissä.

Kuvassa 4.1. kuvatun prosessiketjun molemmissa päissä on lopulta rakennuttaja, joka päättää millä lähtötiedoilla projekti käynnistetään ja myös mitä lopputuotteita siitä halutaan. Tuotantoprosessin on mukauduttava näihin ja näin ollen se on erityisen altis rakennuttajan tekemille muutospäätöksille.

Moniin muihin työvaiheisiin verrattuna syvästabiloinnissa ollaan kuitenkin jo hyvin lähellä tilannetta, johon tietomallien hyödyntämisellä pyritään muutoksen alkuvaiheen tuotantosovellutuksissa. Syvästabiloinnin oppeja ja tekniikkaa voitaisiin hyödyntää myös muiden työmenetelmien kehittämisessä. Ennen tietomallien käytön yleistymistä syvästabiloinnin tuotantotekniikan kehittämisessä on edellisten ongelmakohtien ratkaisemisen lisäksi vain hyvin vähän tehtävissä. Suuremman muutoksen on tultava ulkoapäin.

Tulevaisuuden näkymien tarkentamiseksi selvitettiin myös kahden suuren tilaajan: Liikenneviraston ja Espoon kaupungin kantaa aiheeseen. Liikenneviraston näkemyksenä oli, että nykyinen tietosisältö sinällään on monilta osin riittävä. Mikäli tietomallipohjaiseen dokumentointiin siirrytään, riittää siis nykyisten tietojen muuttaminen tietomalliformaattiin. Esimerkiksi kalkkipilaristabiloinnin dokumentointisisällön tärkeimmät elementit ovat tulevaisuudessakin pilareiden toteutuneet dimensiot ja poikkeamat, tieto suunnitelmien mukaisuudesta sekä ongelmatapauksissa tuotantoparametrit kyseiseltä syvyydeltä. Mittausinfrastruktuurilta odotettiin koneohjaukseen pohjautuvaa järjestelmää, joka esimerkiksi Lemminkäinen Infra Oy:n syvästabilointiyksiköllä on jo arkikäytössä. Ainoana uutena muuttujana, joka ei vielä nykyisin kuulu vakiodokumentaatioon, Liikennevirastosta esitettiin ajatus jatkuvasta vesipitoisuuden ja sideainemäärän suhteen mittaamisesta. [50]

Espoon kaupunki toivoi yleisesti laadunvalvontamenetelmien osalta lisää kehittämispanosta urakoitsijoilta. Dokumentoinnin osalta vaatimuksena on nykyisin pilarikartta, joka optimitilanteessa on täysin sama kuin suunnitelmakartta. Toistaiseksi toteumakartat on toimitettu CAD-formaatissa. Kehittämisalueina Espoon kaupunki esitti ajatuk-

sen tuotannon reaaliaikaisesta seurannasta tekstiviestein. Eli pilarin valmistuttua to-
teumatiedot toimitettaisiin tekstiviestitse tilaajan palvelimelle, joka automaattisesti
synkronoisi tiedot suoraan tietomallipohjaiseen ohjelmistoon. Idea ja vertailukohde täs-
sä ideassa oli nykyiset pohjavesipintahavainnot, joiden seuranta toteutetaan nykyisin
juuri esitetyllä tavalla. [51]

5 TIETOMALLIEN VAIKUTUKSET INFRARYL-LAATUVAATIMUSJÄRJESTELMÄÄN

InfraRYL, eli infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, on ensimmäinen koko alalla laajasti käyttöön otettu infrarakentamiseen suuntautunut nimikkeistö ja laatuvaatimusjärjestelmä. Julkaisun tarkoituksena on palvella kaikkia rakennusalan osapuolia tukemalla muun muassa sopimustekniikkaa. InfraRYL:n ylläpitäjän Rakennustiedon määritelmän mukaisesti InfraRYL on:

”InfraRYL on ensimmäinen infra-alan yhdessä laatima kuvaus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. Se määrittää työn lopputuloksen rakennusteknisen laadun. Rakennusalalla omaksutun tavan mukaan tarvitsee tilaajan vain viitata sopimusasiakirjoissa RYLin yksilöityyn kohtaan saadakseen sen määritykset voimaan hankkeessa. RYL määrittää hyvää rakennustapaa myös silloin kun osapuolet ovat siitä eri mieltä.” [53]

InfraRYL koostuu kahdesta osasta: teknisistä vaatimuksista ja toimivuusvaatimuksista. Teknisissä vaatimuksissa esitetään vaatimuksia rakennustarvikkeille ja työn suoritukselle:

”Vaatimukset määrittellään tarvikkeiden, alustan, työn, valmiin rakenteen ja kelpoisuuden osoittamisen osalta. - - Rakenteen tulee täyttää tekniset vaatimukset valmistumishetkellä. Teknisiä vaatimuksia käytetään rakennusosien ja työvaiheiden laatua määritettäessä ja todettaessa ja niitä voidaan käyttää myös urakoitsijoiden laatujärjestelmissä.” [53]

Toimivuusvaatimukset taas koskevat rakenteen käyttäytymistä koko elinkaaren aikana. Niissä kuvataan rakenteiden tai rakenneosien käytön aikaisia vaatimuksia. Ja ovat siis lähtökohtia suunnittelulle ja määrittävät tulevan rakenteen käyttöön liittyviä tarpeita. Ne eivät siis itsessään liity rakenteen toteuttamistapaan tai suunnittelun ja toteutuksen taustalla olevan tietotekniikkaan. Toimivuusvaatimukset on tarkoitettu suunnitteluorganisaatioiden hyödynnettäviksi, mistä syystä niitä ei tässä tutkimuksessa käsitellä tarkemmin. [53]

InfraRYL korvaa aiemmin keskeisissä asemissa olleita julkaisuja kuten TYLT (Tiehallinto: Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset), KT 02 (Suomen kuntaliitto: Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus), RMYTL (Ratahallintokeskus: Radan maarakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselostukset), VRT05 (Viherrakentamisen

työselitys) sekä Siltarakentamisen yleiset laatuvaatimukset (SYL ja SYL-R), joita kaikkia on käytetty lähdemateriaalina InfraRYL:a laadittaessa. InfraRYL on siis koko laajalaisen infrarakentamisen keskeisimpiä julkaisuja.

Tässä luvussa käsitellään yleisellä tasolla tietomallien asettamia edellytyksiä ja muospaineita Rakennustiedon ylläpitämään InfraRYL-palveluun. Käsittely painottuu teknisiin vaatimuksiin tutkimuksen tuotanto-organisaation näkökulmasta johtuen. Tarkoituksena on luoda katsaus tulevan ympäristön aiheuttamiin muutamiin muospaineisiin, joihin myös InfraRYL:n on sopeuduttava pysyäkseen käyttökelpoisena. Esimerkkitapauksina käytetään pohjarakentamisen työmenetelmiä ja olemassa olevia vaatimuksia InfraRYL:ssä.

5.1 Tietomallien muutosvaikutukset teknisiin vaatimukseen

Pelkkien tuotanto-organisaatioiden enemmän käyttämät tekniset vaatimukset on jaettu neljään pääryhmään:

- Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
- Päälly- ja pintarakenteet
- Järjestelmät
- Rakennustekniset rakennusosat

Tässä yhteydessä tarkastellaan yleispiirteisesti ensimmäistä ryhmää, eli maa-, pohja- ja kalliorakenteita. Kyseinen osio jakautuu edelleen kahdeksaan alaryhmään, jotka määrittävät tarkemmin ryhmän kohteena olevaa rakennetta.

Varsinkin infrarakentamisessa tietomallien hyödyntäminen luo mahdollisuuksia muun muassa parantaa lopputuotteen tarkkuutta kehittyneen koneohjauksen avulla. Tästä syystä myös InfraRYL:ssä esitetyt valmiiden tuotteiden mittatarkkuus ja -toleranssit saattavat tulevaisuudessa ainakin joiltain osin olla matalalla tasolla kun työmenetelmät edelleen kehittyvät. Ongelmia päivittämiseen aiheuttaa kohteiden erilaisuus: matalamman vaatimustason projekteissa ei ole syytä vaatia ylimääräistä tarkkuutta eritoten mikäli se aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Tästä syystä alaa tukisi mahdollisesti laajempi vaihtoehtovalikoima eri rakenteiden toteutusluokille – varsinkin nyt tietomallien ja koneohjauksen yleistyessä. Myös InfraRYL voisi mahdollisuuksien mukaan ottaa laajemmin kantaa eri vaatimustasoihin. Tietyissä osioissa niitä on esitetty jo nykyisessä versiossa, mutta laajempaa hyödyntämistä tulisi myös harkita. Tietomallien mukana ala tulee kehittymään kohti tarkempaa ja kattavampaa tiedonhallintaa, eikä ole tarkoituksenmukaista, että InfraRYL:n käyttö vaikeutuu liian monien poikkeavien vaatimusten johdosta. Tulevaisuudessa saattaa muodostua tilanne, jossa rakentaminen on näennäisesti vaativalla tasolla. Tämän aiheuttaa alan kehitys kun yleinen tuotannon laatutaso saavuttaa tulevaisuudessa nykyisen korkean vaatimusluokan tason.

Dokumentoinnin osalta muuttuvat tiedostoformaatit tietomallien yleistyessä. Näiltä osin InfraRYL voisi ottaa kantaa itse formaattien sijasta esimerkiksi niiden tietosisäl-

töön. Miten määritellään ja mitä sisältää toteumamalli kelpoisuuden osoittamiseksi tietystä rakenteesta? Nämä ovat sopimustekniikassa jatkossa määritettäviä asioita, jotka voisivat mahdollisuuksien mukaan kuulua myös InfraRYL:n palvelusisältöihin. Näin ollen pohja valmiin rakenteen dokumentoinnille olisi yksiselitteisesti määritelty ja standardoitu. Tavanomaisissa kohteissa ei parhaassa tapauksessa muodostuisi minkäänasteista tarvetta siitä poikkeamiseen.

Mittaustekniikan osalta InfraRYL saattaa vanhentua koneohjausjärjestelmien toimissa tuotantovälineen lisäksi dokumentointivälineenä tuottaessaan jatkuvaa mittausdataa työn suorituksesta. Esimerkiksi kohdassa ”16200.5 Maakaivantojen kelpoisuuden osoittaminen” InfraRYL vaatii kaivannon tarkemittauksia suoritettavaksi vähintään 20 m välein. Tarkemittaukset eivät mahdollisesti enää tulevaisuudessa ole yksittäisiä mittauksia tai erillisiä mittapisteitä vaan esimerkiksi koneohjausjärjestelmien tuottamaa jatkuvaa mittadataa. Tällöin olisi enemmänkin oleellista määritellä järjestelmän riittävän oikeellisuuden, kalibrointitarkkuuden tai muun vastaavan todistaminen kuin nykyisin esitettävä mittausväli. Jatkossa vaatimus voi siis olla liian matalalla tasolla mikä johtaa sopimusasiakirjoissa esitettävään poikkeamaan InfraRYL-tekstistä. Tämä taas saattaa toistuessaan useammassa rakenteessa johtaa siihen, että InfraRYL ei enää toimi riittävän ajantasaisena viittauskohteena mikä aiheuttaisi sen aseman selkeää heikkenemistä.

Aihepiiriä on selvitetty myös aiemmin mainittujen kehityshankkeiden yhteydessä, joissa on myös nostettu esille tulevia kehityssuuntia. Muilta osin selkeästi tunnistettavia sisällön nykyisten ominaisuuksien päivittämispaineita ei vaikuttaisi tietomallien suunnalta kohdistuvan InfraRYL:n teknisten vaatimusten ryhmään.

5.2 Muut palvelun kehitysmahdollisuudet

Tuotanto-organisaatioiden käyttöä ajatellen InfraRYL-käyttöliittymä voisi olla rakennettu selkeämmin huomioiden palvelua käyttävien alan toimijoiden asemat. Nykyisellään suunnittelijoille ja toteuttajille osoitetut tekstit ovat monessa kohdassa samoissa osuuksissa mikä heikentää jonkin verran palvelun käytettävyyttä.

Lisäksi tulevaisuudessa tietoteknisten informaatiopalveluiden tarjoaminen infra-alan tuotanto-ohjelmistojen yhteydessä saattaisi tuottaa lisäarvoa. Esimerkiksi InfraRYL:n tietosisällön yhdistäminen valmiiden tietomallien objektitietoihin joko linkkeinä tai todellisina tietokenttinä lisäisi palvelun käytettävyyttä merkittävästi. Tämä edellyttää merkittävää panostusta ohjelmistoalan osaamiseen ja yhteistyöhön ohjelmistovalmistajien kanssa.

Muilta osin laatuvaatimusjärjestelmä on nykyisellään hyvin käyttökelpoinen. Tulevaisuudessa suurin haaste on reagointi sekä tässä luvussa että kehityshankkeiden yhteydessä mainittuihin tulevaisuuden haasteisiin. Näillä toimenpiteillä InfraRYL selvinnee myös yhdestä alan suurimmasta tietoteknisestä murrosvaiheesta.

6 PÄÄTELMÄT JA JATKOTUTKIMUSTARPEET

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen perusteella: johtopäätöksiä aihealueittain, tulosten sovellettavuutta ja rajoituksia, jatkotutkimusehdotuksia ja lopussa arvioidaan työn onnistumista vertaamalla alkuperäistä tavoiteasetantaa toteutuneeseen. Käsitellyt asiakokonaisuudet ovat niin suuressa määrin toisistaan eriäviä, että niiden yhdenaikainen käsittely ei ole tarkoituksenmukaista. Edellä mainitusta syystä tähän lukuun on jaoteltu johtopäätökset suurimpiin aihekokonaisuuksiin.

Seuraavassa esitettyjä johtopäätöksiä ja joidenkin aiheiden toimenpidesuosituksia on osittain esitetty omissa osioissaan jo edeltävissä luvuissa, mutta tässä osuudessa ne kerätään yhteen. Haastattelututkimuksesta ei tehdä erillistä yhteenvedoa vaan vastauksista tehdyt päätelmät on sisällytetty kunkin kysymyksen aihealueen johtopäätösten käsitteilyyn.

6.1 Päätelmät nykytila-analyysistä ja katsauksesta tulevaisuuteen

Haastattelututkimuksen pohjalta saatiin merkittäviä vastauksia useaan eri kysymykseen. Erytymisen huomionarvoisena voidaan pitää koko toimialan ja varsinkin Liikenneviraston omaa käsitystä tuotanto-organisaatioiden tietomallien käyttöönoton aikataulusta ja etenemisjärjestyksestä. Muista lähteistä määritetty vallitseva niin kutsuttu virallinen mielipide on juuri usean kehityshankkeenkin yhteydessä julkilausuttu tavoite, että suurten julkisten tilaajien hankinnat ovat vuonna 2014 vain tietomallipohjaisia.

Haastattelututkimuksessa saatiin vaihtelevia mielipiteitä siirtymisvaiheen luonteesta ja muutosnopeudesta. Valtaosa kannatti skenaariota, jossa tietomallit tulevat vähitellen käyttöön sen sijaan, että vuonna 2014 siirryttäisiin äkillisesti pelkästään tietomallipohjaisiin palveluihin. Myös Liikenneviraston oma kanta aiheeseen oli pikemminkin vähitään etenevän siirtymävaiheen kannalla. Myöskään he eivät usko radikaaliin muutokseen vaan pikemminkin jatkuvaan asteittaiseen kehitykseen lähivuosina. Selkeää linjaa siihen, mitä vuonna 2014 vaaditaan ja miltä osapuolilta, ei Liikennevirastostakaan osattu antaa. Moni alan asiantuntija tyytyi viittaamaan vastauksessaan vain julkiseen tietomallitavoitteeseen lausumatta omaa henkilökohtaista mielipidettään.

Kaikki vastaajat kuitenkin uskoivat tulevaan muutokseen. Viiden vuoden päästä vallitsevaa tilannetta kartoittaneeseen kysymykseen vastauksissa oli kaikissa esitetty tietomallien käyttöönoton olevan joko täydellisesti valmis ja käytössä kaikissa arkirutiineissa tai kehittyneemmässä muutosvaiheessa nykytilaan verrattuna. Moni arveli kuitenkin kehityksen etenevän ensin koneohjauksen kautta hitaasti kohti varsinaisia tietomalleja. Joka tapauksessa alan yhteinen näkemys vaikuttaa olevan yksimielinen siitä, että seu-

raavien vuosien aikana tapahtuva muutos on merkittävä – riippumatta sen valmistamisajankohdasta.

6.2 Päätelmät tietomallien käyttöönotosta infrarakentamisessa

Muutosvaiheen problematiikan osalta infra-ala vaikuttaisi olevan melko jäykkä ja vaikeasti muutettavissa tai kehitettävissä. Historiakehitys edistyneen teknologian käyttöönotossa ei ole ollut kovinkaan tehokasta ja pelko on, että tässäkin tapauksessa toimialan ominaispiirteet hidastavat käyttöönottoa merkittävästi. Mainitsemisen arvoisia ongelmia ovat osapuolten selkeä lokeroituminen intresseineen, tilaajien vahva rooli sekä alan toiminta edelleen tasolla, jota voidaan kuvata hyvin matalan teknologian hyödyntämiseksi. Vahva lokeroituminen heikentää esimerkiksi osapuolten keskinäistä kommunikointia, yhteistyötä, tavoitteiden jakamista ja tätä myöten vaikeuttaa kaikkea kehitystyötä. Tilaajien vahva rooli taas vaikuttaa kehitystä heikentävästi tilanteessa, jossa tilaaja käyttäytyy kehitystoiminnan kannalta passiivisena ja vanhoja rakenteita suosivana. Nykyinen teknologisesti matalan tason toiminta hidastaa muun muassa tietomallien käyttöönottoa toimialan ollessa kypsytön omaksumaan kehittyneen teknologian sovellutuksia. Muutosvastarinta lienee tästä syystä infra-alalla erityisen korkealla. Kuitenkin, vaikuttaisi siltä, että tietomallien edistämiseksi käynnistetyt useat monilta osin erittäin laaja-alaiset yhteishankkeet ovat ottaneet siinä määrin vahvan aseman, että muutos toteutuu. Tämä ei ole pelkästään mahdollista vaan jo todennäköistä.

Tuotanto-organisaatioiden kannalta suurimmat tietomallipohjaisen toiminnan käyttöönottoa hankkeiden toteutusvaiheessa estäneet syyt perustuvat monilta osin juuri epävarmisiin tulevaisuuden skenaarioihin. Tilaajilta onkin odotettu aktiivisia toimia asian edistämiseksi. Tuotanto-organisaatioilla ei haastatteluvastaustenkaan perusteella ole selkeää kuvaa siitä mitä niiltä vaaditaan ja milloin. Tämä johtunee myös tilaajaosapuolten päättämättömyydestä. Näin ollen valmistautuminen ja yritys-/organisaatiokohtainen kehitys ovat olleet hyvin vaatimattomalla tasolla ja jokainen on odottanut yhteisen kehityksen aikaansaannoksia. Liiketoiminnallista riskiä väärän teknologian kehittämistä ei yrityksissä ole haluttu ottaa kun mahdollisten aloitteentekijän hyötyjen on uskottu jäävän liian pieniksi.

Käyttöönoton ja erityisesti sen ajoittamisen kannalta toimenpide-ehdotuksia infra-alan tuotanto-organisaatiolle ovat tiivis yhteydenpito suurimpiin tilaajiin sekä yhteistyö kehityksen kärjessä kulkevan InfraFINBIM-hankkeen kanssa. Myös toimialan eri osapuolten – muun muassa suunnittelutoimistojen ja kilpailijoiden – kehitysvaihetta on syytä tarkkailla muutosten ennakoimiseksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tarkempia operatiivisia toimenpideohjeita on esitetty seuraavissa kappaleissa.

Yksittäisen tuotanto-organisaation valmistautumisohjeita esitettiin tarkemmin luvun 3.2. teknologisessa tiekartassa. Tästä yhtenä tärkeimpänä johtopäätöksenä voidaan mainita tietoisesta valmistautumisesta tärkeys (teknologia)strategian pohjalta. Muutos ja sen tulevat vaikutukset on tiedostettava ja niihin on myös valmistauduttava. Pitkäaikainen

passiivinen rooli saattaa aiheuttaa suuren negatiivisen impulssin vaiheessa, jossa kilpailijat ovat teknologisesti edellä ja tilaajat vaativat toimeksiannoissaan osaamista tietomalleista. Oleellista on tehdä muutosvaihetta koskevat valmistautumis- ja suhtautumis päätökset riittävän aikaisessa vaiheessa. Näiden pohjalta viedään käyttöönottoprosessia asteittain eteenpäin. Toinen merkittävimmistä ohjeista on toimialalla aiemmin heikolla tasolla olleen ohjelmistovalmistajayhteistyön nostaminen korkeammalle, mikäli organisaatiolla ei itsellään ole siihen riittävää osaamista.

Mitä tietomallien luomiin tuotannonohjausmahdollisuuksiin tulee, on todennäköistä, että lean-tuotantoideologian implementoinnilla voidaan vahvistaa näitä entisestään. Selkeästi molemmilla menetelmillä on hyvin merkittäviäkin positiivisia vaikutuksia kaikkiin tuotannon osa-alueisiin. Kuitenkin niiden yhteiskäytöllä on todettu saavutettavan hyötyjä, jotka ehdottomasti rohkaisevat molempien implementointiin. Niiden käyttöönottojen keskinäiseen ajoitukseen, eli tulisiko ne käynnistää samanaikaisesti vai porrastetusti, ei aiemmissa tutkimuksissa otettu kantaa. Ydinasiiana lean-tietomalli -yhteistyössä on kuitenkin lean filosofian ymmärtäminen kaiken toiminnan pohjaksi. Valtaosa yrityksistä epäonnistuu juuri filosofisessa vaiheessa mikä johtaa koko kehitysprojektin hyötyjen heikentymiseen.

Riskienhallinta tulee muistaa kaikissa suurissa muutosvaiheissa, niin myös tässä. Siinäällä tietomallien käyttöönotto ei aihepiiriä mullista vaan samat riskienhallinnan metodit pätevät jatkossakin. Huomionarvoista on kuitenkin riskien muuttuminen ja uusien riskien syntyminen aihealueille, jotka eivät aiemmin ole olleet olemassa tai siinä määrin merkittävässä asemassa kuin tulevaisuudessa. Erityisesti kolmannessa luvussa esitetyt sopimukselliset riskit on hyvä ottaa huomioon toimintaa aloitettaessa. Pääasia on suhtautua vakavasti ja perusteellisesti uudenlaiseen riskikokonaisuuteen, jonka hallitsemisesta ei ole aiempaa kokemusta. Tavanomaisia projekteja yksityiskohtaisempi ja perusteellisempi riskikartoitus sekä toimenpiteiden määrittäminen on syytä suorittaa ainakin tietomallien käyttöönottovaiheen alussa.

Kaikkien osa-alueiden pohjalta voidaan tehdä johtopäätös alan suuresta murroksesta. Esitetyt osa-alueet tulevat kukin yksitellen ja yhdessä muuttamaan infra-alaa merkittävästi. Tämä tulee todennäköisesti realisoitumaan jokaisen toimijan arjessa monella tavalla. Suurimpia muutoksia ilmenee todennäköisesti suunnitteluorganisaatioiden kaikille tasoille sekä tuotanto-organisaatioille – erityisesti tuotannonohjaukseen. Jälkimmäinen tulee muuttumaan todennäköisesti vielä merkittävämmän, koska nykyisin käytössä olevien välineiden teknologinen taso on erittäin matala verrattuna tulevaisuudessa käytettäviin tietomallipohjaisiin työkaluihin.

Infra-alalla on erittäin suuri potentiaali saavuttaa merkittäviä positiivisia vaikutuksia tietomallien avulla. Kertooko tämä alan nykyisestä heikosta tilasta ei ole oleellista – ainakin tulevaisuus näyttää aiempaa edistyneemmältä.

6.3 Päätelmät tietomallien käyttöönotosta erikoispohjarakentamisessa

Erikoispohjarakentaminen etenee mukana muun infrarakentamisen tietomallikehityksessä. Tilannetta mutkistaa hieman erikoispohjarakentamisen verrattain pieni markkina-koke sekä yhtymäkohdat erityisesti kaupunkialueilla rakennettuun ympäristöön kuten kunnallistekniikkaan ja talonrakennustuotantoon. Matala markkinaosuus koko rakentamisen toimialasta heikentää halukkuutta mittaviin kehitysinvestointeihin. Lisäksi törmäyskohdat muun rakennetun ympäristön kanssa asettavat vaatimuksia myös muiden rakenteiden tietomallipohjaiseen tietojenkäsittelyyn.

Edellä mainitut seikat eivät kuitenkaan ole riittävän merkittäviä aiheuttamaan erikoispohjarakentamisen eriytymistä muun alan kehityksestä. Muutosympäristö ilmenee samankaltaisena kaikilla infrarakentamisen aloilla. Näiltä osin siis edellisen luvun infrarakentamisesta tehdyt johtopäätökset pätevät pääosiltaan myös erikoispohjarakentamisessa ja muilla pienemmillä rakentamisen aloilla.

6.4 Tulosten sovellettavuus ja rajoitukset

Kaikkien tutkimuksen osa-alueiden tulokset ovat melko monipuolisesti sovellettavissa koko infrarakentamisen toimialalla erityisesti tuotanto-organisaatioiden kehittämiseen, tietomallien käyttöönottoprosessin vahvistamiseen ja infrarakentamisen markkinoiden kehityksen analysointiin. Kuten aiemmin mainittu, merkittäviä erityispiirteitä, jotka heikentäisivät päätulosten sovellettavuutta toimialan pienempiin osakokonaisuuksiin, ei havaittu. Tutkimuksen yleistettävintä osuutta, lean-tuotantoideologian käsittelyä, voidaan soveltuvin osin hyödyntää myös muilla toimialoilla.

Mahdollisia rajoituksia joihinkin tämän tutkimuksen osa-alueisiin syntyy pääosin näkökulmasta johtuen. Tuotantonäkökulma rajaa yleistettävyyttä kaikkeen toimintaan, mutta monessa osakokonaisuudessa aihetta on käsitelty myös muiden rakentamisen toimintojen ja sidosryhmien kuten suunnittelun, omistamisen ja rakennuttamisen kannalta. Näiltä osin tuloksia voidaankin soveltaa myös kyseisiä toimintoja sisältävissä organisaatioissa.

6.5 Jatkotutkimustarve

Tutkimus antoi selkeästi vastauksia suurimpiin vastausta kaivanneisiin kysymyksiin. Tosin monen aihepiirin osalta annettiin vain yleispiirteisiä havaintoja ja arvioita. Osa aiheista edellyttääkin vielä syvällisempää perehtymistä yksityiskohtaisen ymmärryksen saavuttamiseksi. Varsinkin erikoispohjarakentamisen kehittämiseksi tulisi koko tuotantoprosessi ottaa yksityiskohtaisempaan tarkasteluun tietomallien käyttöönoton kannalta. Muutos on siinä määrin laaja-alainen, että se tulee todennäköisimmin muuttamaan lähes kaikkia nykyisistä toimintatavoista.

Esityksiä tuleviksi erityisesti tuotanto-organisaatioille sopiviksi jatkotoimenpiteiksi ovat muun muassa tarkempi tietomalliohjelmistojen vertailu, tietomallien työvaiheko-

tainen soveltuvuus- ja käyttökelpoisuustarkastelu, yksityiskohtaisempi riskienhallintatutkimus sekä pilottiprojektiohjelma. Ohjelmistot ovat selkeästi siinä tilassa, että niitä useimmiten räätälöidään käyttäjien tarpeisiin mikä merkitsee niiden yleistason kyvykkyyden olevan vaikeasti määritettävissä. Organisaation mahdollisuuksien kartoittamiseksi eri ohjelmistovalmistajilta tulisi tarkemmin selvittää nykytila ja mahdollisuudet erityisesti erikoispohjarakentamisen tapauksessa, joka monessa suhteessa eroaa muun muassa väylärakentamisesta. Ohjelmistokehityksen tärkeimpinä aihealueina olisi huomioitava muun muassa tarkasteltavien ohjelmistojen yhteensopivuus koneohjauslaitteistojen kanssa sekä niiden kattavuus ja soveltuvuus prosessin eri vaiheisiin, kuten tarjouslaskentaan, tuotannonohjaukseen ja loppudokumentointiin. Näin ollen organisaation tulisi kehittää myös omia informaatioteknologisia järjestelmiään tietomalleihin soveltuviksi sekä edistää yhteistyötä ohjelmistovalmistajien ja valittujen yhteistyökumppanien kanssa.

Työvaihekohtainen tarkastelu tietomallien mahdollisuuksista ja tulevista vaatimuksista tulisi tehdä esimerkiksi tämän tutkimuksen case-tapauksen kaltaisesti myös muista erikoispohjarakentamisen merkittävimmistä työvaiheista. Näin voidaan tarkemmalla tasolla kartoittaa kunkin työvaiheen todelliset kehityskohteet. Tässä tutkimuksessa tietomallien hyödyntämisellä saavutettavia etuja esiteltiin varsin yleispiirteisellä tasolla kohdistamatta niitä yksittäisiin työmenetelmiin. Riskienhallintatutkimuksen kaltaisen selvityksen tarve perustuu aiheen uutuusarvoon. Referenssimateriaalin hyödyntäminen on erittäin ongelmallista, ellei jopa mahdotonta, ja riskit saattavat olla toteutuessaan erittäin merkittäviä.

Monessa yhteydessä mainitut pilottiprojektit oli havaittu muun muassa haastattelututkimuksen yhteydessä erittäin tehokkaaksi keinoksi testata uusia menetelmiä. Tästä syystä myös tuotanto-organisaatiolle järjestelmällisen pilottiprojektikonaisuuden määrittäminen tuottaisi todennäköisesti hyvän tuloksen. Pilottiprojekteiksi olisi syytä määrittää omien, sisäisten, kohteiden lisäksi myös esimerkiksi InfraFINBIM-hankkeen yhteydessä toteutettavia hankkeita. Kokemusten jakaminen tätä kautta koko toimialalla edistää tietomallien käyttöönottovaihetta.

Yhteistyökumppaneiden ja alihankkijoiden kanssa tuotanto-organisaatioiden olisi syytä aloittaa pitkäjänteinen toiminta tietomallien – ja mahdollisesti myös lean-tuotantoideologian – käyttöönottamiseksi. Toimialan matala teknologinen taso johdaneekin osittain myös alihankkijoiden matalasta teknologian hyödyntämisasteesta kehitysinvestointien puutteesta. Erityinen riski liittyykin kaikkeen toimintaan, jossa ei aiemmin ole käytetty korkeaa teknologiaa. Näitä osa-alueita tulisi tuotanto-organisaatioissa kehittää myös määrätietoisesti.

Alkusysäyksen on kuitenkin lähdeävä strategisesta päätöksestä. Kaikki edellä mainitut ovat ehdotuksia tuotanto-organisaatiolle sillä oletuksella, että se haluaa toimia alan keihäänkärjessä uuden teknologian hyödyntämisessä ja tuottavuuden kehittämisessä sekä näin laaja-alaisen osaamistason avulla saavuttaa markkinoilla kilpailuetua. Strategisen päätöksen yhteydessä päätettävät rahoitus, aikataulut, tavoitteet sekä muut aiheet määrittävät kaiken sitä seuraavan. Lopulta tuotanto-organisaation suhtautumisessa

tietomalleihin on siis kyse kilpailustrategian valinnasta sekä yrityksen tahtotilasta säilyttää tai saavuttaa markkinaosuuksia Suomen inframarkkinoilla.

6.6 Työn onnistuminen

Maininnanarvoisia onnistumisia saavutettiin erityisesti haastatteluvastausten perusteella. Muun muassa tietomalleihin siirtymisen aikatauluarvion osalta saatiin alan oma käsitys hyvin selville. Tietomallien tuotanto-organisaatiolle tuomien hyötyjen erittelystä saatiin riittävän laaja-alainen sekä hyötyjen yhdistäminen lean-tuotantoideologiaan onnistui johdonmukaisesti. Jatkotoimenpiteiden osalta luotiin selkeät suuntaviivat, joita voidaan käyttää pohjana organisaatioiden kehittämisessä.

Parannettavaa jäi selkeästi haastattelututkimuksen vastausaktiivisuuteen, jota olisi voitu parantaa vieläkin laajemmalla otannalla. Matalan vastausmäärän vuoksi erityisesti tilaajien näkemys jäi turhankin yksipuoleiseksi. Myös erikoispohjarakentamisen käsittelyn mahdottomuus omana kokonaisuutenaan oli lievä pettymys. Kirjallisuustutkimusten ja kehitysprojektien painottuminen muihin menetelmiin estivät käsittelyn selkeää suuntaamista erikoispohjarakentamisen työmenetelmiin. Syynä lienevät pääosin koko alan murrosvaiheen problematiikka sekä erikoispohjarakentamisen verrattain pieni osuus koko infrarakentamisen sektorista. Kaikesta huolimatta case-tutkimuksen avulla voitiin osoittaa syvästabiloinnin olevan näistä huolimatta selkeästi yksi edistyneimmistä infrarakentamisen menetelmistä. Syvästabiloinnin kehittämisestä saatuja oppeja sekä kehitystarpeita voidaankin monella tavalla yleistää myös muihin työvaiheisiin.

LÄHTEET

- [1] Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. 2006. pp. 395-408.
- [2] Junnonen, J-M. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. 2009. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 102 s.
- [3] Bazjanac, V. Crawley, D. The implementation of industry foundation classes in simulation tools for the building industry. [viitattu: 15.6.2012]. Saatavissa: <http://gaia.lbl.gov/btech/papers/40681.pdf>.
- [4] InfraBIM. Peruskäsitteet. Rakennustietosäätiö. [viitattu: 8.6.2012]. Saatavissa: <http://www.rts.fi/infrabim/peruskasitteet.htm>.
- [5] Serén, K. 2010. InfraTM sanasto. Helsinki, Eurostep Oy. [viitattu: 28.2.2012] 54 s. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM_Sanasto.pdf.
- [6] Liker, Jeffrey K. Toyotan tapaan. 2. painos. 2011. Jyväskylä. Bookwell Oy. 323 s.
- [7] Yli-Villamo, H. Infra-alan on tehostettava liiketoimintaprosessejaan. RIL InfraBIM seminaari. Esitysmateriaali. 25.5.2010.
- [8] Rakennuslehti. Näkökulma. Timo Saarenketo. [viitattu: 2.5.2012]. Saatavissa: http://www.rakennuslehti.fi/blog/viewentry/?entry_id=276.
- [9] Infrayritysten työtavat ovat vanhanaikaisia. Tekniikka ja talous. 2012. [viitattu: 25.5.2012]. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/quotinfrayritysten+tyotavat+ovat+vanhanaikaisi+aquot/a808672>.
- [10] Tilastotietokannat. Tilastokeskus. [viitattu: 26.5.2012]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/tup/tilastotietokannat/index.html>.
- [11] Haastattelututkimus. 2012. Lauri Häkkinen.
- [12] Sacks, R. Dave, B. Koskela, L. Owen, R. Analysis framework for the interaction between Lean Construction and building information modelling. Proceedings for the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 14 p.
- [13] Mäkelä, H. InfraTM hanke ja InfraBIM kehitystyö. Innogeo Oy. RIL InfraBIM seminaari. Esitysmateriaali. 25.5.2010.
- [14] Cheng, J. & Wang, H. Application and Popularizing of BIM Technology in

Project Management. School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University. Jiaozuo. China. 2010

[15] InfraBIM. Tutkimus- ja kehityshankkeet. Rakennustietosäätiö. [viitattu: 8.6.2012]. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/tutkimus_ja_kehityshankkeet.htm.

[16] InfraTM-hanke lyhyesti. Rakennustietosäätiö. [viitattu: 15.5.2012]. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/infra_tm_hanke_lyhyesti.htm.

[17] Laatonen, K. Infra FINBIM - Nordic Building Smart. Nordic Workshop. Esitysmateriaali. 30.10.2011.

[18] RYM Oy. Tiikerinloikka tuotemallilla. 2011. [viitattu: 8.6.2012]. Saatavissa: <http://www.rym.fi/attachements/2011-04-20T12-19-0342.pdf>.

[19] VTT. InfraModel. 2004. [viitattu: 11.6.2012]. Saatavissa: <http://cic.vtt.fi/projects/inframodel/public.html>.

[20] Tekes. InfraModel2. 2006. [viitattu: 11.6.2012]. Saatavissa: <http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/>

[21] Ruwanpura, J. Hewage, K, Silva, L. Evolution of the i-Booth onsite information management kiosk. Automation in Construction. 21. 2012. pp. 52-63.

[22] Serén, K. Infra FINBIM - Nordic Building Smart. Nordic Workshop. Helsinki Report. 2011.

[23] Penttilä, H. Helsinki University of Technology HUT, Department of Architecture. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. Finland. 2006. pp. 395-408.

[24] BIM's Return on Investment. Autodesk. 2007

[25] Tiehallinto. Tienpidon hankintastrategia 2010. 2006. Helsinki. 56 s. [viitattu: 8.6.2012]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/1000121-v-06-hankintastrategia.pdf>.

[26] Matinmikko, T. Möttönen, V. Tolman, A. Tulla, K. Siira, E. Törmänen, V. Vähä, P. Mobiili-ICT kiinteistö- ja rakennusalalla. 2009. VTT. Research notes 2463.64 s.

[27] Tirkkonen, T. Liikennevirasto. "Actions by a Public Owner". Nordic Workshop. Esitysmateriaali. 30.11.2011.

- [28] Strafaci, A. What does BIM mean for civil engineers. CE News, Transportation. 2008. 4 p.
- [29] Associated General Contractors of America. Contractors Guide to BIM. Edition 1. 48 p.
- [30] Sacks, R. Koskela, L. Dave, B. Owen, R. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. Journal of construction engineering and management. 2010. pp. 968–680.
- [31] Sattineni, A. Real-Time Management in a BIM Model with RFID and Wireless Tags. Auburn University. pp. 67–75.
- [32] InfraBIM. Hyödyt infra-alalle. Rakennustietosäätiö. [viitattu: 8.6.2012]. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/hyodyt_infra_alalle.htm.
- [33] Brucker, B. Case, M. East, E. Huston, B. Nachtigall, S. Shockley, J. Spangler, S. Wilson, J. A Road Map for Implementation To Support MILCON Transformation and Civil Works Projects within the U.S. Army Corps of Engineers. 2006. U.S. Army Corps of Engineers. Washington, DC. 88 p.
- [34] National BIMReport 2012. NBS. [viitattu: 8.6.2012]. Saatavissa: <http://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2012/02/nbs-nationalbimreport12.pdf>.
- [35] Bilal, S. University of Newcastle. Automation in Construction. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction 18. 2009. Australia. pp. 357–375.
- [36] OnSite. Bentley. [viitattu: 7.6.2012]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/fi-FI/Products/Bentley+OnSite/>
- [37] Civil Construction. Vianova. [viitattu: 7.6.2012]. Saatavissa: <http://www.vianova.fi/Toimialat/Rakentaminen/Novapoint-Civil-Construction#.T8iMAnhWZhw>
- [38] Civil Engineering. Tekla. [viitattu: 7.6.2012]. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/solutions/infrastructure-energy/civil-engineering/Pages/Default.aspx>.
- [39] Davenport, S. Campbell-Hunt, C. Solomon, J. The dynamics of technology strategy: an exploratory study. R&D Management 33, 5. 2003. 19 p.

- [40] Guo, W. Technology Roadmapping as a New Tool of Knowledge Management. 2010. Chinese Control and Decision Conference. College of Business Administration, Capital University of Economics and Business, Beijing.
- [41] Porter, M. Competitive strategy. 1980. New York.
- [42] Sacks, R. Koskela, L. Dave, B. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. 2010. pp. 968–980
- [43] What is Lean Construction. Howell, G. 1999. University of California. USA. Proceedings IGLC-7. 10 p.
- [44] Lean Construction Institute. 2012. [viitattu: 20.5.2012]. Saatavissa: <http://www.leanconstruction.org/whatis.htm>.
- [45] Howell, G. Ballard, G. Proceedings IGLC. 1998. Implementing Lean Construction: Understanding and action. 9 p.
- [46] Mills, A. A Systematic Approach to risk management for construction. Structural Survey. Volume 19, Number 5. 2001. pp. 245-252
- [47] Artto, K. Martinsuo, M. Kujala, J. Projektiliiketoiminta. 2006. WSOY, Helsinki. 420 s.
- [48] Azhar, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering. pp. 241-252. 2011.
- [49] Ormio, Olli. 2012. Rakennusinsinööri (AMK), työmaainsinööri, Lemminkäinen Infra Oy. Espoo. 7.5.2012.
- [50] Perttula, Tiina. 2012. Diplomi-insinööri, tietomallinnuksen kehittämispäällikkö, Liikennevirasto. Puhelinkeskustelu. 14.6.2012.
- [51] Kaurila, Matti. Rakennusinsinööri, Geotekniikkapäällikkö, Espoon kaupunki. 21.6.2012. Sähköpostitse.
- [52] Rakennustieto. InfraRYL. [viitattu: 5.6.2012]. Saatavissa: <http://www.rakennustieto.fi/infraryl/>.
- [53] Rakennustieto. InfraRYL Net. <https://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/ryl/infrarylnet.html>.

LIITTEET

Liite 1: Haastattelulomake 1 s.

KYSYMYKSET

1. Mitä rakennusalan osapuolta edustatte (tilaaja, suunnittelija, urakoitsija, jne.)?
2. Millä tasolla käsityksenne mukaan tietomallintaminen on infrarakentamisen tuotannossa:
 - a) tällä hetkellä
 - b) kahden (2) vuoden kuluttua
 - c) viiden (5) vuoden kuluttua?
3. Millaisia valmiuksia tietomalleihin liittyen infra-alan tuotanto-organisaatioilla tulisi olla ja milloin?
4. Mitä etuja tuotanto-organisaatioille on tietomallinnuksesta?
5. Mitä tietomallinnusta koskevia vaatimuksia *pohjarakentamisen* toteutusvaiheeseen tulee kohdistumaan ja milloin?
6. *Minkälaisia ohjelmistoja on saatavilla pohjarakennustyömaan tietomallipohjaiseen tuotannonohjaukseen?*
7. *Voiko tällä hetkellä saatavissa olevilla ohjelmilla suorittaa pohjarakennushankkeen (esim. ankkuroitu teräsponttiseinä) loppudokumentoinnin tietomallipohjaisesti?*

Kysymykset 6. ja 7. vain ohjelmistotoimittajille.