



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JUUSO-ANTTI SIMPANEN
RAKENNUKSEN TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN JA KÄYTÖN
KEHITTÄMINEN RAKENNUSTUOTANNOSSA

Diplomityö

Tarkastaja:
yliopistonlehtori Rainer Breite
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
26. maaliskuuta 2018

TIIVISTELMÄ

SIMPANEN, JUUSO-ANTTI: Rakennuksen tietomallin hyödyntäminen ja käytön kehittäminen rakennustuotannossa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 87 sivua, 3 liitesivua

Kesäkuu 2018

Johtamisen ja tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotalous

Tarkastaja: yliopistonlehtori Rainer Breite

Avainsanat: tietomalli, BIM, tuotannonohjaus, Lean, Last Planner

Tutkimuksen pääongelmana oli rakennuksen tietomallin hyödyntäminen ja käytön kehittäminen Hartela-yhtiöiden rakennustuotannossa, johon sisältyvät olennaisesti sisäiset prosessit, kuten hankekehitys, laskenta, hankinta ja tuotanto. Tutkimuksen pääongelmaan vastattiin seuraavilla tutkimuskysymyksillä: mitkä ovat tietomallipohjaisen toimintatavan edellyttämät vaatimukset, jotta tietomalleja pystytään hyödyntämään rakennustuotannon päivittäisissä toimissa; miten tietomallien käyttö tukee rakennustuotantoa sekä mitä tietomallipohjainen toimintatapa vaatii kehittyäkseen rakennusyhtiössä. Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa Hartela-yhtiöiden nykyistä tietomallien käytön tilaa rakennustuotannossa sekä selvittää mihin tietomalleja yhtiössä voitaisiin hyödyntää. Lisäksi selvitettiin TYKS T3-sairaalan tilaajaosapuolen tietomalliymmärrystä ja käytön tasoa.

Diplomityö rakentuu kirjallisuustutkimuksesta, kahdesta haastattelututkimuksesta sekä Hartelan yhtiöille tehdystä kyselytutkimuksesta. Kirjallisuustutkimuksessa tarkastelun kohteena oli mallintamalla suunnittelu ja sitä kautta tietomallin kehittyminen rakennusprosessin aikana, tietomallin hyödyntäminen rakennuskonsernin sisäisissä prosesseissa ja rakentamisen tuotannonohjauksessa sekä tietomallien käyttöönotto rakennusyhtiöissä.

Tilajalle esitettyjen haastattelukysymyksien avulla kartoitettiin tietomallin käyttöönottoon laukaisevia tekijöitä, tilaajan vaatimuksia ja päätavoitteita tietomallin käytölle. Hartela Länsi-Suomi Oy:n tuotanto-organisaatiolle esitetyillä kysymyksillä pyrittiin kartoittamaan, miten tietomalleja on hyödynnetty tuotannon päivittäisissä toimissa, mitä esteitä tietomallin käytölle työmaalla on ilmennyt sekä mitä toimenpiteitä Hartela-yhtiöissä tarvitaan, jotta tietomalleja pystytään laajemmin ja tehokkaammin hyödyntämään rakennustuotannossa.

Tutkimuksen keskeisimpien tulosten mukaan tietomalleista saatavan avun potentiaali yrityksen kaikissa sisäisissä prosesseissa on suuri. Tietomalleja käytetään jo osittain Hartela-yhtiöissä, mutta niiden käyttö on irrallista sekä puutteellista yhdenmukaisuuden osalta. Hartela tarvitsee ohjeistuksen tietomallipohjaisen toimintatavan edellytyksistä ja tietomallien käyttöönottoon tarvittavista toimista sekä suunnittelijoille annettavat tietomallivaatimukset. Lisäksi on järjestettävä koulutuksia ja hankittava oikeanlaiset laitteet ja ohjelmistot niitä tarvitseville. Nämä ovat tekijöitä, joiden kuntoon laittaminen lisääisi tietomalleista saatavaa hyötyä eri prosesseissa; tämä edellyttää tietomallipohjaisen toimintatavan sulauttamista osaksi toiminnanohjausjärjestelmää.

ABSTRACT

SIMPANEN, JUUSO-ANTTI: Utilising and developing building information modeling in construction production

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 87 pages, 3 Appendix pages

June 2018

Master's Degree Programme in Management and Information Technology

Major: Industrial Engineering and Management

Examiner: University lecturer Rainer Breite

Keywords: Building Information Modeling, BIM, Production Management, Lean, Last Planner

The main problems investigated in this thesis were the utilisation of building information models (BIMs) and the development of BIM use in building production at Hartela Group, a Finnish construction company. Building production includes internal processes such as project development, computing, acquisition and production. The research questions used in the thesis were the following: what are the standards required by a BIM-based mode of operation so that BIMs can be utilised in the daily activities of building production; how is building production supported by the use of BIMs; and what does a BIM-based mode of operation require in order for it to develop within a construction company. The aim of this thesis was to investigate current utilisation of BIMs in building production at Hartela Group and how BIMs could be further utilised within the company. In addition, the client's understanding and level of utilisation of BIMs in the construction project of hospital T3 at Turku University Hospital (TYKS) was explored.

The thesis is based on a literature review, two interviews and a survey conducted for the companies of Hartela Group. The literature review concentrated on planning of building projects using BIMs and thereby the development of these models during building processes, utilisation of BIMs in internal processes and production management within a construction company, and introduction of BIMs into a construction company.

The client interview questions explored factors which lead to the introduction of a BIM and the expectations and aims of the client regarding BIM use. By interviewing the production organisation of Hartela Länsi-Suomi Oy, the aim was to investigate how BIMs have been utilised in daily production activities, what barriers might have occurred to the use of BIMs at a construction site, and what actions are needed at Hartela Group so that BIMs could be utilised more widely and efficiently in building production.

The main conclusion of this thesis is that BIMs have a significant potential in assisting in all internal processes of a construction company. Results from the interviews and the survey show that BIMs are already partly being used at Hartela Group, but their use is scattered and there is a lack of consistency. Hartela Group needs guidance on the prerequisites for a BIM-based mode of operation and the necessary actions preceding the introduction of BIMs, as well as guidance on model requirements for BIM designers. Moreover, there is a need for additional training, and appropriate equipment and software must be supplied. Acting on these factors would increase the benefits derived from BIMs in various construction processes. This requires the inclusion of a BIM-based mode of operation into enterprise resource planning.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty opinnäytteeksi Johtamisen ja tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkintoon Tampereen teknillisen yliopiston Talouden ja rakentamisen tiedekunnalle. Tutkimuksen toimeksiantaja on Hartela Länsi-Suomi Oy.

Työtä ovat ohjanneet tekniikan tohtori Rainer Breite Tampereen teknillisestä yliopistosta sekä hankekehitysjohtaja Miika Tuominen Hartela Länsi-Suomi Oy:stä. Työn tarkastajana toimi tekniikan tohtori Rainer Breite.

Kiitän työni ohjaajia rakentavasta palautteesta, kaikkia haastatteluihin osallistuneita henkilöitä sekä kaikkia Hartela-konsernissa työskenteleviä, jotka vastasivat kyselytutkimukseen antaen diplomityölleni ja Hartela-konsernille arvokasta tietoa tietomalleihin liittyen.

Erityisen lämpimästi kiitän vaimoani ja kahta pientä tytärtämme, jotka ovat olleet tuke-
massa ja ymmärtämässä matkaani kohti diplomitutkintoa. Kiitokset tuesta kuuluvat myös siskolleni, vanhemmilleni ja appivanhemmilleni.

Maskussa, 18.5.2018

Juuso-Antti Simpanen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja aiheen rajausta.....	3
1.3	Tutkimusongelma ja tutkimusmenetelmät	4
2.	TIETOMALLINTAMINEN RAKENNUSPROSESSISSA	6
2.1	Suunnittelu mallintamalla	6
2.1.1	Tietomallin tason määrittäminen ja tietomalliohjeet	9
2.1.2	Tietomallin käyttöönottoon ohjaavat tekijät ja päätöksenteko YTV 2012 näkökulmasta	10
2.1.3	Tietomallin luomisprosessi YTV 2012 mukaan	13
2.2	Tietomallin hyödyntäminen rakennusyrityksen sisäisissä prosesseissa	16
2.2.1	Hankekehitys	16
2.2.2	Laskenta.....	17
2.2.3	Hankinta	21
2.2.4	Tuotanto.....	23
2.2.5	Käytönaikainen hyödyntäminen	25
2.3	Tietomalli päätöksenteon tukena tuotannossa.....	26
2.3.1	Lean-periaatteet rakennustuotannossa	28
2.3.2	Perinteisen tehtäväsuunnittelun ongelmat ja Last Planner-menetelmä	30
2.3.3	Aikataulun hallinta tietomallin kautta.....	34
2.3.4	Rakentamisen aikainen taloudenhallinta.....	37
2.3.5	Rakentamisen aikainen laadunvalvonta	38
2.3.6	Rakentamisen aikainen riskienhallinta.....	39
2.3.7	Työturvallisuus	40
2.3.8	Mobiililaitteiden hyödyntäminen työmaalla.....	42
2.4	Tietomallin käyttöönotto rakennusyrityksessä.....	43
2.4.1	Organisaatio, asenteet ja osapuolien valmiudet.....	45
2.4.2	Tietomallin implementointi toiminnanohjausjärjestelmään	45
3.	AINEISTO JA MENETELMÄT	48
3.1	Virtual Design and Construction	48
3.2	Toimintaympäristön kuvaus.....	49
3.3	Haastattelututkimuksen kuvaus.....	51
3.4	Kyselytutkimuksen kuvaus	52
3.5	Empiirisen tutkimusympäristön kuvaus.....	53
4.	TULOKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI.....	55
4.1	Haastattelujen tulokset.....	55
4.2	Kyselytutkimuksen tulokset.....	58
4.3	Haastattelujen, kyselytutkimuksen ja kirjallisuustutkimuksen vertailu.....	67
4.4	Case TYKS T3- sairaalan tulosten tarkastelu	73

5.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	78
5.1	Tutkimustulosten arviointi	78
5.2	Johtopäätökset tutkimuksesta.....	79
5.3	Jatkotutkimusaiheita	80
	LÄHTEET	81

LIITTEET:

LIITE A: Tuomo Lehtisal on haastattelu 20.4.2018.

LIITE B: Ypsilon-koulun työmaaorganisaation haastattelu 3.5.2018.

LIITE C: Kyselytutkimus Hartela-konsernille 24.4.-3.5.2018.

LYHENTEET JA MERKINNÄT

BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli. Building Information Modeling. Rakennuksen tietomallintaminen.
COBIM	Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittämisshanke.
ERP	Enterprise Resource Planning. Toiminnanohjausjärjestelmä.
IFC	Industrial Foundation Classes. Avoin tiedonsiirtomuoto, jolla malleja voidaan siirtää ohjelmasta toiseen.
KVR-hanke	Kokonaisvastuurakentamishanke. Sopimusmalli, jossa rakennusyritys ottaa vastuun kaikista rakentamisen vaiheista.
TTP	Viikkosuunnitelman seuraamiseen tarkoitettu viikoittainen tehtävien toteumaprosentti.
VDC	Virtual Design and Construction.
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa rakennuksen tietomallintaminen eli Building Information Modeling (BIM) on viimeisen viidentoista vuoden aikana murtautunut talonrakennusalalle ja nykyään monissa rakennusyrietyksissä suunnittelu tilataankin jo mallintamalla. Rakennustietosäätöön ja buildingSMART Finlandin vuonna 2013 tekemän kyselyn mukaan (Rakennustieto 2013) tietomallintamista käytti työssään 65 prosenttia yli 400 vastaajasta.

Tietomallintamisen etenemistä ovat vauhdittaneet Suomessa Tekes-rahoitteinen ProIT-ohjelma vuosina 2002-2005 sekä SHOK:n (strategisen huippuosaamisen keskittymä) tutkimusohjelma PRE (Built Environment Process RE-engineering) vuosina 2010-2013. Kehitysaskelaita on nopeuttanut myös Yleisten tietomallivaatimusten julkaiseminen vuonna 2012 (YTV2012). Vaatimukset ja näihin liittyvät ohjeistukset sisältävät toimintatavat talonrakennusalalla, joita käytetään hankkeissa aina tarveselvityksestä ylläpitoon asti. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.8.)

Tietomallipohjaiset ohjelmistosovellukset, tiedonsiirtomenetelmät sekä tietomallinnukseen liittyvät ohjeistukset kehittävät nopealla tahdilla tietomallinnusta Suomessa (Rakennustieto 2018). Rakennustiedon ja buildingSMART Finlandin vuonna 2013 (Rakennustieto 2013) teettämän kyselyn mukaan yhdeksi suurimmaksi esteeksi tietomallintamisen käytön laajenemiselle vastaajat kokivat kuitenkin tietomallintamisen ulottumattomuuden koko rakentamisen prosessiin aina tontin hankinnasta rakennuksen käyttöönottoon asti. Rakennuksen tietomallia voidaankin käsitellä koko rakennuksen elinkaarena aina hankekehityksestä rakennuksen käyttöönottoon ja ylläpitoon asti.

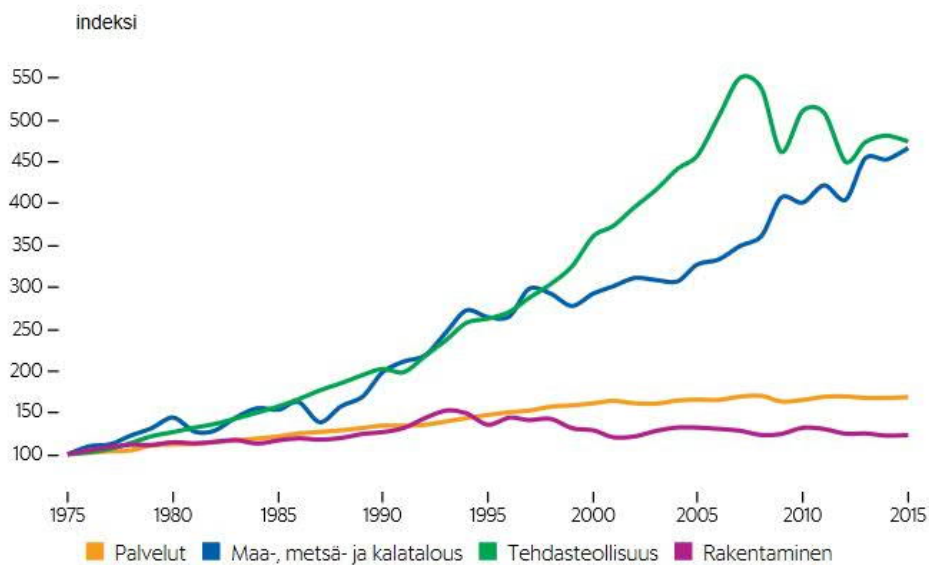
Digitalisaatio toimii veturina rakennusalan ja koko Suomen tuottavuuden ja kilpailukyvyn merkittävälle parantumiselle. Lisäksi se tuo lisäarvoa rakennetun ympäristön käyttäjille, omistajille ja toteuttajille. Ympäristön odotukset luovat rakennusyrietyksille muutospainetta, kuten esimerkiksi tilaajien vaatimukset tietomallintamisen täysipainoisesta hyödyntämisestä rakennushankkeen vaiheissa esisuunnittelusta aina ylläpitoon asti. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.85.) Laamanen & Tinnilä (2009, s.29) ovat todenneet, että kannattavuuden ylläpitämiseksi yrityksen tulee pystyä kehittämään tuottavuuttaan pitkällä aikavälillä pysyäkseen mukana yritysten välisessä kilpailussa. Yrityksen suorituskyky muodostuu useista osatekijöistä, muun muassa vaikuttavuudesta, laadusta, tuottavuudesta, tehokkuudesta, työelämän laadusta, kannattavuudesta ja innovatiivisuudesta. Aineettoman

pääoman painoarvo eli tiedon ja osaamisen merkitys kasvaa koko ajan ja perinteisen rahapääoman painoarvo tuotannontekijänä ja kilpailukyvyn lähteenä vähenee (Laamanen & Tinnilä 2009, s.29).

Rakennusalan työn tuottavuuden indeksi vuonna 2015 oli tilastokeskuksen mukaan 112,8, jota on kuvassa 1.1 verrattu muihin toimialoihin (Tilastokeskus 2018).

Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain

Työn tuottavuuden indeksi 1975=100



Lähde: Tilastokeskus

Kuva 1.1 Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain (kuva: Tilastokeskus 2018).

Tuottavuuskehitys on rakennusosalalla ollut pitkään huono ja syyksi on esitetty muun muassa alan konservatiivisuutta, tilaajien riittämättömiä vaatimuksia, osurakoitsijoiden riskikkäisiä etuja, osaamattomuutta, vuorovaikutustaitoja ja hankinta- ja hinnoittelumalleja sekä välinpitämättömyyttä. Rakentamisen alalla on kuitenkin potentiaalia tuottavuuden kasvulle, mutta se edellyttää jatkuvan uudistumisen ja kehittämismyönteisen ilmapiirin kulttuuria (Tekniikkatalous 2017). Digitalisaation ja Lean -taustaisen virtaukseen perustuvan tuotantosysteemin odotetaan tuovan kauan kaivattua tuottavuuden nousua alalle. Esimerkiksi BIM- ja Lean-ajattelulla on paljon yhteisiä tavoitteita, kuten virheiden eliminointi, ajankäytön tehostaminen, kustannussäästöt ja asiakastytyväisyyden lisääminen. (Jävjä & Lehtoviita 2016, s.28.)

Diplomityön tilaaja Hartela Länsi Suomi Oy kokee tarpeellisena kartoittaa tietomallintamisen nykytilaa konsernissa ja sen kehittämisestä saatavia hyötyjä etenkin rakennustuotannossa. Rakentamisen tuotantovaihe on kuitenkin rakennushankkeen prosessin viimeisiä vaiheita ennen käyttöönottoa, joten myös muita rakennusyrityksen prosesseja tulee tarkastella tässä yhteydessä tietomallintamisen näkökulmasta. Kuten Grönroos & Ståhle (1999, s.37-39) ovat todenneet, hyvän liikeidean omaavat yritykset eivät voi tuudittautua hyvään liikeideaan perustuvan kilpailukykyä säilymiseen, vaan niiden on jatkuvasti pystyttävä vastaamaan muuttuvan ympäristön tarpeisiin.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja aiheen raja

Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa tietomallien luomia mahdollisuuksia rakennustuotannon päivittäisissä toiminnoissa. Tutkimuksessa kartoitetaan myös tilaajayrityksen tietoisuutta ja ymmärryksen tasoa tietomalleihin liittyen sekä tarkastellaan nykyistä tietomallien käytön tilaa rakennusyrityksen eri prosessien toiminnoissa.

Tutkimuksen lähtökohtana on, että rakennusyritykset saavat tietomallien sisältämästä informaatiosta konkreettista hyötyä sisäisiin prosesseihin, johon kuuluvat muun muassa hankekehitys, laskenta, hankinta ja tuotanto. Tämän tutkielman pääpaino on syventyä tietomallien hyödyntämiseen rakennustuotannossa johtuen työn tilaajayrityksen tarpeesta kehittää tietomallien käytön hyödyntämistä tuotannollisessa toiminnassaan.

Tuotannolla on merkittävä painoarvo projektin taloudellisessa onnistumisessa, joten tietomallien integroiminen päivittäiseen työmaatoimintaan muun muassa tehtävien ennakosuunnitteluun sekä aikataulujen ja kustannusten seurantaan on perusteltua. Muut rakennusyrityksen sisäiset prosessit liittyvät kuitenkin oleellisesti tuotannolliseen toimintaan, joten niitä ei ole perusteltua rajata pois tästä tutkielmasta. Sisäiset prosessit tukevat toisiaan, joten tietomallin sulauttamista toiminnanohjausjärjestelmään on myös aiheellista tutkia tässä yhteydessä.

Tutkimus on rajattu koskemaan rakennusyrityksen sisäisiä prosesseja tietomallipohjaisen toimintatavan näkökulmasta. Pääpaino on kuitenkin tietomallien käytön hyödyntämisessä rakennustuotannossa. Lisäksi tarkastellaan tietomallien käyttöönottoa rakennusyrityksessä. Tutkimuksessa sivuutetaan myös yleisesti tilaajan roolia sekä tietomallivaatimuksia, mutta niihin ei tutkimuksessa syvennyttä yksityiskohtaisemmin.

1.3 Tutkimusongelma ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen pääongelma on:

- Miten rakennuksen tietomallia voidaan hyödyntää ja kehittää rakennustuotannossa?

Pääongelmaan haetaan vastausta seuraavilla alakysymyksillä:

- Mitä vaatimuksia ja edellytyksiä on tietomallipohjaiselle toimintatavalle, jotta tietomalleja voidaan hyödyntää rakennustuotannossa?
- Miten tietomallien käyttö tukee rakennustuotantoa?
- Mitä tietomallipohjainen toimintatapa vaatii kehittyäkseen rakennusyhtiössä?

Tutkielma tehdään toimihenkilötasolla työskentelevän henkilön toimesta, joka itse työskentelee rakennustuotannossa. Työssä hyödynnetään kirjallisuutta, haastatteluja sekä kokemusperäistä tietoa. Kirjallisuustutkielmassa avataan tietomallinnusta yleisesti ja perehdytään tietomallinnuksen luomiin mahdollisuuksiin.

Ensimmäisessä vaiheessa kirjallisuudella tutkitaan vaatimuksia tietomallipohjaiselle toimintatavalle ja tietomallin luomia mahdollisuuksia rakennuskonsernin sisällä. Toisessa vaiheessa tarkastellaan tietomallin hyödyntämismahdollisuuksia rakennustuotannossa. Kolmannessa vaiheessa tutkitaan mitä tietomallipohjaisen toimintatapa vaatii kehittyäkseen rakennusyhtiönsä.

Tutkimus on kolmiosainen. Tutkimuksen empiirinen aineisto kerätään haastattelukysymyksien ja kyselytutkimuksen kautta sekä Case-työmaiden pohjalta. Haastattelun tarkoituksena on kerätä näkemyksiä tilaajaorganisaatiolta sekä rakennusyhtiön omilta työntekijöiltä. Samalla kartoitetaan heidän näkemyksiään tietomallin käytön tasosta ja mahdollisuuksista. Tietoisuus tietomallintamisesta sekä siihen liittyvä ymmärtämisen taso ovat riippuvaisia haastateltavien tehtävänkuvasta sekä yrityksen toimintatavoista, joissa haastateltavat työskentelevät.

Tutkimuksen toinen osa toteutetaan kyselytutkimuksena, joka suunnataan Hartela-konsernille. Tarkoituksena on kartoittaa tietomallintamisen ymmärrystä ja käytön tilaa yrityksessä. Tutkimuksen kolmas osa perustuu Case-työmaiden tuotantoympäristöihin, sekä tuotannosuunnitteluvaiheeseen että allianssihankeeseen tuotantovaiheeseen.

Tutkimus on kvalitatiivinen sisältäen haastattelut, kyselytutkimuksen, Case TYKS T3-sairaalan ja Case Yli-Maarian Ypsilon-koulun allianssihankeeseen kokemukset rakennustuotannosta. Tutkimuksessa verrataan kirjallisuutta haastatteluista, kyselytutkimuksesta sekä Case-kokemuksista saatavaan kokemusperäiseen tietoon. Kirjallisuuslähteiksi on valikoitunut sekä tieteellisiä artikkeleita, että aihetta käsittelevää kirjallisuutta. Tutkimuksessa on osittain hyödynnetty myös luotettavia verkkolähteitä. Tutkimusmenetelmä on

valikoitunut osittain tarvittavan tiedon perusteella. Tarkoituksena on kartoittaa tietomalliosaamista rakennuskonsernin sisällä, jolloin haastattelu ja kyselytutkimus ovat paras tapa kartoittaa kyseistä osaamista. Tulosten luotettavuudessa on osittain tulkinnanvaraa, sillä kyselyyn vastanneet ovat joukko henkilöitä, joilla on eri lähtökohdat tietomalleja kohtaan. Kyselytutkimukseen vastanneiden joukossa on henkilöitä, jotka eivät ole tietoisia tietomalleista ja henkilöitä, jotka käyttävät tietomalleja päivittäin. Lisäksi kysymykset on asetettu siten, että ne osittain ohjaavat vastaajia antamaan tietynlaisia vastauksia. Näin ollen vastauksia tulee tarkastella osittain kriittisestä näkökulmasta verrattaessa niitä kirjallisuuteen.

Tutkimuksen Case-työmaat ovat valikoituneet tietomallipohjaisen toimintatavan perusteella. TYKS T3- sairaalan tietomallisuunnitelmat kestävät valtakunnallisen tason vertailun. Tähän on vaikuttanut osaltaan hankkeen perustusvaiheen viivästyminen, jolloin suunnittelijat ovat saaneet tietomallien laadintaan vuoden ylimääräistä suunnittelu-aikaa. Yli-Maarian Ypsilon-koulun allianssihankeessa oli oma tietomallikoordinaattori, joka vei tietomallipohjaista toteuttamistapaa eteenpäin. Allianssihankeessa tietomalleja on hyödynnetty erityisesti työmaavaiheessa.

Allianssihankeeseen tarkoituksena on sitouttaa eri osapuolet paremmin projektiin lisäämällä vuoropuhelua ja parantamalla työmaiden ilmapiiriä. Tätä kautta pyritään hakemaan työn tuottavuuden kasvua. Allianssimallissa suunnittelija, urakoitsija ja tilaaja solmivat alussa yhteisen sopimuksen, joka sitouttaa kaikkia osapuolia. Ristikkäisedut häviävät, kun hankemallissa voitot ja tappiot jaetaan. (Rakennuslehti 2017.)

2. TIETOMALLINTAMINEN RAKENNUSPROSESSISSA

2.1 Suunnittelu mallintamalla

Rakennuksen tietomalli eli Building Information Model (BIM) voidaan nähdä koko rakennuksen elinkaarena, joka käsittää hankkeen kaikki prosessit hankekehityksestä aina rakennuksen käytön ylläpitoon asti. Rakennushanke sisältää eri vaiheita ja hankkeen aikana tarvittavat mallit voidaan jaotella näiden vaiheiden mukaan muun muassa lähtötieto- ja vaatimusmalleihin, suunnittelumalleihin, tuotantomalleihin sekä ylläpitomalleihin. Rakennuksen tietomallin taso kehittyy hankkeen aikana palvelemaan jokaista vaihetta parhaalla mahdollisella tavalla.

Tässä kappaleessa 2.1 ja sen alakappaleissa kuvataan mallintamalla suunnittelun vaiheita sekä siihen liittyvää tietomallin tason määrittämistä, käyttöönottoa, päätöksentekoa ja tietomallin luomisprosessia *Yleisten tietomallivaatimusten 2012 (YTV2012)* avulla. Tueksi on otettu myös muita lähteitä. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* on laajapohjaisen kehittämishankkeen, COBIM, tulos. Julkaisusarjan lähtökohtana ovat olleet tilaajaorganisaatioiden aikaisemmat ohjeet ja niistä saadut käyttökokemukset sekä ohjeitten kirjoittajien seikkaperäinen kokemus mallipohjaisesta toiminnasta. Ohjeissa kuvataan projekteissa noudatettavia tietomallinnusta koskevia perusasioita, vaatimuksia ja käsitteitä. (Rakennustieto 2018.)

Käsitteenä rakennuksen tietomalli korvataan rakennuksen tietomallinnus- tai rakennuksen tietomallintaminen- käsitteellä eli Building Information Modeling (Kainulainen et al. 2015). Rakennuksen tietomallinnus voidaan kuvata prosessina, joka pitää sisällään digitaalisen esityksen luomista, tuottamista, hallintaa ja käyttöä rakennuksen fyysisten ja toiminnallisten ominaisuuksien perusteella (Kacprzyk & Kepa 2014). Tiedon jakaminen on mahdollista yhteisesti sovitulla tavoilla, sillä tietomallia voidaan pitää rakennuksen ominaisuuksien toiminnallisena ja aineellisena kuvauksena digitaalisessa muodossa (YTV2012, täydentävä liite, osa 4, 2016).

Yleisten tietomallivaatimusten mukaan (YTV2012) tietomallinnus voidaan ymmärtää myös rakennuksella, johon on lisätty informaatiota suunnittelusovelluksella. Palo-, lämpö-, ääni- ja materiaalitekniset ominaisuudet voidaan liittää rakennusosien tietokantaan. Mallinnettuja tietoja voidaan käyttää hyväksi suunnittelussa, analysoinnissa ja rakentamisen hallinnassa. Lisäksi pystytään seuraamaan käytön ja ylläpidon kustannuksia sekä arvioimaan rakennuksen rakennettavuutta. Tietomallipohjainen suunnittelu toimii

tavoitteenmukaisuuden ohjauksessa ja perustana tärkeille päätöksille perinteistä suunnittelua paremmin. Projektien johtamisen näkökulmasta tämä on erityisen merkittävä asia. (YTV2012.)

Rakennuksen tietomallia ei ole syytä käsitellä irrallisena tekijänä rakennustuotannossa vaan sen tarkoituksena on toimia perinteisten suunnitelmien tukena ja havainnollistaa sekä mahdollisesti täydentää tasopiirustuksista saatavaa informaatiota. Rakennuksen tietomallia voidaan ajatella digitaalisena työkaluna, jonka hyödyntäminen rakennustuotannossa tulee kasvamaan seuraavina vuosina valtavasti. Tämä vaatii kuitenkin yrityksiltä oikeanlaista osaamista, ymmärrystä, asennoitumista sekä resursseja. Jäväjän ja Lehtoviidan (2016, s.10) mukaan tietomallintaminen ei ole itsetarkoitus, ja se tarvitsee rinnalleen edelleen perinteistä dokumentointia.

Suunnittelijoiden tuottamat kolmiulotteiset suunnittelumallit eli rakennusosa- ja järjestelmämallit muodostavat tietomallien ytimen. Suunnittelun edetessä niiden sisältö laajenee ja tarkkuustaso paranee. Vaadittavat suunnitelmat perustuvat näihin malleihin eli piirustuksien ja mallien välillä ei voi olla ristiriitaa. Suunnittelumalleista tuotetaan IFC-mallit, joiden perusteella luodaan yhdistelmämallit. Tällöin talotekniikan kaikki järjestelmäosat ja keskeisimmät rakennusosat saadaan yhteiseksi tietovarastoksi ympäristöön ja samaan näkymään. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.37.) IFC-tiedosto on lyhenne sanasta Industrial Foundation Classes ja tarkoittaa avointa tiedonsiirtomuotoa, jolla malleja voidaan siirtää ohjelmasta toiseen. IFC on ohjelmistoriippumaton tiedonsiirtomuoto rakentamisen ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä. IFC:tä kehittää IAI-järjestö (International Alliance for Interoperability), joka on kansainvälinen avoin yhteenliittymä. Järjestön tavoite on tarjota yhteinen perusta rakentamisen ja kiinteistönpidon prosessien kehittämiseksi ja erityisesti tiedon siirtoon sekä tiedon yhteiskäyttöön läpi rakennusprosessin. (Nisinen et al. 2007, s.37.) IFC on talonrakennusalalla avoimessa tiedonsiirrossa käytettävä standardi, joka määrittelee yhteisten tietomallien kuvaustavan tietomalliohjelmistojen välillä (Jäväjä & Lehtoviita 2016).

Rakennuksen tietomallista käytetään myös nimitystä tuotemalli, joka voidaan nähdä rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaariaikaisten tuotetietojen kokonaisuutena (Karstila 2004, s.10). BIM-käsite on syrjäyttänyt tuotemallin, koska se vastaa paremmin kansainvälistä käsitettä (Teittinen 2009, s.5). Tuotemallipohjainen suunnitteluprosessi eroaa nykyisestä suunnittelukäytännöstä monin tavoin. Seuraavassa listauksessa (Niemi et al. 2006, s.9) on avattu keskeisiä muutoksia nykyiseen suunnittelukäytäntöön verrattuna:

- Kaikki rakennushankkeen tehtävämäärittelyt ja suunnittelutavoitteet sovitaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tuotemallipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Suunnitteluryhmän kesken sovitaan lähtötietojen käsittely ja tehtävät projekti- ja yksityiskohtaisesti, jotta malli on mahdollista tuottaa mahdollisimman tehokkaasti hankkeen alusta alkaen ja on hyödynnettävissä myöhemmin.

- Mallintamisen hyötyjen saavuttamiseksi sekä vaihtoehto- ja ennakkotarkastelujen tekemiseksi, tuotemallipohjaisessa hankkeessa suunnittelun painopiste siirtyy enemmän hankkeen alkuvaiheisiin.
- Ennen mallintamista sovitaan suunnittelijakohtaisesti mallintamisen tarkkuus suunnittelun eri vaiheissa. Tilaaja ja suunnittelija sopivat yhdessä mallisuunnittelun lisätehtävistä, kustannuksista sekä mallin hyödyntämisestä ja käytöstä.
- Hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa tuotemallintaminen on lukuisat vaihtoehtotarkastelut huomioon ottaen mahdollisimman kevyttä. Kuitenkin, mallista vaadittavat tietotarpeet kuten visualisointi, simulointi, toiminnalliset tarkastelut, kustannusvertailut, rakennettavuus ja elinkaarikustannukset täytyy huomioida tässä vaiheessa.
- Toteutus- ja tuotantosuunnitteluvaiheessa mallintavan suunnittelun alkuvaihe ottaa enemmän aikaa, koska kaikki toteutuksen vaatimat tiedot syötetään malliin. Tulosteiden ottaminen valmiista mallista on kuitenkin nopeampaa perinteiseen tapaan verrattuna. Suunnitteluryhmän välinen tiedonsiirto nopeutuu ja tätä kautta syntyvät aikasäästöt perinteisiin suunnittelumenetelmiin verrattuna. Tähän vaikuttaa osaltaan vaiheistuksien lyheneminen ja tehostuminen sekä rutiinien automatisoituminen.
- Mallista saadaan alusta alkaen irti kaikki hyöty, kun rakennesuunnittelija otetaan mukaan hankkeeseen nykyistä aikaisemmassa vaiheessa. Vastaavalla rakennesuunnittelijalla on paremmat edellytykset laatia koko rakenteesta staattinen malli kaikkine oleellisine rakennusosineen, liitoksineen ja kuormituksineen, kun käytetään tuotemallia. Mikäli erillisellä sopimuksella sovitaan, kyseistä mallia voidaan hyödyntää sekä lähtötietona että referenssinä, jos rakennesuunnittelu on jaettu eri osapuolille. Malli toimii myös hyväksyttämisineistona esimerkiksi mahdollisessa suunnittelun erillistarkastustoiminnassa.
- Kaikkien suunnittelualojen (ARK, RAK, LVIS) tulisi aloittaa mallintaminen samaan aikaan, jotta mallintavasta suunnittelusta saatavat edut tulevat esille.

Yleinen käsitys on, että tietomallia hyödyntävissä hankkeissa tietomallien oletetaan parantavan eri osapuolien välistä yhteistyötä. Kuten aikaisemmin todettiin, Industrial Foundation Classes mahdollistaa eri suunnittelualojen tiedon yhdistämisen. Organisaatioiden välisessä tietomallien käytössä on kuitenkin havaittu lukuisia esteitä, jotka voivat olla joko teknisistä tai organisatorisista asioista johtuvia. Organisaatioiden välisellä käytöllä voidaan ymmärtää joko yhteisten BIM-tiedostojen käyttöä tai informaation vaihtoa ja jakamista. Esimerkiksi arkkitehdin luoma BIM-malli on käytössä eri tavoin tilojen ylläpitäjällä, kustannuslaskijalla, talotekniikkaurakoitsijoilla ja pääurakoitsijalla. (Fox & Hietanen 2007.) Tietoihin pitäisi kuitenkin päästä käsiksi silloin kun sitä tarvitaan, ja tämä haittaa osaltaan tietomallien oman organisaation rajat ylittävää yhteiskäyttöä. Tietomallien yhteiskäyttö voi rajoittua myös eri toimijatahojen välisiin rajapintoihin.

Neff et al. (2009) vertailivat digitaalisten ja perinteisten menetelmien käyttöä ja havaitsivat, että tieto joka on välitetty digitaalisesti, on joiltain osin rajatumpaa kuin perinteinen

tieto, jonka lajeiksi voidaan käsittää kuuluvan esimerkiksi tekstit, äänet, kuvat ja numeerinen data. Käytettäessä digitaalisia tieto-objekteja, tekijöiden kokemus sekä hiljainen tieto ja taito ei välittynyt samalla tavalla kuin käytettäessä perinteistä eli ei-digitaalista tietoa. Tähän perustuen, ammattialojen tai hankkeiden eri toimijatahojen välisiä rajoja voidaan siis jopa negatiivisessa kuvassa vahvistaa tietomallintamisella (Kerosuo et al. 2017, s.12).

2.1.1 Tietomallin tason määrittäminen ja tietomalliohjeet

Tietomallin käyttötarkoitus määrittelee mallilta vaaditut tietosisällöt sekä tarkkuustasot, ja ne ovat suurimmillaan toteutusvaiheessa, jolloin suunnitelmamallit päivitetään vastaamaan rakennusta ja rakennusosia. Suunnittelun alkuvaiheessa vaadittu yksityiskohtaisuuden ja tarkkuuden taso on yleensä pienempi kuin toteutusvaiheessa. Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) ja niitä täydentävät liitteet määrittelevät suunnittelumalleilta vaadittavat tietosisällöt ja tarkkuustasot hankkeen eri vaiheissa sekä antavat perussäännöt tietomallipohjaisen hankkeen läpiviennille. Yleiset tietomallivaatimukset ottavat kantaa siihen, miten tietomallipohjaisessa hankkeessa toimitaan ja miten malleja käytetään. Vaatimukset on kuitenkin määriteltävä aina erikseen yksityisissä hankkeissa.

Tietomallin tason määrittäminen lähtee tilaajan aloitteesta. Tilaajan tulee vaatia tietomallipohjaista toimintatapaa kaikilta rakennushankkeen osapuolilta. Tietomallipohjaisen hankkeen onnistuminen on kiinni tietomallinnukselle asetettavista tavoitteista sekä käyttötarkoituksista ja siksi tilaajan tietomalliosaaminen ja -ymmärtäminen on avainasemassa tässä kontekstissa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.25.)

Suunnittelijoille täytyy antaa tietomalliohjeet siten, että niiden tietosisältö vastaa rakennustuotannon tarpeita hankkeen eri vaiheissa. Suunnittelijoille on esitettävä tarvittava tietosisältö ja haluttu esitystapa. Tietomalleista saadaan rakennushankkeessa eniten hyötyjä toteutettaessa hanke alusta loppuun tietomallipohjaisena eli niin sanottuna tietomallihankkeena. Tämän toteuttamisessa on huomioitava monia asioita: Tilaajan toimesta on tehtävä tietoinen päätös rakennushankkeen läpiviemisestä tietomallipohjaisesti mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Myös tietomallikoordinoinnista on sovittava varhaisessa vaiheessa, jotta varmistetaan tietomallipohjaisen työskentelytavan sujuminen laadukkaasti koko hankkeen ajan. Tilaaja nimeää hankkeeseen oman tietomallikoordinaattorin, joka yhdessä tilaajan kanssa asettaa tietomallintamisen tavoitteet hankkeelle. Näiden tavoitteiden pohjalta laaditaan tietomallintamissuunnitelma koko hankkeen kestolle. (Moi-sio 2011; Parkkinen 2013.) Hankkeen eri vaiheissa vaadittuja tietomalleja käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.1.3.

Tilaajan näkökulmasta tietomallikoordinaattori on siis vastuussa tietomallinnuksen käytön laajuuden kuvaamisesta sekä tietomallinnustavoitteiden ja -päämäärien asettamisesta. Tehtävänkuvaan sisältyy myös selonteko hankkeen osapuolille tietomallinnustehtävistä,

vastuista ja velvollisuuksista sekä yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa ohjeistamista tietomallinnustehtävissä, koordinoinnissa ja ohjauksessa koko hankkeen ajan (Kerosuo et al. 2017, s.12). Tietomallintamisen *suunnittelualakohtaisen vastuuhenkilön* päätehtävänä on toimia yrityksen yhdyshenkilönä tietomallintamiseen liittyvissä asioissa, joka sisältää suunnittelualan tietomallinnustehtävien koordinointia, suunnittelualan laadunvarmistusta ja suunnittelumallien yhteensopivuuksien tarkastamista yrityksen sisällä (YTV2012, s.7).

Rakennusyhtiön toimiessa tilaajana esimerkiksi kokonaisvastuurakentamishankkeessa (KVR-hanke), tietomallikoordinaattorina voi toimia organisaation oma koulutettu työntekijä tai vaihtoehtoisesti koordinaattorin palveluita voidaan ostaa yhtiön ulkopuolelta. Tietomallikoordinaattori osallistuu tietomallipohjaisen suunnittelun käynnistämiseen sekä hankkeenaikaiseen suunnittelunohjaukseen tietomallin sisällön ja pelisääntöjen noudattamisen valvojana. Suunnittelun käynnistämävaiheessa tietomallikoordinaattori järjestää tietomallipohjaisen suunnittelun aloituspalaverin, jonka tarkoituksena on määrittää projektin aikaiset käytännöt ja aikataulut yhdistelmämallin päivittämiseksi. Tietomallintamisen aloituspalaverissa sovitaan seuraavia asioita: (YTV2012, osa11).

- Käytettävät mallit ja niiden käyttökohteet
- Mallintamisen vastuuhenkilöt, tietomallikoordinaattori ja tukihenkilöt
- Käytettävät ohjelmistoversiot, tietomallinnusohjeet sekä aloituspohjat
- Suunnittelu-aikataulu ja aikataulun päivitystahti
- Käytännöt mallin julkaisemiseen ja päivitykseen
- Käytännöt mallin laadunvarmistuksen
- Mallinnustarkkuudet ja -toleranssit
- Käytettävä koordinaatisto ja korkeusasema, kohdistusobjektien käyttö
- Tietomalliselostuksen sisältö ja käyttö

2.1.2 Tietomallin käyttöönottoon ohjaavat tekijät ja päätöksenteko YTV 2012 näkökulmasta

Tietomallista saatavat hyödyt ja mahdollisuudet omalle toiminnalle ja muille osapuolille sekä koko rakennushankkeelle on ymmärrettävä ennen kuin lähdetään tietomallipohjaiseen hankkeeseen. Hankkeen kulku ja prosessi poikkeavat totutusta, joten siirtyminen tietomallin hyödyntämiseen vaatii uusien toimintatapojen omaksumista kaikilta hankkeeseen osallistujilta. (Nissinen et al. 2007, s.22-23.)

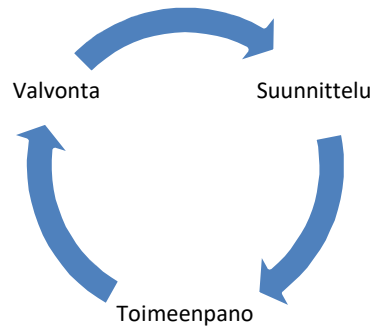
Yhden lähestymistavan mukaan tietomallin käyttöönottoon ohjaavat ydintekijät voidaan löytää klassisesta projektikolmiosta, jonka muodostavat kustannukset, aikataulut sekä laadulliset tekijät. Onnistuneen projektin tunnusmerkkinä voidaan pitää taloudellisesti kannattavaa, aikataulussa päätökseen vietyä laadukasta tuotetta tai palvelua. Näiden ydintekijöiden saavuttamista täytyy pitää avainasemassa, kun tehdään päätöstä tietomallin käyttöönotosta.

Tietomallin huonosti tunnistettavat mahdollisuudet tai laaja ymmärryksen puute tietomallien käytön hyödyistä voivat johtaa kielteiseen päätöksentekoon. Päätöksenteossa saattaa usein olla mukana myös johtotason henkilöitä, joiden tietomalliymmärrys ei välttämättä ole riittävällä tasolla päätöksenteon kannalta. Jäväjä ja Lehtoviita (2016, s.25) ovatkin todenneet, että myös yritysjohdolta edellytetään ymmärrystä ja sitoutumista tietomallien käyttöön ja käyttöönottoon. Tämä on perusteltua, sillä Yleisten tietomallivaatimusten (YTV2012, osa 1, s.2.) mukaan tilaajan näkökulmasta tietomalleja voidaan hyödyntää muun muassa investointipäätöksien tukena vertailemalla ratkaisujen laajuutta, toimivuutta ja kustannuksia. Tietomallit mahdollistavat myös vertailun ympäristö-, energia- ja elinkaarianalyysiratkaisujen suunnittelussa ja ylläpidossa tavoiteseurantaa varten. Mallit myös havainnollistavat suunnitelmia ja auttavat rakennettavuuden analysoimisessa sekä laadunvarmistuksessa, tiedonsiirron parantamisessa ja suunnitteluprosessin tehostamisessa. Lisäksi tietomallista hyötyvät niin rakennuksen loppukäyttäjät kuin kunnossapitoorganisaatiotkin.

Tietomallinnukselle täytyy asettaa päätavoitteet, jotka saattavat auttaa päätöksenteossa mallin käyttämisessä. Yleisten tietomallivaatimuksien (YTV2012, osa 11, s.2) mukaan yleiset mallinnukselle asetettavat tavoitteet ovat esimerkiksi:

- tuki hankkeen päätöksentekoprosesseissa
- mallin avulla sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin
- suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen
- auttaa suunnittelualoja ja suunnitelmien yhteensovittamisessa
- rakennusprosessin ja lopputuotteen laadun nostaminen ja varmistaminen
- rakentamisaikaisien prosessien tehostaminen
- turvallisuuden parantaminen rakentamisen ja elinkaaren aikana
- hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysien tukeminen
- hankkeen tietojen siirtämisen tukeminen käytönaikaiseen tiedonhallintaan.

Tietomallipohjaiseen hankkeeseen ryhtyminen edellyttää sopimusjohtamista ja sen hallitsemista. Tavoitteena on projektinjohdon rakennushankkeen organisointi ja työn ohjaaminen sopimusten kautta. Hankkeen prosessi jaetaan kolmeen osaan, joita ovat suunnittelu, toimeenpano ja valvonta. Kuvassa 2.1 on esitetty tietomallipohjaisen projektin johtaminen.



Kuva 2.1 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen (YTV2012, osa 11, s.3).

Tietomallintamistehtävien ja -menettelyjen ennakkosuunnittelu on edellytys onnistuneelle tietomallihankkeen johtamiselle ja koordinoinnille. Suunnitellut tehtävät ja menettelyt siirretään toteutukseen osapuolia sitovien sopimusten perusteella. Määritetyt tehtävät ja laaditut suunnitelmat ohjaavat tehtävien toimeenpanoja ja organisointia. Hankkeen edetessä seurataan ja valvotaan tehtävien suoritusta. (YTV2012, osa 11, s.3.)

Tietomallinnussuunnitelma kuvaa tietomallinnustavoitteita, yhteistyötä ja laadunvarmistusmenettelyt. Myös hankkeen eri vaiheissa vaaditut mallinnustehtävät ja niiden tietosisältö kuvataan tässä suunnitelmassa. Sopimusasiakirja määrittelee tämän tietomallinnussuunnitelman ja sitä tulee päivittää hankkeen aikana. Kokemattomuus tietomallintamiseen liittyvästä prosessista lisää tietomallintavan suunnittelutavan projektinhallinnallisia riskejä. (YTV2012, osa 11, s.3.)

Suunnittelun valmisteluvaiheessa laaditaan suunnitteluohjelma, jossa konkretisoidaan tietomallintamisen käytön tavoitteet yhdessä tietomallinnussuunnitelman kanssa sekä varmistetaan tietomallintamisen aikataulu- ja tietotekniset edellytykset. Mallien käytöstä ja tietosisältövaatimuksista saadaan osapuolia sitovia, kun suunnittelutarjouspyynnöt liitetään suunnittelusopimukseen. (YTV2012, osa 11, s.3.)

Suunnittelunohjauksella varmistetaan tietomallintamista koskevien asioiden yhteistyö, seurataan toimeenpanoa tehtäväkohtaisesti, päivitetään tietomallinnussuunnitelmaa ja toteutetaan laadunvarmistustoimenpiteitä (YTV2012, osa 11, s.3). Laadunvarmistustoimenpiteillä tarkoitetaan tässä yhteydessä suunnitelmien tietoteknisen laadun varmistamista.

mista ja mallien törmäystarkastelua (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.51). Rakentamisen toteutuksessa hyödynnettävän suunnitelma-aineiston sisältö varmistetaan valmisteluvaiheessa. Sopimusasiakirjoista täytyy käydä ilmi rakentamisaikaiset mallien käytön vaatimukset sekä kuvataan menettelytavat muutosten viemiseksi malliin. (YTV2012, osa 11, s.3.)

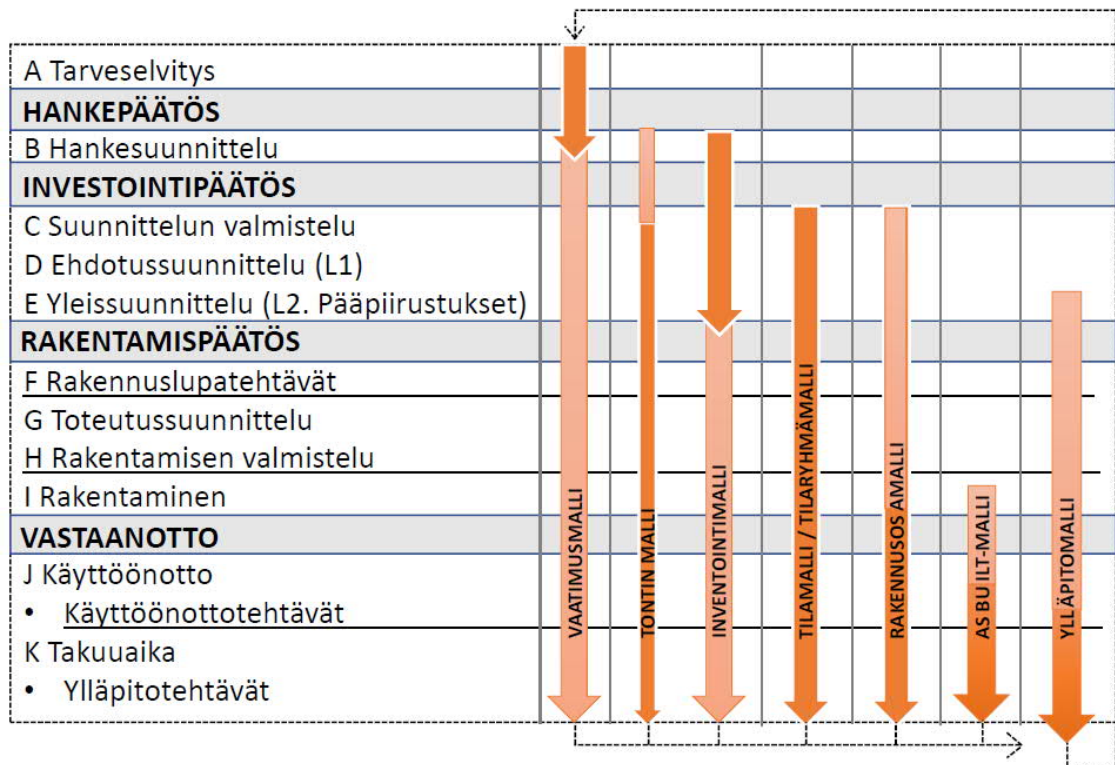
2.1.3 Tietomallin luomisprosessi YTV 2012 mukaan

Tietomalli rakentuu ja sen sisältämä tieto kasvaa hankkeen edetessä. Tähän kappaleeseen on otettu tueksi *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* kuvaamaan hankkeen eri vaiheissa käytettäviä tietomallityyppejä.

Rakennushanke sisältää seuraavat vaiheet: tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto. Tarveselvitys rakentuu hankkeen tarpeellisuuden, edellytyksien ja toteuttamismahdollisuuksien arvioista. Tarveselvityksen pohjalta tehdään *hankesuunnittelupäätös*. Hankesuunnitteluvaihe ottaa kantaa hankkeen toteuttamismahdollisuuksiin ja toteutusvaihtoehtoihin. Näiden arvioiden pohjalta laaditaan hankesuunnitelma, joka kertoo laajuus- ja laatuavoitteet. Nämä tavoitteet määrittelevät hankkeen kustannustason ja aikataulun. Junnoson & Kankaisen (2001, s.20) mukaan hankesuunnittelun tarkoituksena on selvittää ja arvioida rakennushankkeen perusteet sekä niiden edellyttämät toteuttamismahdollisuudet yksityiskohtaisesti. Hankesuunnitelma toimii perustana *investointipäätökselle* (Arkit-Rakennushankkeen vaiheet 2018).

Rakennussuunnittelu jaetaan kahteen vaiheeseen, luonnos- ja toteutussuunnitteluun. Luonnossuunnitteluvaiheessa määritellään kohteen suunnitteluratkaisut, tekniset järjestelmät sekä toteutustapa. Näiden pohjalta tehdään luonnossuunnitelmien hyväksymispäätös. Toteutussuunnitteluvaihe määrittelee urakointitavan, laadittavat hankinta-asiakirjat ja hankintapiirustukset sekä valmistelee hankinnat. Tätä vaihetta seuraa *rakentamispäätös* ja urakkasopimuksien solmiminen. Alkaa rakentamisvaihe, jossa rakennetaan suunniteltu kohde. Rakennuksen *vastaanottopäätös* päättää rakentamisvaiheen. Rakennuksen toiminta käynnistetään *käyttöönottovaiheessa*, jossa todetaan rakennuksen käyttövalmiudet seurantatoimenpitein. Takuutarkastus ja takuiden vapauttaminen päättävät rakennushankkeen. (Arkit-Rakennushankkeen vaiheet 2018.)

Kuten aikaisemmin mainittiin, rakennushankkeen aikaiset mallit voidaan jaotella seuraavasti: lähtötieto- ja vaatimusmallit, suunnittelumallit, tuotantomallit sekä ylläpitomallit. Yleiset tietomallivaatimukset määrittelevät rakennushankkeen eri vaiheissa käytettävät tietomallit. Näiden mallien lisäksi tuotantovaiheessa voidaan käyttää hyväksi muita malleja. Kuvassa 2.2 on esitetty YTV2012 mukainen talonrakennushankkeen tietomallirakenne. Mallien luominen etenee rinnakkain hankkeen eri vaiheissa. Tummennetut alueet kuvaavat mallin käytön ja luomisen ajoitusta.



Kuva 2.2 Talonrakennushankkeen tietomallirakenne (YTV2012, osa 3, s.6).

Tarveselvitysvaihe on kiinteistön omistajan ja tulevan käyttäjän tarpeiden ja tavoitteiden kartoittamista varten, joten tietomallilla ei yleensä tässä vaiheessa ole vielä geometriamuotoa. Tilaaja määrittelee *vaatimusmallissa* hankkeelle asetetut vaatimukset sähköiseen tilaohjelmaan, joka voi olla tässä vaiheessa esimerkiksi taulukkomuodossa. Taulukkoa voidaan käyttää tilavaatimusten tarkistamiseen ja se helpottaa tilaohjelman hallintaa suunnitteluprosessin aikana. Tilaohjelma sisältää pinta-alat ja erityisvaatimukset tila- tai tilaryhmäkohtaisesti. Vaatimusmallissa esitetään rakennusta tai sen osia koskevia tavoitteita, kuten esimerkiksi ääneneristystä, talotekniikkaa tai kalusteita. Muutettaessa vaatimuksia, tulee muutokset kirjata vaatimusdokumentaatioon ja versiot arkistoidaan samalla tavalla kuin suunnitelmamallit. (YTV2012, osa 1, s.5-6.)

Tontin malli tulee hankkeeseen mukaan suunnittelun valmistelussa ja se sisältää tontin rajat, korkeusasemat sekä tarvittavat liittymät ympäristöön ja teknisiin järjestelmiin. Tontin mallinnus voidaan teettää toimeksiantona tai rakennuspaikasta riippuen sen voi saada kunnan rekisteristä. Tontin käytön suunnittelu ja rakennuksen tai rakennuksien sijainti tontilla helpottuu tontin mallin kautta, joka on vähintään kolmiulotteinen pintamalli. *Inventointimalli* toimii korjausrakentamishankkeiden pohjana, sillä se sisältää olemassa olevien rakennusten mallinnukset. (YTV2012, osa 1, s.7, 11.)

Tilan tunniste ja käyttötarkoitus on kytketty tilaobjekteihin, jotka muodostavat *tilamallin*. Tilaobjektilla tarkoitetaan kolmiulotteista tilaosaa, joka rajautuu tilan seiniin, kattoon ja lattiaan. Tilamallin geometriasta saadaan rakennusosien määräluettelot, tilaluettelot suunnittelua varten, laajuustietoja, tilaryhmien jaottelut ja hyötysuhteet, energialuokkatavoitteet ja simulointiaineistoa, visualisointiaineistoa, massoittelu sekä sijainti tontilla. Tilaaja, alustava tilaohjelma, energialuokkatavoitteet, rakennesuunnittelu ja ulkovaipan rakenteiden U-arvot toimivat tilamallin lähtötietoina. (YTV2012, osa 3, s.9). Tilaryhmämallia voidaan pitää tilamallin erikoistapauksena, jossa tilaryhmät on esitetty tilaobjekteina. Rakennusmassat esitetään erikseen määritetyllä tarkkuudella, ryhmiteltynä käyttötarkoituksen mukaisesti. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.20.)

Suunnittelun edetessä tilamallista muokkautuu *rakennusosamalli*, joka on suunnittelun ja hankkeen tiedonhallinnan keskeinen osa. Rakennusosamalli koostuu objekteista, jotka sisältävät geometria- ja ominaisuustiedot. *Yleissuunnitteluvaiheessa* rakennusosamallista voidaan jättää pois esimerkiksi pintojen materiaalitiedot, ikkunoiden ja ovien tyyppitiedot sekä heloitustunnukset, hoitotasot, kulkurakenteet ja huoltoluukut. Mallin komponentin saa mallintaa liittymämitoilla, mutta rakennusosien karkeat tyyppimäärittelyt täytyy olla tehtynä. Seinätyypit täytyy kuitenkin erottaa toisistaan. *Toteutus suunnitteluvaiheessa* rakennusosamallissa rakenneosat esitetään rakennusselostuksen mukaisin todellisin tyyppitiedoin. Rakennusosamallin lopullinen versio tehdään urakkalaskenta- tai työpiirustusvaiheessa. (YTV2012, osa 3, s.10.) Suunnittelualoittain tarkasteltuna, arkkitehdin rakennusosamalli sisältää tilat ja rakennusosat. Rakennesuunnittelijan rakennusosamallissa on kantavat rakenteet, oleelliset rakennetekniset osat ja eristeet sekä erikseen sovittavat keskeiset ei-kantavat rakennusosat. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.20.)

Tuotantomalli ei näy kuvassa 2.2 esitetyssä tietomallirakenteessa, mutta sen tarkoitus on palvella tuotannonohjausta rakentamisvaiheessa. Tuotantomalli on mallikokonaisuus, johon on huomioitu urakoitsijan tarpeet työmaatoimintojen näkökulmasta. Tuotantomalliin sisällytetään suunnittelualojen tietomallit rakennuksesta (yhdistelmämallit), työmaan aluemalli, mallinnettu putoamissuojasuunnitelma ja muut käytettävissä olevat mallit (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.20). Yleisten tietomallivaatimusten mukaan useimmat urakoitsijoiden käyttämät tietomallien hyödyntämistavat liittyvät tuotannon organisointiin, joille ei ole tilaajan puolesta asetettu vaatimuksia täsmällisesti. Esimerkiksi tilaaja saattaa urakkasopimuksessa edellyttää rakentamisaikataulun laatimista, mutta sen täsmällinen si-

sältö ja muotoa jää usein määrittelemättä. (YTV2012, s.4.) Tämä on tuotannon näkökulmasta erittäin ongelmallista, koska tuotanto-organisaatio tulee suunnitteluun mukaan yleensä vasta toteutussuunnitteluvaiheessa. Tietomallien hyödyntäminen tuotannossa saadaan toimimaan, jos tuotanto-organisaation laatimat lähtötiedot ja vaatimukset huomioidaan tietomallipohjaisessa hankkeessa jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa suunnittelua.

Toteumamalli on arkkitehdin päivittämä rakennusosamalli, joka vastaa lopullista toteutusta (as-built). Toteumamalli toimii pohjana tilahallinnolle, kiinteistön ylläpidolle ja käytönaikaisille muutoksille. Tietosisältövaatimukset ovat samat rakennusosamallin kanssa. (YTV2012, osa 3, s.13.)

Ylläpitomallin lähtötietoina ovat tehdyt suunnitelmat sekä toteutunut rakennus. Sitä voidaan käyttää hyväksi huoltokirjan osana esimerkiksi kiinteistöhuollon tai vuokrattavien neliöiden hallintatyökaluna. Rakentamista palvellut malli saattaa olla liian kompleksiksi sisältöltään, joten uusien simuloitien kautta saadaan paremmin tilojen hallintaa palveleva yksinkertaistettu malli. (YTV2012, osa 3, s.13.)

2.2 Tietomallin hyödyntäminen rakennusyrityksen sisäisissä prosesseissa

2.2.1 Hankekehitys

Hankekehitysvaiheessa muodostuvia tietomalleja ovat muun muassa vaatimusmallit, tilamallit ja lähtötietomallit. Näiden mallien muodostamisessa voidaan nykyään hyödyntää esimerkiksi kaupunkimallin sisältämää tietoa rakennusten ulottuvuuksista ja ulkonäöstä sekä niihin liittyvistä tiedoista. Esimerkiksi rakennuksen sisällä olevista asioista voidaan saada tietoa, kuten löytyykö sieltä hissi, minä vuonna se on rakennettu ja mistä materiaalista se on tehty. Kaupunkimalleissa saattaa olla myös tietoa erilaista infrastruktuuriin liittyvistä asioista. Sähköverkon tiedot, vesijohtojen sijainnit, tele- ja tiedonsiirtoverkkojen ominaisuudet sekä katuihin ja puistoihin liittyvät tiedot voivat olla hyödynnettävissä kaupunkimallista hankekehitysvaihetta ajatellen. (Suomen paikkatietoklusteri 2017.)

Kaupunkimallista voidaan saada tilaluetteloita, neliöpohjaista kustannuslaskentatietoa, maaperän tietoja, pinnan muotoja, myyntilukuja, neliöhintoja ja tapauskohtaisesti erilaisia reunaehtoja. Tulevaisuudessa muun muassa alueellisten tulotasotietojen hyödyntäminen saattaa olla mahdollista hankekehitysvaiheen mallien muodostamisessa. Datan keräämisessä voidaan hyödyntää esimerkiksi Dronen ilmakehuvauskopteria, joka tallentaa videokuvaakin lintuperspektiivistä.

Kaupunkimallien ja hankekehitysmallien yhteydessä voidaan puhua Decision Support Systemistä (DSS), joka toimii päätöksenteon tukijärjestelmänä. DSS voidaan kuvata ylei-

sellä tasolla malleihin pohjautuvaksi menettelytapojen kokonaisuudeksi. Nämä kokonaisuudet auttavat johtajaa päätöksentekotilanteissa hänen prosessoidessaan tieto- ja arviointiaineistoja. Esimerkiksi hankekehitysjohtaja tai toimitusjohtaja saattaa saada näistä kokonaisuuksista apua liittyen hankkeeseen tehtäviin päätöksiin.

Decision Support System rakentuu neljästä komponentista, joita ovat aineistohallinta (data management), mallinnus (model management), viestintä (communication subsystem) ja tietämyksen hallinta (knowledge management). Aineistohallinnalla viitataan tietokantoihin ja niiden käyttöä tukeviin ohjelmiin. Mallinuksella tarkoitetaan ohjelmistopakettia, joka sisältää kvantitatiivisia rahoitus-, tilasto- ynnä muita malleja, ja jotka tarjoavat erilaisia analyysivälineitä käyttäjälle. Viestinnän avulla käyttäjä voi kommunikoida järjestelmän kanssa ja antaa sille käskyjä. Tietämyksen hallinta on valinnainen alajärjestelmä, joka voi olla muiden alajärjestelmien tukena tai toimia itsenäisenä komponenttina. (Anttiroiko & Kallio 1999, s.24.)

2.2.2 Laskenta

Perinteisesti määrälaskenta tehdään laskemalla määrät paperidokumentista tai sähköisestä suunnitteludokumentista. Tällöin määrälaskijan työsuoritus ja järjestelmällisyys ovat suoraan verrannollisia laskennan lopputuloksen tarkkuuteen. Lisäksi perinteisen dokumenttipohjaisen suunnittelutiedon hyödyntäminen on melko haastavaa määrä- ja kustannuslaskennassa, koska suunnittelutieto on hajallaan eri dokumenteissa. (Teittinen 2009, s.4.) Perinteisesti laskentaosasto muodostaa kustannusarvion L1-luonnossuunnitteluvaiheessa rakennuksen käyttötarkoituksen ja mittojen perusteella, jolloin rakennetyyppejä ei vielä erotella. Käytettävissä oleva määrätieto ja sen kautta myös kustannustieto ovat karkealla tasolla. Hankkeen hinta- ja aikarajamääräet ovat kuitenkin saatavissa näiden suunnittelutietojen avulla. (Jongeling 2006, s.19.)

Tietomallipohjaisessa hankkeessa rakennetyyppivaihtoehdot ovat alusta asti saatavilla ja muokattavissa. Tarvittavat rakennetyyppitiedot kustannusarvion muodostamista varten saadaan aina sitä mukaa, kun tietomalli täydentyy. (Diakhate 2011, s.17.) *Tietomallipohjainen määrälaskenta* on tehokkaampaa perinteiseen tapaan verrattuna, koska se antaa enemmän mahdollisuuksia tutkia vaihtoehtoja, ja laskentakertoja voidaan toistaa useammin (YTV2012, osa 7).

Firan Group Oy:n kehitysjohtaja Otto Alhavan (Alhava 2012, s.12) mukaan tietomallipohjainen laskenta on vähintään neljä kertaa nopeampaa kuin perinteinen laskenta. Alhava painottaa vuorovaikutusta, jonka voi nähdä nopeuttakin tärkeämpänä laskennassa. Kuvassa 2.3 on havainnollistettu tietomallipohjaisen laskennan tehokkuutta. Alhavan näkemys on vuodelta 2012, joten voidaan olettaa, että tekniikan ja ohjelmistojen kehittyessä nykypäivänä voidaan saavuttaa vieläkin suurempi tehokkuus perinteiseen laskentaan verrattuna.

	Mittaviivainlaskenta	Tietomallipohjainen laskenta
Kohteen layout uusiksi	10 tpv	1 tpv
Toistuva tarjous	20 tpv	5 tpv
KVR-vaihtoehtoratkaisu	5 tpv	1tpv
Suhtautuminen suunnitelmamuutoksiin	Laskija vastustaa muutoksien tekemistä	Laskija etsii parempaa ratkaisua asiakkaalle
Yhteistyö	Suunnittelija ja laskija eivät tee yhteistyötä	Laskija ja suunnittelija muodostavat tiimin

Kuva 2.3 Tietomallipohjaisen laskennan tehokkuus (kuva: Alhava 2012).

Suunnitteluvaiheen aikainen laskenta sisältää tunnuslukujen laskennan, tilapohjaisen laskennan, alustavan rakennusosalaskennan sekä tarkennetun rakennusosalaskennan. *Tunnuslukuihin perustuvassa laskennassa* mallista voidaan laskea perustunnuslukuja, kuten rakennuksen bruttoala, tilavuus ja julkisivun pinta-ala. Perustunnuslukujen laskenta edellyttää arkkitehtisuunnittelun tilamallia tai rakennusosamallia. Perustunnusluvut auttavat suunnitteluratkaisujen tehokkuuksien tutkimisessa. Tunnusluvut voidaan laskea myös rakennusosakohtaisesti, muun muassa runkorakenne- ja taloteknisistä järjestelmistä. (YTV2012, osa 7, s.4.)

Tilapohjaisessa laskennassa mallista lasketaan tilaohjelmaan kuuluvien ja tarvittaessa myös kuulumattomien tilojen pinta-alat laajuuslaskelmana tilatyypeittäin. Laajuus- ja tilaluettelot palvelevat tilaohjelman vertailussa, tavoitehinnan arvioimisessa ja asetannassa sekä suunnittelunohjauksessa. Tilapohjainen laskenta edellyttää arkkitehtisuunnittelun tilamallia. (YTV2012, osa 7, s.4-5.)

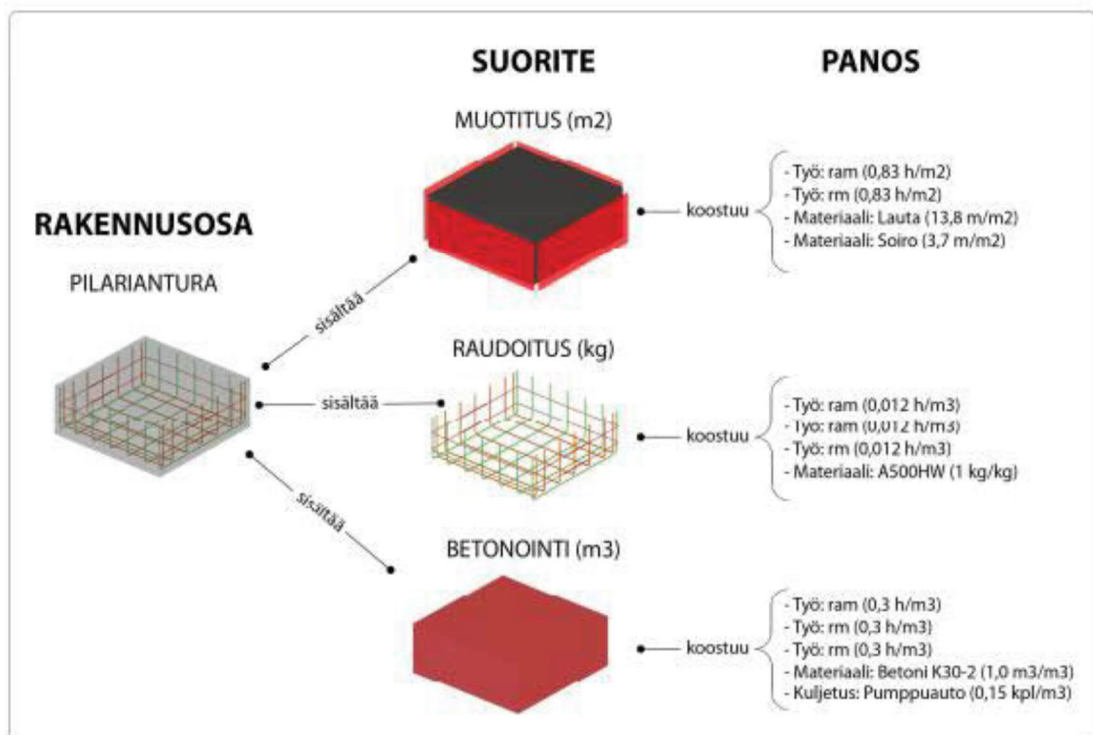
Rakennussuunnitteluvaiheessa rakennusosalaskentaa käytetään kustannuspuitteen tarkistusmenetelmänä, vertailulaskelmien laadinnassa sekä tarjouksen perustaksi tehtävän laskelman laatimisessa. Määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan rakennusosittain. (Enko-vaara et al. 2006.) *Alustavassa rakennusosalaskennassa* määriä lasketaan rakennus- ja

tekniikkaosien perusteella. Talotekniikan osalta voidaan laskea määriä keskusosista, kuten tulo- ja poistoilmakoneista ja rakennusosalaskennassa esimerkiksi kantavien seinien ja alapohjien osalta. Lasketuista määristä muodostuu tässä vaiheessa perinteinen rakennusosamääräluettelo, jota voidaan hyödyntää suunnittelun ohjaamiseen, määrämuutosten selvittämiseen, kustannusten arviointiin sekä alustavien tuotantoaikataulujen hahmottamiseen. Alustava rakennusosalaskenta vähimmäisedellytys on alustava rakennusosamalli, taloteknisen suunnittelun mallialueet sekä palvelukaaviot. (YTV2012, osa 7, s.5.) *Tarkennettu rakennusosalaskenta* syvenyy mallin sisältämiin rakennus- ja tekniikkaosiin. Mallista saatava tietosisältö on täydentynyt alustavasta rakennusosamallista rakennusosien, tuoterakenteiden ja talotekniikan järjestelmien osalta. Arkkitehdin mallissa rakennekerrokset täytyy olla eriteltynä ja rakennesuunnittelijan mallissa rakennetyypit yksilöitynä. Tarkennetussa rakennusosalaskennassa on yleensä käytössä arkkitehtisuunnittelun rakennusosamalli, rakennesuunnittelun yleissuunnitteluvaiheen tai hankintoja palveleva rakennemalli ja mahdollisesti talotekniikkasuunnittelun järjestelmämalli. (YTV2012, osa 7, s.5.)

Tarjous- ja rakentamisvaiheen aikainen laskenta sisältää suoritelaskennan ja laskennan sijainneittain. Enkovaara et al. (2006) mukaan tarjouslaskenta pitää sisällään tarjoushinnan määrittämisen. Tarjous perustuu kustannuslaskelmaan, joka voi perustua kuvauskyvyltään erilaisiin suunnitelmiin ja se voidaan tehdä eri karkeustason kustannuslaskentamenetelmin. *Suoritelaskennassa* käytettävissä ovat täydelliset tuoterakenteet eli arkkitehtisuunnittelun rakennusosamalli, taloteknisen suunnittelun järjestelmämalli ja rakennesuunnittelun hankintoja palveleva rakennemalli sekä toteutuslaskennan rakennemalli. Työsuoritteiden määrittämistä varten mallista lasketaan hanke- tai tuotantonimikkeistön mukaan rakennus- ja taloteknisten osien määrät. (YTV2012, osa 7, s.5.)

Sijainneittain toteutettava määrälaskenta hyödyntää joitain edellä mainituista menetelmistä ja määrät jäsennetään sijaintinsa mukaan. Sijainteja voivat olla muun muassa lohko, kerros, tila ja tilaryhmä. Mallilla on samat vaatimukset kuin rakennusosalaskennassa, mutta sijainnit täytyy olla mainittuna. Sijainneittain laskettavia määriä hyödynnetään hankinnoissa ja rakentamisen aikataulusuunnittelussa. (YTV2012, osa 7, s.5.)

Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta hyödyntää tuoterakennekirjastoja, jotka sisältävät tyyppirakenteiden tuoterakenteet eli rakennusosat. Rakennusyriyksellä voi olla myös omat tuoterakennekirjastot, joita suunnittelijat käyttävät mallintaessa. Tuoterakenteiden hallinta ja suunnittelun määrätiedot täytyy linkittää keskenään siihen soveltuvalla ohjelmistolla, esimerkiksi Tocoman BIMin avulla. Rakenteiden määrätietoja voidaan hakea tietomallista sekä rakennusosa- että suoritetasolle. Rakennusosa sisältää suoritteet, jotka koostuvat panoksista. Koko rakennusosan kustannukset muodostuvat panoksille määritettävistä hinnoista. Hinnoittelu tapahtuu esimerkiksi Tocoman Kustannuslaskentaohjelmalla. (Teittinen 2009, s.6.) Kuvassa 2.4 on esitetty tuoterakenteet tietomallista.



Kuva 2.4 Tuoterakenteet tietomallista (kuva: Teittinen 2009, s.6).

Tietomallipohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa voidaan tuottaa kolmella tavalla, riippuen määrätietoja käsiteltävistä ohjelmista. Alkuperäisen mallinnusohjelman oman työkalun avulla objektien määrät saadaan luetteloksi, johon määrät hinnoitellaan manuaalisesti. Toinen tapa on mallin määrätietojen siirtäminen erilliseen määrä- ja kustannuslaskentaohjelmaan, joka automaattisesti määrittää objektien ominaisuuksien mukaiset kustannukset määrineen. Viimeinen tapa on tuottaa määrät erillisellä määrälaskennan laajennusosalla tai ohjelmalla, josta tuoterakenteiden avulla määrätieto siirretään kustannuslaskentasovellukseen. (Eastman et al. 2011, s.275.)

Kuten aikaisemmin todettiin, tilaajan täytyy antaa suunnittelijoille tietomallia koskevat tietomallivaatimukset, jotka selvittävät sen, mitä mallilta halutaan. Määrälaskennan näkökulmasta tärkein vaatimus on johdonmukaisuus. Tietomalliselostuksessa täytyy olla kattavasti dokumentoituna, millä tasolla rakennus- ja tekniikkaosat tulee mallintaa. Jokaisen suunnittelualan mallinnusvaatimukset tulee kuvata yksilöllisesti ja lähtökohtaisesti eri suunnittelualat mallintavat samalle tarkkuustasolle koko rakennuksen. Tällöin voidaan arvioida yksiselitteisesti mallista saatavat määrätiedot suhteessa mallin tasoon. Määrälaskennan käytössä olevat mallit tulee aina tarkastaa ennen niiden käyttöä. Päällekkäisiä rakennusosia ei saa olla ja tarkastuksesta laaditaan raportti tietomalliselostuksen liitteeksi. Tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa päästään hyvään alkuun, kun tietomalli on tarkastettu johdonmukaisesti ja tarkasti siten, että jokainen rakennetyyppi on yksilöity omakseen. (YTV2012, osa 7, s.2-3.)

Mallipohjaiseen määrälaskentaan ja sitä kautta myös kustannuslaskentaan liittyy myös ongelmia. Eri suunnittelualojen malleissa on päällekkäisyyksiä, vaikka ne olisivat oikein toteutettu. Tämä vaatii päällekkäisyyksien tiedostamista ja päätöksentekoa siitä, mitä mallia käytetään määrälaskentaan. Niemioja et al. (2006) ovat todenneet, että mallinnuksen onnistumiselle tiedonsiirto on yksi suurimmista haasteista. Lisäksi toimijoiden suhtautuminen muutokseen siirryttäessä aiheuttaa ongelmia tietomallien käyttöönottoon määrälaskennassa.

Rakennesuunnittelijan ja talotekniikan mallit ovat pääsääntöisesti tarkempia rakennus- ja järjestelmäosien sekä päätelaitteiden osalta, kuin arkkitehdin mallit. Arkkitehdin mallissa kyseiset osat ovat esitetty lähinnä tilavarauksina. Tilojen pinnat on arkkitehdin malleissa usein laskettu tilaobjektin pinnoista johtuen arkkitehtisuunnitteluohjelmistojen puutteellisuudesta. Tämä muodostuu ongelmaksi esimerkiksi kahden tilan yhdistyessä, jolloin jotkin ohjelmistot tuottavat tilapinnan myös tilojen väliin. Myös katot, portaat ja verhoseinät sisältävät määrälaskennan haasteita. Katoista on vaikea saada määrälaskennan tarvitsemia mittatietoja, jos ne ovat monimuotoisia ja mallinnettu yhtenä kokonaisuutena. Portaat pystytään laskemaan kappalemääränä, mutta portaiden komponenttien, kuten esimerkiksi kaiteiden, askelmien ja tasanteiden laskenta voi tuoda ongelmia. Verhoseinissä laskentaohjelmat keskittyvät lähinnä geometriaan, ei niin ikään tietosisältöön. Suurimman haasteen määrälaskentaan tuovat parametriset osat, jotka sisältävät numeerisesti määriteltäviä ominaisuuksia, joiden avulla samasta osasta saadaan monta instanssia eli erilaista ilmentymää. Määrälaskennan osalta jokainen parametrinen osa on tutkittava erikseen. (YTV2012, osa 7, s.7.)

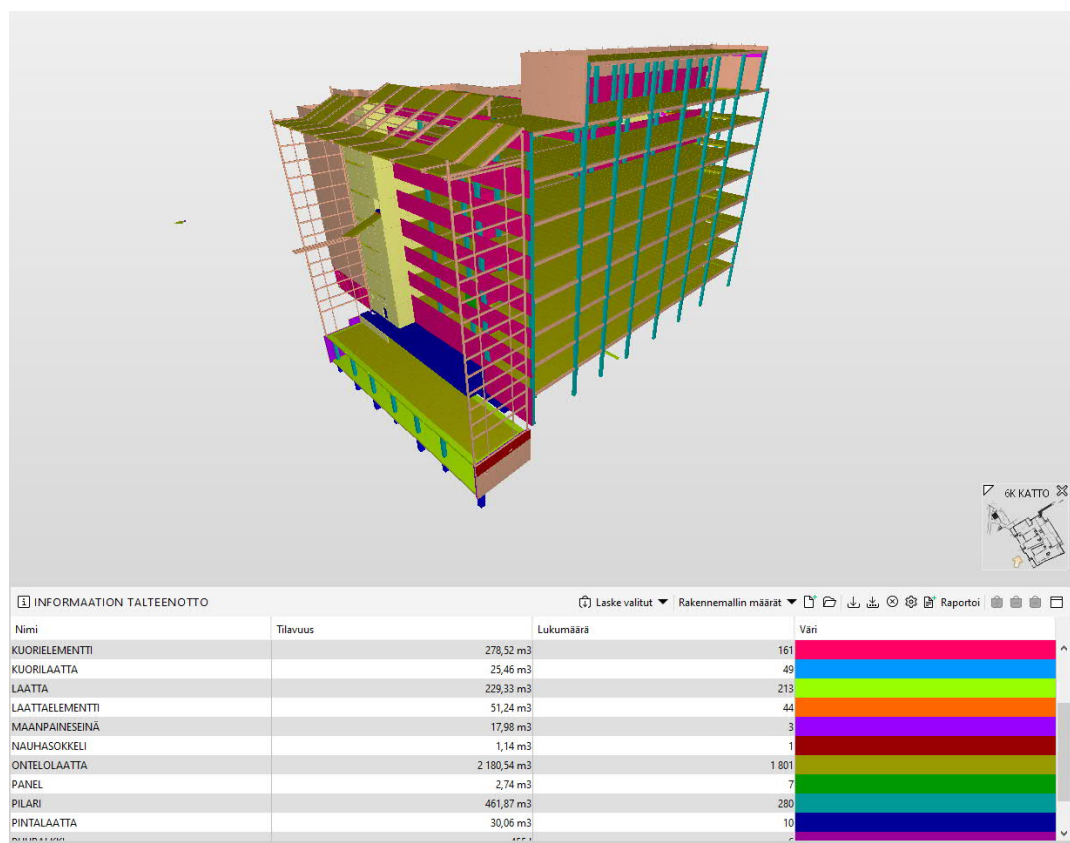
2.2.3 Hankinta

Juho Salomäki (2014) on tutkinut opinnäytetyössään hankinnan kustannustehokkuuden parantamista. Työn lopputuloksena Salomäki esittää, että hankinnan kannalta suurimmaksi ongelmaksi muodostuu suunnitelmissa olevien määrätietojen puutteellisuus sekä

muutokset määrissä. Lisäksi Salomäen teettämistä haastatteluista käy ilmi, että määrälaskennan kehittäminen on haastavaa hankkeissa, joissa määrät ostetaan määrälaskentaliik-keeltä. Tietomallipohjainen määrälaskenta toimii työkaluna näihin määrätietohaasteisiin.

Tuotanto-organisaatio laatii työmaalla hankinta-aloitteen hankintaosastolle joko littera-kohtaisesti tai hankintapakettina, jossa määritellään muun muassa tilauksen sisältö, urak- karajat, kustannusraamit ja toimitusajat. Hankintaosasto lähettää tarjouspyynnöt toimit- tajille ja kilpailuttamisen jälkeen hankintaosasto tekee yhdessä työmaan kanssa päätöksen työn tai materiaalin toimittajasta. Tietomallipohjaista määrälaskentaa voidaan hyödyntää myös työmaalla. Mallista on nopea tarkastaa kustannusarvion määriä ja mikäli määrät vastaavat laskettuja määriä, työmaa voi helposti luottaa mallista laskettuihin määrätietoi- hin ja syöttää ne esimerkiksi hankinta-aloitteeseen (Jävjä & Lehtoviita 2016, s.62).

Kuvassa 2.5 on esitetty Solibri Model Checker-ohjelmalla suoritettua rakennemallin mää- rien laskemista eli informaation talteenottoa rakennemallista. Kyseessä on TYKS T3-sai- raalan rakennemallin lohko 3. Määrien informaatio on mahdollista ajaa Excel-taulukko- muotoon ja sieltä edelleen rakennusyrityksen käytössä oleviin ohjelmiin. Määräluetteloa voidaan hyödyntää myös esimerkiksi yksikköhintaisen tarjouspyynnön laadinnassa, jonka liitteeksi kyseinen määräluettelo voidaan laittaa.



Kuva 2.5 Informaation talteenotto TYKS T3-sairaalan runkorakenteen lohkon 3 raken- nemallin määristä.

Materiaalihukan vähentämiseksi ja työmaan varastointitilan säästämiseksi työmaalle tilataan harvoin koko rakennuksen vaatimia materiaaleja kerrallaan. Hyvin toteutetusta tietomallista on ajettavissa esimerkiksi Excel-taulukkomuotoon eri osakohteiden määriä. Kipsilevymäärät on esimerkiksi mahdollista saada ajettua kerroskohtaiseksi määräluetteloksi. Lisäksi mallista on mahdollista ajaa huoneistokohtaisia materiaalilistoja, jolloin materiaalien jakaminen asuntoihin nopeutuu. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.62.)

2.2.4 Tuotanto

Omaperusteisissa hankkeissa rakennusyritys voi parhaiten vaikuttaa tietomallin käyttöön ja hyödyntämisen menetelmiin, kun suunnittelijat on valittu omasta toimesta ja suunnittelun tavoitteet, tietosisältö, organisointi sekä työmenetelmät, joilla tietomalleja hankkeessa käytetään, on itse määritelty. Rakennusyrityksen itse ohjaamassa suunnittelussa otetaan huomioon työmaatoimintojen vaatimukset, jolloin mallia pystytään hyödyntämään tehokkaasti tuotannossa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.56.) Latvalan (2012, s.41) mukaan projektin alkuvaiheessa tuotanto-organisaation on pystyttävä määrittelemään mitä tietoja mallista halutaan käyttää työmaalla. Tietomalli ja sen käyttö on suunniteltava oikeista lähtökohdista, muuten työmaa ei hyödy tietomallin käytöstä.

Rakennusyrityksen vaikutusmahdollisuudet mallien käyttöön ovat vähäisemmät *kilpailu-urakoissa*, joissa tietomallien ja tietomalliselostuksien pääpaino on rakennuksen teknisissä asiakirjoissa, joille on määritelty keskinäinen pätevyysjärjestys suhteessa muihin asiakirjoihin. Rakennusyrityksen tietomallintamisen hyödyntämismahdollisuudet ovat riippuvaisia tilaajan asettamista tietomallitavoitteista sekä suunnittelun ohjauksen tasosta ja kyvystä tietomallintamisen vaatimusten näkökulmasta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.56.) Latvalan (2012, s.41) mukaan ongelmaksi muodostuu se, että tietomallin sisältöä ei voida muuttaa kesken suunnitteluvaiheen, vaikka tuotannon tarvitsema tietosisältö tunnistettaisiinkin kesken projektin.

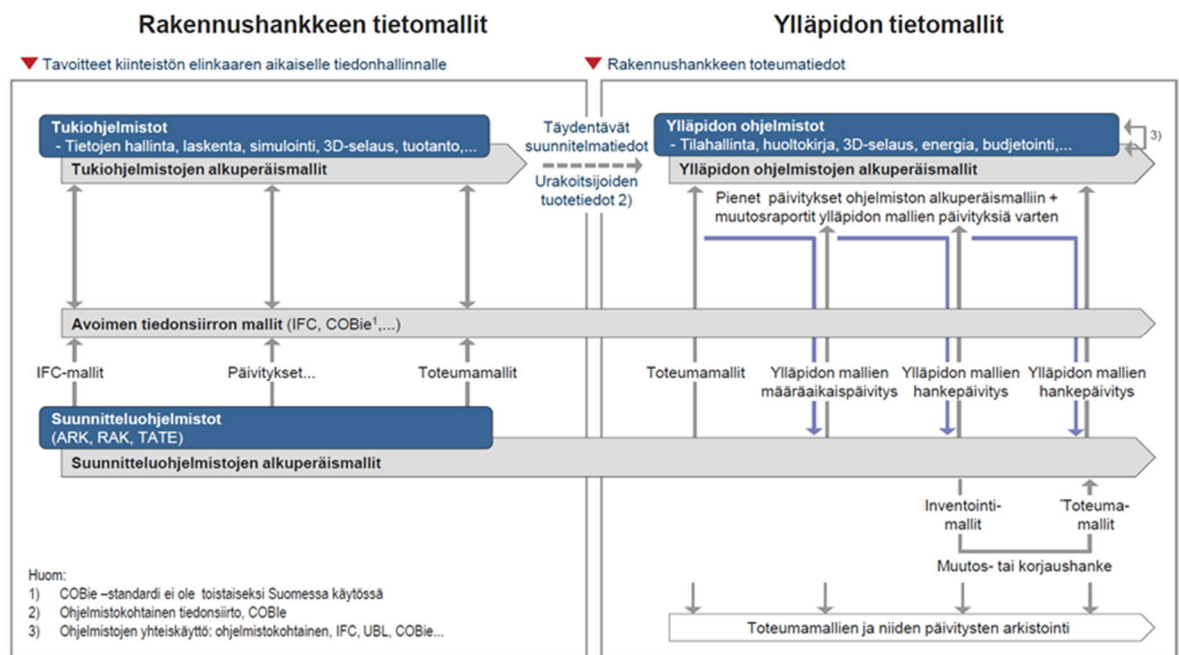
Tuotannon näkökulmasta tietomalleille on asetettava erilaisia vaatimuksia, jotta niiden hyödyntäminen on työmaalla mahdollista. Mallit täytyy olla teknisestä näkökulmasta oikein, suunnittelijan täytyy olla tarkastanut ne ja mallien täytyy olla yhteensopivia muiden suunnittelualojen kanssa. Lisäksi mallinnettujen osien dimensioiden, sijainnin ja tunnus-ten tulee olla oikein, ja mallintaminen tulee olla tehty oikeilla työkaluilla. Asiakirjojen ja tietomallien tulee olla yhteneväiset siten, että piirustukset tulostetaan malleista. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.57.) Piirustuksen voidaan ajatella toimivan käyttöliittymänä tietomallille. Tuotanto-organisaation onkin Latvalan (2012, s.41) mukaan osallistuttava tietomallinnuksen aloituspalaveriin. Tietomallikoordinaattorin avustuksella saadaan tietoa hankkekohtaisesta tietomallin tietosisällöstä sekä kustannustietoutta siitä, mitä minkäkin tiedon sisällyttäminen hankkeen aikana malliin maksaa. Lisäksi eri osapuolilta vaadittavat toimenpiteet tietojen syöttämiseksi selviävät tietomallinnuksen aloituspalaverissa.

Tietomallien käyttö vaatii myös tuotanto-organisaation osaamista tarvittavien ohjelmistojen ja erilaisten laiteympäristöjen osalta. Toimistotilojen tulee olla työmaalla sellaiset, että malleja voidaan tarkastella jatkuvasti tuotannonohjauksen ja johtamisen tukena. Tämä edellyttää oikeanlaisia laitteita ja ohjelmistoja, jotka ovat kaikkien saatavilla. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.27.) Fira Oy:n työpäällikkö Jyrki Latvalan (2012, s.37) mukaan työmaalle on nimettävä tietomallivastaava, joka hallitsee mallin käytön laajemmin ja voi hakea mallista tarvittavia tietoja muulle henkilökunnalle.

Tuotantoon liittyviä prosesseja, kuten tuotannosuunnittelua, aikataulua, kustannuksia ja laatuasioita käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.3. Yleisesti ottaen tietomallien visuaalisuus lisää suunnitelmien havainnollisuutta ja helpottaa niiden tulkitsemista. Rakennusyritys voi hyödyntää tietomalleja rakentamisen valmistelussa ja itse rakentamisessa esimerkiksi työmaatoteutuksen suunnittelussa, tiedonhakuun tarjous- ja hankintavaiheessa, rakennettavuustarkasteluissa, työjärjestyksien ja tuotantovaiheen suunnittelussa, työmaalogistiikan suunnittelussa, työturvallisuussuunnittelussa, toimenpiteiden koordinoinnissa ja tietojenvaihdossa, toteutumatilanteen havainnollistamisessa sekä yhdistelmämallien tarkastelussa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.56-57.) Moisio (2011, s.74) mukaan tietomallinnuksen käytöllä parannetaan hankkeen tuottavuutta lähes jokaisella osa-alueella. Tietomalli toimii työmaan työnjohdon työkaluna kokonaiskuvan hahmottamiseen ja hallintaan sekä rakentamisen tehostamiseen.

2.2.5 Käytönaikainen hyödyntäminen

Tietomalleista saadaan valtavasti tukea kiinteistön ylläpitotoimiin. Tietomallit mahdollistavat kokonaisvaltaisen kiinteistönhallintaympäristön sisältäen muun muassa tiedon johdonmukaisuuden, useat erilaiset 2D- ja 3D-näkymät sekä yhtenäisen tiedonlähteen muille ohjelmille. Tilaajalähtöinen tietomallintaminen mahdollistaa organisaation, joka valvoo tietomallien päivittämistä ja ajantasaisuutta. (Mäläskä 2011, s.62.) Yleisten tietomallivaatimusten (YTV2012, osa 12, s.4) mukaan tietomallin käytönaikaisen hyödyntämisen tavoite on rakennuksen tietojen tehokas käyttö kaikissa elinkaaren vaiheissa. Tämä edellyttää prosessia, joka alkaa tavoitteiden asettamisesta tietomallinnukselle, etenee suunnittelusta rakentamiseen, toteumamallien luovutukseen kiinteistölle ja edelleen ylläpidon tiedonhallintaan ja päivityksiin. Kuvassa 2.6 on havainnollistettu tietomallien hallintaa kiinteistön elinkaaren aikana.



Kuva 2.6 Tietomallien hallinta kiinteistön elinkaaren aikana (kuva: YTV2012, osa 12, s.4).

Mäläskän (2011, s.62) mukaan elinkaarihankkeissa palvelun tuottava organisaatio saa suurimman edun tietomallien käytöstä, koska rakentamisvaiheessa tuotetut tietomallit on mahdollista siirtää ylläpito-organisaation käytettäväksi. Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012, osa 12, s.6) ohjeistavatkin, että rakennushankkeen valmistuessa rakennushankkeen aikaiset tietomallit päivitetään vastaamaan toteutettuja tietomalleja. Näitä malleja kutsutaan toteumamalleiksi ja ne käsittävät vähintään alkuperäismallit suunnitteluohjelmista, avoimen tiedonsiirron mallit sekä tukiohjelmistojen erikseen sovitut mallit.

Yleisten tietomallivaatimusten mukaan (YTV2012, osa 12, s.2) tietomalleja voidaan hyödyntää kiinteistönpidon eri toimialueilla, muun muassa operatiivisessa kiinteistöjohtamisessa, teknisten järjestelmien hoidossa ja kunnossapidossa, käyttäjäpalveluissa sekä siivouksessa. Tietomallipohjaisia kiinteistönpidon- ja huoltokirjan sovelluksia on jo käytössä ja kehitteillä. Kiinteistönpidon alueella sovelluksia on toimitilajohtamiseen, tilahallintaan, energian ja ympäristövaikutusten seurantaan, ylläpidon budjetointiin sekä PTS-suunnitteluun. Huoltokirjasovelluksia on saatavilla muun muassa kiinteistön teknisten tietojen, palvelupyyntöjen, sopimusten, dokumenttien, kiinteistön hoidon eri tehtävien sekä huoltohistorian hallintaan. Mäläskä (2011, s.64) toteaa tutkimuksessaan, että tietomallia voidaan käyttää sisääntuloikkunana ylläpitojärjestelmään, kun ylläpitomalli on integroitu muihin ylläpidon tietojärjestelmiin. Huoltotaulukojen ja vikailmoitusten malliin yhdistämisellä saadaan luotua erilaisia näkymiä, jotka mahdollistavat kiinteistön tilanteen hahmottamisen nopeasti. Tämä mahdollistaa myös läpinäkyvyyden kiinteistöhuollon toiminnassa, johtuen tiedon saattamisesta helpommin esitettävään muotoon.

Käytönaikaisia tietomalleja tulee päivittää hanke- ja määräaikaikäisillä. Hankepäivityksillä viitataan merkittäviin korjausrakentamishankkeisiin, jolloin kaikki ylläpidon mallit päivitetään kiinteistössä toteutettavan korjausrakennushankkeen yhteydessä. Määräaikaikäisyyksiä on tarkoituksenmukaista tehdä, kun rakennukseen tehdään pieniä muutoksia, kuten esimerkiksi väliseinien siirtoja. Jos muutos on muiden ohjelmien kannalta merkityksellinen, ei kaikkien mallien päivittämisellä saavuteta mitään merkittävää tässä yhteydessä. (YTV 2012, osa 12, s.9.) Laasosen (2006, s.6) mukaan päivitysprosessin hallinnan tärkeä osa on määrittellä kaikki tietojen muutoksia aiheuttavat tapahtumat sekä se, kuinka muutoksista saadaan tietoa talteen. Muutostietojen tallentaminen ei aina onnistu suoraan ohjelmiin vaan tarvitaan välikäsiä. Mäläskä (2011, s.57-58) painottaa, että myös huoltokirjaa tulee päivittää ja ylläpitää ajantasaisena. Kaikki suoritettavat huolto-toimenpiteet kirjataan huoltokirjaan, jolloin niistä jää tieto ylläpitojärjestelmään. Tällöin tietomallien ajantasainen ylläpito helpottuu, kun huoltotöistä jää aikaleima ylläpidon järjestelmään, eikä muutosten ajallinen dokumentointi vaadi omaa erillistä järjestelmää.

2.3 Tietomalli päätöksenteon tukena tuotannossa

Rakennuksen tietomalli pitää sisällään paljon informaatiota ja se toimii myös rakennustuotannossa päätöksenteon tukena. Tietomallin visuaalisuus auttaa suunnitelmien arvioinnissa. Lisäksi tietomallin avulla pystytään arvioimaan työvaiheiden haastavuutta, suunnittelemaan asennusjärjestyksiä, arvioimaan työturvallisuutta sekä suunnittelemaan työmaan logistiikkaa.

Suunnitelmia arvioitaessa, urakoitsija voi tehdä päätöksen suunnitelmien täydentämisestä, jos huomaa tietomallista puuttuvan jotain oleellista tietoa rakentamisen kannalta. Esimerkiksi Solibri Model Checker -ohjelmassa on kommunikointitoiminto, jonka avulla voidaan korostaa puutteellinen detajli ja lähettää se suunnittelijalle kommentteineen lisätietoja varten.

Tietomallin avulla rakennus voidaan ositella ja jakaa esimerkiksi lohkoittain tai kerroksittain. Runkotöiden osalta rakennusosien painot ja sijainti vaikuttavat muun muassa elementtien asennussuunnitelmaan, rungon toteutussuunnitelmaan ja toteutusjärjestykseen sekä nostotöiden suunnitteluun. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.60.) Tietomallien visuaalisuus auttaa myös työvaiheiden haastavuuksien arvioinnissa ja haastavuuden perusteella voidaan tehdä päätös sopivimman aliurakoitsijan käytöstä. Tietomallin avulla siis voidaan hahmottaa perinteisiä tapoja helpommin oikeanlaiset resurssit eri tehtäviin.

Työjärjestyksien suunnittelemiseen saadaan tietomallin kautta visuaalista tukea. Pääurakoitsija voi yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa tutkia mallia ja tehdä päätöksiä esimerkiksi talotekniikka-asennuksien työjärjestyksistä. Lisäksi asennusjärjestykset voidaan havainnollistaa visuaalisesti tietomalliin. Jäväjän & Lehtoviidan mukaan (2016, s.60) tietomallien havainnollisuuden avulla suullisesti tapahtuva tiedonsiirto tehostuu ja helpottuu.

Tietomallit toimivat myös tukena työturvallisuusasioihin liittyvissä päätöksissä. Tietomalleista saadaan esimerkiksi apua sopivimman ja turvallisimman henkilönostimen hankkimiseen juuri tiettyä tehtävää varten tarkasteltaessa mallin aluesuunnitelmaa ja mittatietoja.

Tietomallipohjaista aluesuunnitelmaa voidaan hyödyntää logistiikkaan liittyvien päätöksien teossa. Aluesuunnitelmasta nähdään havainnollisesti esimerkiksi varastoalueet ja niiden suhde rakennukseen. Lisäksi torninosturin nostoetäisyydet pystytään hahmottamaan paremmin tietomallista.

Rakentamisen tuotannonedellytykset ovat pääosin samat kuin muillakin teollisuuden aloilla. Tuotannon suunnittelulla ja ohjauksella varmistetaan, että kaikki tarvittavat edellytykset on saatavilla oikeaan aikaan oikeassa paikassa tuotteen valmistamiseksi. Edellytykset voidaan jaotella materiaaleihin ja resursseihin. Yksittäiset tuotantovaiheitten ketjut muodostavat tuotantoprosessin. (Lehtonen 2004, s.66.)

Materiaalit määritellään fyysisiksi asioiksi, jotka ovat tuotannon kohteina. Materiaalia muutetaan tuotantovaiheessa tavasta riippuen suorittamalla kyseisen vaiheen operaatiot. Valmistusasteesta riippuen, materiaaliksi voidaan kutsua tuotetta, osaa tai raaka-ainetta. Resurssien funktio on tehdä materiaaleille tuotantovaiheen operaatiot. Resursseiksi luokitellaan koneet ja työntekijät. Lisäksi tuotannossa voidaan tarvita työkaluja ja erilaisia työvälineitä, joiden läsnäolo on tuotannon edellytys. Resurssien toiminnan välillisiin edellytyksiin luetaan sähkö, lämpö, tila sekä aineet ja tarvikkeet. (Lehtonen 2004, s.66-67.)

Tietomallit lisäävät suunnitelmien visuaalisuutta, joten niiden avulla tuotannonohjaukseen saadaan lisää työkaluja. Esimerkiksi rakennuksen rungon rakennemallista pystytään havainnoimaan erityyppiset elementit, niiden määrät, koot ja painot sekä asennustavat

tarkastelemalla tukeutumista toisiinsa tai paikalla rakennettuun runkoon. Näiden muuttujien avulla pystytään tutkimaan vaikutusta toteutukseen ja varautumaan oikeanlaisiin resursseihin työntekijöiden ja tarvittavien koneiden osalta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.67.)

Rozenfeld et al. (2009) ovat tehneet selvityksen Lean Construction ja tietomallin yhteensovittamisesta. Tuloksena esitettiin, että tietomallin visuaalisella esityksellä vahvistetaan prosessin läpinäkyvyyttä. Tämä helpottaa aikataulupoikkeamiin puuttumista ja havainnolliset poikkeamatiedot esimerkiksi runkotöiden osalta voidaan välittää vastuussa olevalle suunnittelijalle, toimittajalle tai urakoitsijalle. Näin ollen tietomalleja voidaan hyödyntää myös viestinnässä eri osapuolien välillä sekä työmaapalavereissa. Suunnitelmat ovat havainnollisesti katseltavissa ja tarjoavat näin ollen hyvän keskustelun apuvälineen. Tietomalliohjelmilla pystytään kommentoimaan suunnitelmia, ottamaan informaatiota talteen lukujen tai näkymien muodossa sekä piilottaa eri suunnittelualoja tarpeen mukaan. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.65.)

Tietomalleista on hyötyä myös aliurakoitsijoiden yhteistyössä. Edellytyksenä on, että aliurakoitsijat käyttävät tietomalleja ja tarkentavat malleja omien töidensä osalta. Näin ollen törmäystarkastelut ja korjaukset on mahdollista tehdä ennen kuin niistä aiheutuu konkreettista haittaa työmaalla. Tietomallit mahdollistavat myös työmaan ulkopuolella tapahtuvan esivalmistuksen, mikä puolestaan pienentää työmaan kustannuksia, lyhentää aikataulua ja parantaa tarkkuutta. (Eastman et al. 2011.)

Työturvallisuussuunnitelmien, logistiikkasuunnitelmien, työmaan aluesuunnitelman sekä muiden työmaan perussuunnitelmien laadinnassa voidaan hyödyntää tietomalleja. Puotamissuojaussuunnitelmat voidaan laatia tietomalliin ja logistiikka- ja aluesuunnitelmissa hyödynnetään tietomallipohjaisia aluesuunnitelmia, joiden avulla saadaan hyvä käsitys työmaan kuljetusreiteistä, varastoinnista ja varusteiden tilantarpeesta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.65.)

2.3.1 Lean-periaatteet rakennustuotannossa

Lean tuotanto on saanut alkunsa Toyotan autotehtaalta Japanista. Toyota Production System (TPS) on seurausta Toyotan toisen maailmansodan jälkeen kehittämästä uudesta tuotantotavasta. Systemi kehitettiin resurssien niukkuuden ja automarkkinoiden kovan kilpailun vuoksi. (Haapasalo & Merikallio 2009, s.8)

Lean tuotannossa tuotanto jaetaan kolmeen osa-alueeseen, arvoa tuottaviin toimintoihin, arvoa tuottamattomiin pakollisiin toimintoihin sekä hukkaan. Näistä hukka on rakennusteollisuuden yksi suurimmista ongelmista muuhun valmistavaan teollisuuteen verrattuna. Hukka viittaa toimintoihin, jotka eivät luo lisäarvoa tuotteelle asiakkaan näkökulmasta ja sitä esiintyy eri muodoissa, kuten ajan, materiaalin, työntekijöiden ja tehdyn työn muodossa. Lean tuotannon yksi osa-alue on poistaa hukka tuotantoketjusta. TPS:n käyttämä työkalu tähän on Just In Time (JIT), jonka periaatteena on valmistaa ja toimittaa vain se

määrä mitä tarvitaan juuri oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan. (Haapasalo & Merikallio 2009, s.10, 12.)

Lean voidaan käsittää yhdistelmänä menetelmiä, jotka edistävät tehokkuutta (Koskela 2004, s.26). Lean peruskäsitteet voidaan esittää seuraavasti; tunnista asiakkaalle arvoa tuottavat ja tuottamattomat toiminnot sekä eliminoi arvoa tuottamattomat toiminnot, organisoi tuotanto jatkuvaksi virtaukseksi, viimeistele tuote ja luo luotettava virtaus, ja tavoittele täydellisyyttä. Lean tuotannon tavoitteena on siis optimoida tuotantojärjestelmän suorituskyky tinkimättä tuotteen laadusta ja asiakkaan vaatimuksista. (Howell 1999.) Hartela-konsernin strategiset valinnat, jotka painottavat kannattavuutta, sujuvia prosesseja sekä asiakasläheisyyttä, ovat verrattavissa Lean tuotannon kolmeen osa-alueeseen; ihmiset, työkalut ja teknologiat sekä prosessit.

Leanin ydinajatus on hakea toimintamuotoja ja työkaluja, joilla tuotantoprosessia voidaan tehostaa. Tehokkaampien tapojen löytyessä, ne yhdistetään olemassa olevaan. Tuotantoprosessien tehostamisella tavoitellaan täydellisyyttä kaikilla osa-alueilla ja haetaan kustannusten minimointia. Kustannusten minimointia ei Leanin mukaan voida saavuttaa ilman seuraavia alatavoitteita; tuotettavien määrien kontrollointi, laadun varmistus ja ihmisyiden kunnioittaminen. Näistä alatavoitteista jokaisen on täyttyävä, jotta päämäärä on saavutettavissa. (Haapasalo & Merikallio 2009, s.10.)

Lean Constructionin perusajatuksena on tuottaa rakennus maksimoimalla arvo asiakkaalle ja minimoimalla hukka (Bertelsen 2004). Ahmed & Forbes (2011, s.26) mukaan työvirtauksen vaihtelu johtaa pidempiin läpimenoaikoihin, jolloin prosessissa syntyvä hukka lisääntyy. Korkea vaihtelevuus vaikuttaa negatiivisesti työn tuottavuuteen ja sitä kautta koko projektin suorituskykyyn.

Howell (1999) on todennut, että rakennusalan tuotannonohjaus perustuu massatuotannosta johdettuihin oppeihin, joiden mukaan tärkein on pitää työt käynnissä kaikin keinoin. Tämä vie keskittymistä enemmän kohti yksittäisiä työvaiheita kuin kokonaisuuksia. Tehtävien välillä esiintyy hukkaa, mikä kätkeytyy yksittäisten tehtävien taakse. Nykyinen rakennustuotannon toimintamalli on yksinkertaistettuna toimintapainotteista sivuuttaen virtaus- ja arvönäkökohdat. Rozenfeld et al. mukaan (2009) tietomallin käyttö tukee Lean-rakentamista sekä Lean-tuotannon periaatteita, joten BIM:n ja Lean Construction välillä voidaan nähdä selvä yhteys. Perinteisten suunnitelmien aiheuttamat epäjohtonmuokaisuudet ja tiedonjakamisen ongelmat aiheuttavat tarpeetonta työtä ja hukkaa, mutta tietomallintamisen avulla pystytään parantamaan rakennusprosessin työvirtausta ja sitä kautta pienentämään hukkaa.

Lauri Koskelan väitöskirjassa (2000) käsitellään rakennusalalla syntyvää hukkaa ja sen esitetään muodostuvan seuraavista tekijöistä: huono laatu, rakennettavuusongelmat, huono materiaalien hallinta, materiaalihukka, tuottamaton työskentely, työskentely epä-

suotuisissa olosuhteissa ja turvallisuuden puute. Huonon laadun Koskela jakaa sekä suunnittelun heikon laadun, että toteutuksen heikon laadun harteille. Koskela viittaa useisiin tutkimuksiin, jonka mukaan huono laatu aiheuttaa jopa 10-20 prosenttia koko projektin kustannuksista.

Rakennettavuusongelmilla viitataan suunnittelijoiden kykyyn harkita toteutettavan kohteen rajoitteita ja mahdollisuuksia tapauskohtaisesti. Rakennettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä suunnitelmien toteuttamiskelpoisuutta. Koskelan (2000) mukaan kohteissa, joissa on panostettu rakennettavuuteen, on saatu 6-10 prosentin kustannussäästöjä. Työvoimakuluissa on arvioitu saavutettavan 10-12 prosentin säästöt hyvällä materiaalien ja varaston hallinnalla. Tämän lisäksi ”metrimateriaalin” ylijäämän määrää on todettu olevan mahdollista pienentää 1-3 prosentista 5-10 prosenttiin. Työprosessien osalta on arvioitu, että rakennustyömaalla vain noin 26-32 prosenttia työhön käytetystä ajasta on arvoa tuottavaa työtä. Tuottamattomalla työllä viitataan tässä yhteydessä työhön, joka ei varsinaisesti lisää tuotteen arvoa.

Koskelan (2000) mukaan hyvällä töiden suunnittelulla ja valmistelulla on todettu tuottavuuden parantuvan jopa 20 prosenttia normaaliin verrattuna. Esimerkiksi tietomalliohjelmistojen 4D-animaatioiden kautta runkoasennuksen asennusjärjestystä ja liitosdetalleja voidaan tutkia ja hahmottaa etukäteen (Hardin & McCool 2015). Tämä auttaa työntekijöiden tehtävänkuvan selvittämisessä, jolloin työntekijöiden motivaatio kasvaa (Rosenfeld et al. 2009.) Huomattavaa tuottavuuden laskua on perusteltu epäsuotuisilla olosuhteilla. Turvallisuuden puutteiden luomaa hukkaa Koskela perustelee Yhdysvalloissa tehdyillä arvioilla, joiden mukaan tapaturmiin ja onnettomuuksiin liittyvistä kustannuksista muodostuu noin 8-15 prosenttia koko projektin kustannuksista. (Koskela 2000.)

Lean rakentamisen näkökulmasta töitä tulisi jatkuvasti ajatella kokonaisuutena ja pyrkiä optimoimaan koko tuotantoketjun tehokkuus. Laadukkaalla tuotannosuunnittelulla määritellään menestymisen kriteerit ja luodaan strategia tavoitteiden saavuttamiseksi. Tuotanto etenee suunnitelmien mukaisesti onnistuneella kontrolloinnilla ja samalla toimintatapojen kehittyminen edistyy. (Howell 1999.)

2.3.2 Perinteisen tehtäväsuunnittelun ongelmat ja Last Planner-menetelmä

Perinteinen tuotannonohjaus perustuu tuotanto-ositukseen, joka laaditaan ylhäältä alas ja joka määrittelee kaikki tehtävät työt. Lähtökohtana on eritasoiset suunnitelmat aina aikataulusta tehtävä- ja viikkosuunnitelmatasolle asti. Voidaan puhua työntöperiaatteesta, jossa suunnitelmat työntävät työmaalle tuotannontekijöitä ja sitten työmaalla tehtävien valmistusta. Alemman tason suunnitelmat johdetaan ylemmän tason suunnitelmista ja hankkeen valvonta tapahtuu vertailemalla ajallista ja kustannustoteumaa suunniteltuun. Poikkeaman sattuessa ryhdytään toimenpiteisiin, joilla tavoitellaan suunnitelmien kiinni- saamista. (Koskela & Koskenvesa 2003, s.15.)

Perinteinen tuotannonohjausmallin ensimmäinen ongelma piilee puutteellisen tuotannon käsitteellistämisen takana, jossa tuotanto käsitetään ja hankitaan tehtävinä. Tämä malli ei huomioi tuotannon ohjaamista virtana, jossa tehtävillä on muitakin edellytyksiä kuin edeltävät tehtävät. (Koskela & Koskenvesa 2003, s.15.)

Toinen ongelma liittyy suunnitteluun. Johtuen rakentamisen epävarmuuden korkeasta tasosta, yleisaikataulu yleensä vanhenee nopeasti työn kuluessa, mutta sitä ei päivitetä riittävästi. (Koskela & Koskenvesa 2003, s.15.) Alastalo (2014) näkeekin rakennusvaiheen tuotannonohjauksen suurimmaksi ongelmaksi aikataulullisen ohjauksen, ja tähän liittyen töiden yhteensovittamisen sekä eri urakoitsijoiden sitoutumisen aikatauluun. Töiden yhteensovittamisen epäonnistuessa myös urakoitsijoiden sitoutuminen aikatauluun vähenee. Koskela & Koskenvesan (2003, s.15) mukaan tähän myötävaikuttaa tuotannonjohdon ajan kuluminen erilaisten häiriöiden selvittämiseen. Näin ollen lyhyen ajan tuotannon-suunnittelun kannalta ylemmän tason suunnitelmien merkitys vähenee. Hyvä lyhyen aikavälin suunnittelulla ei kuitenkaan pystytä kompensoimaan tätä ongelmaa, koska perinteisellä tuotannonohjauksella ei ole systemaattista menettelytapaa toteuttamiskelpoisen viikkotason suunnitelman laatimiseksi. Riski piilee siinä, että ylemmän tason suunnitelmista johdettua viikkotehtävää aloittaessa jokin tuotannontekijä puuttuu tai siinä havaitaan ongelmia.

Kolmas perinteisen tuotannonohjauksen ongelma on viikkosuunnitelman toteutuksessa, jossa oletetaan, että määräämällä tekijä käynnistämään kukin tehtävä saadaan tehtävä toteutetuksi. Tämä tapa ei huomioi työntekijän sitoutumista suunnitelmanmukaiseen toteutukseen tai ota kantaa siihen, onko työntekijä ymmärtänyt tehtävänannon riittävän hyvin. (Koskela & Koskenvesa 2003, s.15.) Alastalon (2014) mukaan töiden yhteensovittamista helpottaa ennakkoon ja yhdessä urakoitsijoiden kanssa mietitty aikataulu.

Neljäs ongelma kohdistuu valvontaan, jossa seurataan toteutuneita ja suunniteltuja kustannuksia sekä vertaillaan toteutunutta ja suunniteltua aikataulua. Poikkeaman tapahtuessa ryhdytään korjaustoimenpiteisiin, mutta ongelmien syyt jäävät selvittämättä. (Koskela & Koskenvesa 2003, s.17.) Alastalon (2014) mukaan hankkeen onnistumisen kannalta tuotannon reaaliaikainen seuranta ja poikkeamiin reagoiminen on merkittävässä asemassa.

Last Planner -menetelmä tarkastelee tuotantoa virtaussuuntautuneesti, jolloin epävarmuuden vähentäminen ja haittojen torjuminen korostuvat. Viikkosuunnitelman pääpainot ovat ylemmän tason suunnitelmien mukaisissa tehtävissä sekä käynnistämisedellytykset täytävissä tehtävissä, joilla tavoitellaan riittävää varantoa aloituskelpoisille viikkotehtäville. (Koskela & Koskenvesa 2003, s.16.)

Last Planner -menetelmä on Lean tuotannonohjauksen käytetyimpiä työkaluja (Lean Construction Institute). Purasen (2016, s.7) mukaan se toimii rakennusprojektin tuotannonohjausmenetelmänä, jolla työmaan tuottavuutta pyritään parantamaan. Koskela &

Koskenvesa (2003) toteavat julkaisussaan, että Last Planner -menetelmän kehittäminen on alkanut Yhdysvalloissa 1990-luvulla ja sen funktio on keskittyä lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. Menetelmällä tavoitellaan myös riittävää varantoa ylläpitää aloituskelpoisia viikkotehtäviä. Rullaavalla valmistelevalla suunnittelulla on tarkoitus varmistaa viikkotehtävien aloitusedellytykset 4-6 viikon tähtäyksellä.

Last Planner -menetelmä koostuu seuraavista osista (Koskela & Koskenvesa 2003, s.17-19):

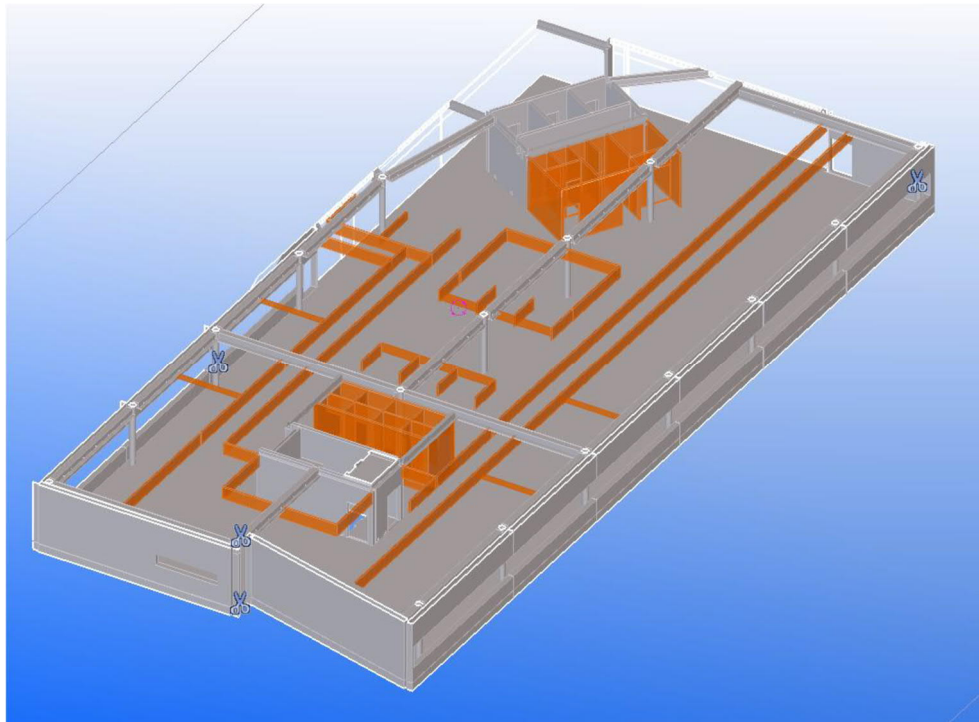
- ✓ viikkosuunnitelma
- ✓ osapuolten sitoutuminen viikkosuunnitelman tehtävien läpivientiin
- ✓ viikkosuunnitelmien tehtävien toteutumisen tarkistaminen
- ✓ järjestelmällinen valmisteleva suunnittelu, jossa luodaan seuraavien viikkojen tehtäville edellytykset
- ✓ tehtävien toteutumatta jäämisen syiden selvittäminen
- ✓ vaikuttaminen syihin
- ✓ osapuolten yhteinen rakentamisvaihesuunnittelu.

Valmistelevalla suunnittelulla varmistetaan tehtävien aloitusedellytykset ja se tulisi tehdä 4-6 viikkoa ennen varsinaista tehtävän työn ajankohtaa. Tällöin potentiaalisten ongelma-kohtien korjaamiseen jää riittävästi aikaa. Tietomallia voidaan hyödyntää valmistelevien suunnitelmien laadinnassa muun muassa tarkastelemalla ja yhteensovittamalla suunnitelmia, visualisoimalla suunnitelmia, työjärjestyksen suunnittelussa, logistiikka- ja varastointisuunnitelmien laadinnassa sekä työturvallisuuden suunnittelussa. Yhdistelmämallista voidaan tehdä esimerkiksi törmäystarkasteluja eri suunnittelualojen välillä. Ongelmien ilmentyessä voidaan järjestää erillinen suunnittelupalaveri, joka pureutuu havaittuihin ristiriitoihin. (Kämppi 2013, s.33.) Tietomallin etuna on, että työ voidaan toteuttaa ennakkoon mallin kautta visualisoiden ennen kuin varsinainen työ alkaa. Tällöin mahdollisiin poikkeamiin voidaan reagoida ajoissa eikä ongelmia tarvitse lähteä ratkomaan työmaalla asennusten ollessa jo käynnissä.

Työmaalla tietomalleja on järkevä järjestellä uudelleen siten, että ne palvelevat työjärjestyksen suunnittelua mahdollisimman hyvin. Järjestelmäkokonaisuuksien hahmottaminen ja eri työvaiheiden suunnittelu helpottuvat. (Kämppi 2013, s.35.) Purasen (2016, s.31) mukaan visualisoinnin prosessi edistyy työkalujen järjestelyominaisuuksien avulla.

Eri suunnittelualojen tietomallien järjesteleminen on mahdollista esimerkiksi Tekla Structures Model Organizer -työkalulla. Järjestely on hyvä tehdä kerroksittain ja lohkoittain miettien eri tehtäväkokonaisuuksia. Esimerkiksi arkkitehtimallista voidaan erottaa muuratut- ja kevyet väliseinät, otsarakenteet, alakatot ja lattiapäällysteet. Rakennemallista taas voidaan erottaa pilarit, palkit, ontelolaatat ja porrashuoneet. Talotekniikkamalleista on mahdollista erotella eri järjestelmät omiksi ryhmikseen. (Kämppi 2013, s.35.)

Törmäys- ja asennustarkastelujen jälkeen suunnitellaan asennusjärjestykset ja virtaus rakennustöille (Kämppi 2013, s.36). Ahmed & Forbes (2011) mukaan arvoa tuottavien vaiheiden välille on luotava virtaus. Kämppi (2013, s.36) toteaaakin työssään, että tietomallien laadukas järjestely edesauttaa asennusjärjestyksen suunnittelussa. Kuvassa 2.7 esitetään rakennuksen lohkon muuraus- ja otsarakennetöiden sijaintia oranssilla, harmaalla värillä on esitetty valmiit työt. Tietomallin visuaalisuuden perusteella muuraustyöt päädyn wc-ryhmän osalta ja pitkän käytävän otsarakenteiden töiden osalta voidaan aloittaa samanaikaisesti. Wc-ryhmän valmistuttua, otsarakenteita voidaan jatkaa keskialueella ja siirtyä edelleen lyhyemmän käytävän mestalle. Muuraus- ja otsatöiden valmistuttua riittävässä määrin, voidaan jatkaa talotekniikka-asennuksia.



Kuva 2.7 Lohkon valmiina näkyvät alueet ovat harmaana, muuraukset ja otsarakenteet näkyvät oranssina (kuva: Kämppi 2013, s.36).

Talotekniikka-asennuksien työjärjestyksiä voidaan samalla periaatteella suunnitella tietomallin avulla, kun eri talotekniikkajärjestelmiä voidaan visuaalisesti tarkastella eri lohkojen ja kerroksien osalta. (Kämppi 2013, s.37.) Alastalon (2014) mukaan rakennusteknisten ja taloteknisten töiden yhteensovittamisen puutteellisuus aiheuttaa ongelmia. Kämppi (2013, s.37) painottaakin, että suunniteltu ja aikataulutettu asennusjärjestys käydään läpi yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa ja sitoutetaan aliurakoitsijat toimimaan suunnitelmien mukaisesti. Aliurakoitsijat voivat tässä yhteydessä tuoda omia näkemyksiään esille. Myös mahdolliset ongelmakohdat ja niiden ratkaiseminen on tässä yhteydessä mahdollista ja samalla kaikki urakoitsijat tietävät omat ja muiden urakoitsijoiden aikataulut sekä viiveistä aiheutuvat vaikutukset muihin töihin.

Viikkosuunnitelma tehdään valmistelevan suunnitelman pohjalta ja samassa yhteydessä on varmistettava tehtävien aloitusedellytykset, kuten resurssit, työ- ja materiaalimenekit, telinetarpeet ja varastointi. Laadukas töiden suunnittelu vähentää turhia ongelmia työn aikana. Tietomallien käyttö helpottaa logistiikan ja varastointipaikkojen suunnittelussa. Tietomallista saatavien materiaalimenekkien avulla voidaan suunnitella materiaalitulaukset esimerkiksi urakoitsijoittain tai lohkoittain. (Kämppi 2013, s.37.) Goldin & Sacks (2007) toteavat julkaisussaan, että Lean Construction -mallin tavoitteena on esteiden poistaminen virrasta ja arvovirran parantaminen. Toisin sanoen, pyritään tunnistamaan tarpeettomat toiminnot ja työryhmien väliset rajapinnat. Lisäksi tavoitellaan vakautta työssä, työryhmissä ja tiedossa.

Viikkotehtäville täytyy asettaa selkeät tavoitteet ja niiden toteutumista täytyy seurata. Mahdolliset ongelmat tulee raportoida ja kirjata, jotta poikkeamiin voidaan miettiä ratkaisuja tulevaisuutta ajatellen. Toteumatietoa ja suunniteltua tietoa verrataan keskenään, jolloin aikatauluviiveet tulevat paremmin esille ja niiden vaatimiin korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä asian vaatimalla tavalla. (Kämppi 2013, s.43.) Aikataulun suunnitelma- ja toteumatietoja voidaan tarkastella esimerkiksi 4D-aikataulusta, joka tarkoittaa tietomallia, jossa töiden eri vaiheita voidaan havainnollistaa eri värikoodeilla. 4D-aikataulua käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.3.3. Koskelan & Koskenvesa (2013) mukaan työnjohtajien tulee laskea viikoittainen tehtävien toteumaprosentti (TTP). Viikkosuunnitelman suunniteltujen ja toteutuneiden tehtävien suhde muodostavat toteumaprosentin. TTP:n tavoite tulee asettaa yli 80 prosentin, jota pidetään hyvänä töiden suunnittelun tasona. Yli 85 prosentin toteumaa puolestaan voidaan pitää erinomaisena suorituksena. Tässä työnjohtajien itsekriittisyys on suuressa roolissa ja vain rehellisellä viikkotehtävien onnistumisten analyysillä työnjohtaja kehittää niin omaa ammattitaitoaan kuin tuotantoakin.

Tavoitteista jääminen edellyttää syiden etsimistä sekä niihin vaikuttamisen analysointia. Tavoitteiden toteutumattomuuteen johtavat syyt pitää selvittää, jotta tuotannosuunnittelua pystytään tulevaisuudessa kehittämään. Tavoite on, että jatkossa ongelmia aiheuttaneet syyt pystytään tunnistamaan paremmin. (Kämppi 2013, s.44.)

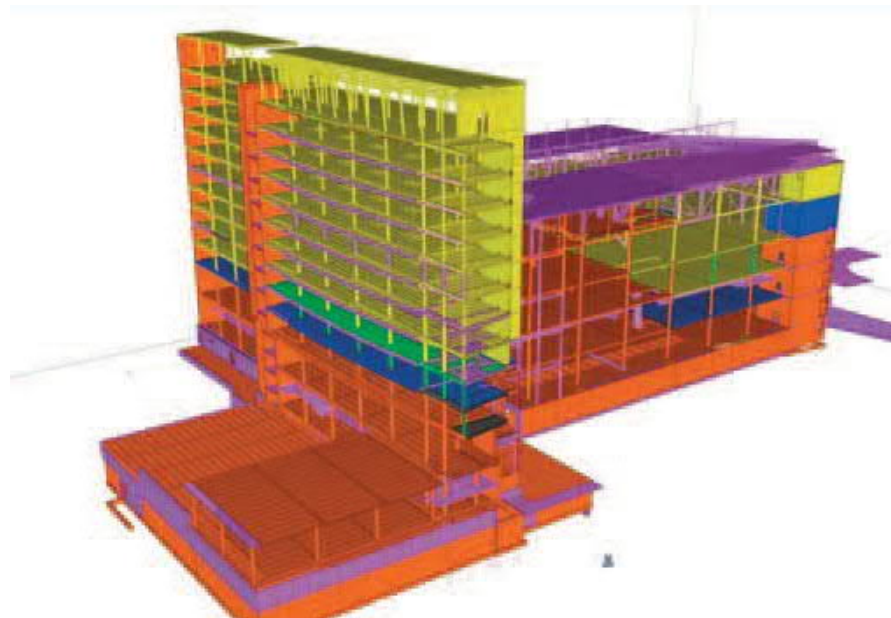
2.3.3 Aikataulun hallinta tietomallin kautta

Rakentamisen 4D-tietomallilla tarkoitetaan rakennettavan kohteen kolmiulotteisen mallin ja rakentamisaikataulun integraatiota. Integraation avulla rakentamisen etenemisestä pystytään luomaan tietokoneanimaatio. Tämä helpottaa aliurakoitsijoiden kanssa käytävää keskustelua, aliurakoitsijoiden ohjausta sekä eri työvaiheiden tilatarpeiden arviointia esimerkiksi varastoinnille ja telineille. (Khandoze & Staub-French 2007.)

Tietomalli voidaan sitoa aikatauluun, joka edesauttaa työn järjestyksen havainnollistamisessa ja näyttää projektin reaaliaikaisen tilanteen. Sen avulla kaikki osapuolet saavat välittömästi tietoa hankkeen aikataulusta. Liian tarkka mallin osien liittäminen aikatauluun saattaa kuitenkin vähentää investoinnin mahdollista tuottoa. Aikataulujen laatijan tulee

ymmärtää rakentamisen ja ajoituslogiikan sekvenssi. (Hardin & McCool 2015, s.72.) Tietomallipohjaisen aikataulun laadinta on mahdollista mallinnettujen rakenteiden osalta, mutta vain rakennekokonaisuuksien ja kokoonpanojen erittelytarkkuuden mukaisesti. Rakentamisaikataulun tekeminen tietomalliin edellyttää suunnittelijoilta mallin jaottelua tuotannon ja aikataulutuksen vaatimuksien mukaisiksi. (YTV2012, osa 13, s.4.) Yleisten tietomallivaatimusten mukaan tietomallipohjaisella aikataululla tavoitellaan tilaajalle annettavan rakentamisaikataulun täydentämistä sekä täydentävän suunnittelun järjestyksen ohjaamista. Tietomallissa voidaan esittää myös esimerkiksi suunnittelu-aikataulu toteutusaikataulun lisäksi. (YTV2012, osa 13, s.4.) Tietomallipohjaista aikataulua voidaan käyttää hankkeen kaikissa vaiheissa. Esimerkiksi rakentamisvaiheessa 4D-tietomallia käytetään työjaksojen osoittamiseen ja valmiiden töiden kustannuksien vahvistamiseen. (Hardin & McCool 2015, s.72.)

Hankekohtaisesti on sovittava rakennusaikataulun jakelumuodosta ja -tavasta muiden osapuolien käyttöön. Jakelu voidaan toteuttaa esimerkiksi 4D-tietomallista tuotettuna staattisena mallinäköymänä, jossa aikataulun tarkkuustasosta riippuen eri aikoina toteutettavat rakennusosat ilmenevät mallista värikoodeilla. (YTV2012, osa 13, s.4-5.) Kuvassa 2.8 on esimerkki runkovaiheen tietomallipohjaisesta aikataulusta. Värikoodeilla kuvataan runkovaihetta seuraavasti: oranssi = valmis/asennettu, sininen = kuluva viikko, vihreä = seuraava viikko, keltainen = aikataulutettu, yli kaksi viikkoa, lila = aikataulutettu, yli kaksi viikkoa, eri urakoitsija.



Kuva 2.8 Esimerkki runkovaiheen tietomallipohjaisesta aikataulusta (kuva: YTV2012, osa 13, s.5).

Perinteiset tiedonvälitysmenetelmät ovat tehottomia ja johtavat erilaisiin käsityksiin rakentamisprosessista. Tämän lisäksi työtä saatetaan tehdä todellisuudessa eri järjestyksessä, kuin alun perin on suunniteltu. Ongelmien esiintyessä yllättäen, joudutaan reagoimaan nopeasti ja tuotannon tehokkuus heikkenee ongelmia ratkaistaessa. Ennakoiva rakentamisprosessi edellyttää projektitiimiltä kykyä visualisoida rakennettava kohde neliulotteisesti (3D+aika). (Khandoze & Staub-French 2007.)

Khandoze ja Staub-French (2007) esittävät tutkimuksessaan kuusi olennaista askelta yksityiskohtaisen ja luotettavan 4D-aikataulun luomiseen. *Ensimmäisessä vaiheessa* työ tulee pilkkoa sopivan kokoiseen osiin ja suunnitella töiden jatkuva virtaus aliurakoitsijoiden välillä. Pääurakoitsija määrittelee yhdessä aliurakoitsijan ja työmaan valvojan kanssa kriittiset työvaiheet, oikeat työjärjestykset ja töiden virtauksen jatkuvaksi koko projektin ajaksi. *Toisessa vaiheessa* suunnitellaan asennusjärjestys pienemmille työalueille. Tässä vaiheessa korostuu eri toimialojen vaatimuksien ja tarpeiden tunnistaminen sekä keskinäiset suhteet. *Kolmannessa vaiheessa* järjestellään tietomalli tarkoituksenmukaisesti uudelleen. Asennusjärjestykset linkitetään tietomalliin järkevästi. Tämä vaihe on tavallisesti työläs ja aikaa vievä. *Neljännessä vaiheessa* tarkastetaan aikataulu ja korjataan se vastaamaan todellista työjärjestystä jokaisella työskentelyalueella. *Viidennessä vaiheessa* tietomallin objektit ja tehtävät linkitetään suunniteltuun aikatauluun. Linkitysprosessin automatisointi on mahdollista, mutta se riippuu käytettävistä ohjelmista. *Kuudennessa eli viimeisessä vaiheessa* viimeistellään 4D-aikataulun esittämistapa esimerkiksi värejä ja läpinäkyvyyksiä käyttäen.

Rakentamisen toteumatilanne voidaan esittää tietomallissa kirjaamalla rakenteiden ja järjestelmien toteutuneet asennusajankohdat malliin sovituin aikaväleihin, kattaen talotekniikka-osaat. Toteumatiedoista pystytään laatimaan katselumalli, joka välitetään koko projektitiimille sovitussa tiedostomuodossa ja sovitulla tavalla. Toteuma-aikataulun esittäminen tietomallin avulla on perinteistä aikataulun esitystapaa havainnollisempaa. (YTV2012, osa 13, s.5.)

Eastman et al. (2011, s.287-293) mukaan 4D-tietomallien kehittämisessä piilee myös ongelmia. *Mallin laajuus* on riippuvainen sen käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi vain markkinointiin ja tarjouskilpailuun kehitetyn mallin elinkaari on suhteellisen lyhyt. *Tarkkuustaso* tietomallissa riippuu siitä, kuinka paljon aikaa sen luomiseen käytetään ja mikä on mallin koko sekä visualisoitavien tehtävien määrä. *Ryhmittelyn* osalta haaste liittyy siihen, että suunnittelijoiden luomat ryhmittelyt sopivat harvoin suoraan aikataulutehtäviin. Näkyviä rakennusosia voidaan joutua myös *hajottamaan ja yhdistelemään*, jotta voidaan näyttää, kuinka ne rakennetaan.

2.3.4 Rakentamisen aikainen taloudenhallinta

Rakentamisen aikainen tehokas kustannustenhallinta edellyttää projektin suunnitelmallista toteuttamista. Kustannustenseuranta on helpompaa, jos suunnittelu on saatettu valmiiksi ennen töiden aloitusta. Kustannusten jatkuva seuranta edellyttää työn- ja projektijohdon valmiuksia, välineitä ja mielenkiintoa. (Kankainen & Siikanen 2004.)

Urakkamuodosta riippuen, suunnitelmat eivät välttämättä aina ole valmiit ennen rakentamisen aloittamista, jolloin tietomallien rooli korostuu osana suunnitelmia. Rakentamisen aikana muodostuneet lisä- ja muutostyökustannukset pystytään hallitsemaan paremmin tietomallin kautta määrälaskennan, ristiin vertailun ja visuaalisuuden avulla.

Rakennusprojektin aikana on koko ajan oltava selvillä, miten hanke etenee suhteessa suunnitelmiin ja tavoitteisiin. Edellytyksenä on tällöin ajantasainen tilannetieto sekä työnkäytön ja panosten hintakomponenttien hallinta. Tuotannon häiriötön eteneminen on oleellista, jolloin vältetään lisäkustannukset ja panosten hinnat pysyvät suunnitellulla tasolla. (Kankainen & Siikanen 2004.) Liu & Zhu (2007) mukaan ymmärrys projektista paranee ja suunnitelmat tarkentuvat, kun rakennushanke etenee. Tämä vaikuttaa osaltaan kustannusarvioiden ja ennusteiden tarkentumiseen.

Tietomallipohjaiset toteuma-aikataulut auttavat hahmottamaan ajantasaista tilannetietoa visuaalisuuden kautta, jolloin häiriöihin on mahdollista puuttua nopeammin. Tämä auttaa omalta osaltaan myös lisäkustannusten hallinnassa, kun poikkeamat havaitaan ja käsitellään välittömästi.

Työmaa-aikainen kustannustenhallinta edellyttää säännöllisyyttä ja systemaattisuutta. Määrätiedot tulee eritellä osakohteittain, kustannukset tulee yksilöidä panostasolle ja valvottavilla nimikkeillä tulee olla yhteys aikataulu- ja hankintatehtäviin. Lisäksi kustannusvalvonnassa tulee painottaa työkauppojen, materiaaliostojen ja aliurakoita koskevien sopimusten ennakkovalvontaa. Kustannuspoikkeamien syyt täytyy selvittää sekä laskut tulee tarkastaa ajallaan ja huolellisesti. (Kankainen & Siikanen 2004.)

Rakentamisen aikaisella kustannusten toteumatarkkailulla varmistetaan projektille määriteltyjen taloudellisten tavoitteiden saavuttaminen. Tarkkailu on järjestettävä niin, että sen avulla tuotantoa pystytään ohjaamaan suunnitellusti ja tavoitteet täyttyvät. Oleellista tarkkailussa on selvittää, miten projekti on mennyt ja kuinka se tulee jatkossa menemään. Puhutaan projektin taloudellisen lopputuloksen ennustamisesta, joka palvelee yrityksen tulos- ja rahoitussuunnittelua sekä projektin poikkeamien merkitysten havaitsemista ja toimenpiteiden tarpeiden tiedostamista. (Enkovaara et al. 2006, s.167.) Rakentamisvaiheen kustannuse seuranta ja projektin valvonta ovat projektin taloudellisen menestyksen kannalta kriittisiä tekijöitä. Korjaavia toimenpiteitä pystytään tekemään kustannuse seurannan ja ennustamisen avulla, jossa tarkastellaan sekä toteutuneiden että toteutuvien kustannusten eroavaisuuksia kustannustavoitteiden välillä. (Yin 2010.)

Työmaa-aikainen kustannustenhallinta on osa kokonaisuutta. Projektin ohjaamisen lisäksi tuotannon kustannusraportti toimii yhdessä muiden työmaiden raporttien kanssa yritysjohdon työkaluna yrityksen johtamista varten. Tarpeen mukaan raportti voi sisältää tietoa työmaan taloudellisesta tilanteesta, ennusteesta, toimenpiteistä tai vaihtoehtoista. (Kankainen & Siikanen 2004.)

2.3.5 Rakentamisen aikainen laadunvalvonta

Laatusuunnitelma laaditaan työmaakohtaisesti pohjautuen yrityksen laatujärjestelmään. Laatusuunnitelmalla pyritään varmistamaan hyvä toiminnan taso työmaalla ja siihen voidaan sisällyttää esimerkiksi työmaan organisaatio, aikataulut, töiden aloitukset ja tarkastukset sekä laskutuskäytännöt ja toimenpiteet häiriöihin reagoimiseen. Hyvin laaditulla tehtäväsuunnittelulla varmistetaan osittain laatuvaatimusten täyttyminen. (Koskenvesa et al. 2013, s.7, 40.)

Rakennustyömaalla työnaikaista laadunvarmistusta tehdään edelleen osittain perinteisesti paperityönä. Tarvittavat laatukirjaukset tehdään paperille ja dokumentti skannataan sähköiseen järjestelmään. Laatujärjestelmän vaatimat tarkastukset ja kirjaukset ovat laajat, joten paperisten pöytäkirjojen laatiminen ja arkistointi sähköiseen järjestelmään vie osan työnjohtajan päivittäisestä työajasta.

Mobiililaitteet ovat mahdollistaneet sähköiset laatukirjaukset, jotka voidaan tehdä suoraan sähköiseen järjestelmään työmaaolosuhteissa. Esimerkiksi Congrid-sovelluksella voidaan tehdä, tallentaa ja jakaa raportteja sekä seurata reaaliajassa virheiden ja puutteiden korjausta. Puhutaan niin sanotusta mobiilidokumentoinnista.

Rakentamisaikainen laatudokumentointi voidaan sisällyttää tietomalliin. Urakka-asiakirjojen sisältövaatimuksista riippuen, työmaa-aikaisien laatusuunnitelmien, -dokumenttien ja -raporttien linkittäminen tietomalliin on mahdollista siten, että tietomallista pääsee suoran linkin kautta käsiksi asiakirjoihin. Linkit tulee laatia loogisesti ja selkeästi, ja linkkien on oltava kaikkien projektin osapuolien käytettävissä. Avattu linkki voi johtaa esimerkiksi yhteiseen projektipankkiin, jossa dokumentti on kaikkien tarkasteltavissa. (Peippo 2015, s.37.)

Tietomallien päivityksen ja muutosten tekemisen tulee olla koko ajan hallittua suunnittelu- ja rakentamisprosessin aikana. Toiminnan on pohjauduttava ajantasaiseen tietoon ja jokaisen osapuolen on tiedotettava tietomalliin tehdyistä muutoksista. Eri suunnittelualojen malleilla on omat tietosisältönsä ja vaatimukset, joiden mukaan tietomallia tehdään ja päivitetään. (Peippo 2015, s.37.)

2.3.6 Rakentamisen aikainen riskienhallinta

Riskienhallinta voidaan määritellä sekä riskin tunnistamis- ja arviointimenetelmäksi, että menetelmäksi riskin vähentämiseksi hyväksytyllä tavalla (Tohidi 2011). Projektin riskienhallinnan päätavoite on tunnistaa, arvioida ja hallita projektin onnistumiseen liittyviä riskejä. (Lee et al. 2009.)

Riskienhallinta on erityisen monimutkaista ja tehotonta, jos sitä ei ole tehty projektin alusta lähtien. Tehokas riskienhallinta edellyttää asianmukaista ja systemaattista menetelmää sekä tietotaitoa ja kokemusta. (Serpella et al. 2014.) Yrityksen riskienhallintajärjestelmä voidaan integroida toiminnanohjausjärjestelmään, yrityksen strategiaprosessiin sekä johtamisjärjestelmään. Riskienhallintajärjestelmän tavoitteena on vähentää, poistaa ja hinnoitella rakennushankkeessa syntyviä riskejä. (Martin 2010, s.15.)

Toiminnanohjausjärjestelmän kautta ohjataan rakentamisaikaista riskienhallintaa. Järjestelmään kuvattujen prosessien eri vaiheissa tunnistetaan ja varaudutaan potentiaalsiin riskeihin. Työmaan päivittäisessä toiminnassa riskejä pyritään tunnistamaan ja hallitsemaan tehtäväsuunnittelulla, urakoiden aloituspalavereilla sekä tehtävien laaduntarkastustoimenpiteillä.

Rakentamisen riskit ovat asteittain kasvaneet viime vuosina johtuen projektien laajuuden kasvusta ja rakenteiden monimutkaistumisesta sekä uusien rakennusmetodien käyttöön otosta. Tämä edellyttää projektin kaikkien osapuolien riskienhallintataitoja kestävä, onnistuneen ja turvallisen projektin onnistumiseksi. (Kiviniemi et al. 2015b.)

Riskienhallintaprosessiin kuuluu kaiken kaikkiaan seuraavat päävaiheet: riskien suunnittelu, riskien tunnistaminen, riskien arviointi (laadullinen ja määrällinen), riskianalyysi, riskinotto, riskien seuranta ja riskienhallintaprosessin kirjaaminen (ISO 31.000:2018, 2009). Kiviniemi et al. (2016a) tutkimuksen mukaan tietomallista löytyy useita hyötyjä riskienhallinnalle. Tietomallien visuaalisuus auttaa aikaisten riskien tunnistamista ja riskien kommunikointia. Törmäystarkastelut auttavat fyysisten konfliktien havaitsemista mallista automaattisesti. 4D- rakennusaikataulu parantaa rakentamisen hallinnan tasoa ja auttaa riskien tunnistamista ja riskien kommunikointia. 5D -kustannusarvio auttaa suunnittelussa, valvonnassa, budjetin hallinnassa ja kustannusten perustelemisessä. Rakentamisen edistymisen seurannassa tietomalli parantaa laadun, turvallisuuden, ajan ja budjetin hallinnan tasoa. Turvallisuusnäkökulmasta tietomalli vähentää henkilökohtaisia turvallisuusuhkia. Tilahallinnan osalta tietomalli parantaa tilojen jakamista ja hallintaa suunnittelussa. Lisäksi tietomallit antavat tukea laadun valvontaan, riskien ennustamiseen, rakenneanalyysiin sekä yhteistyön ja kommunikaation helpottamiseen.

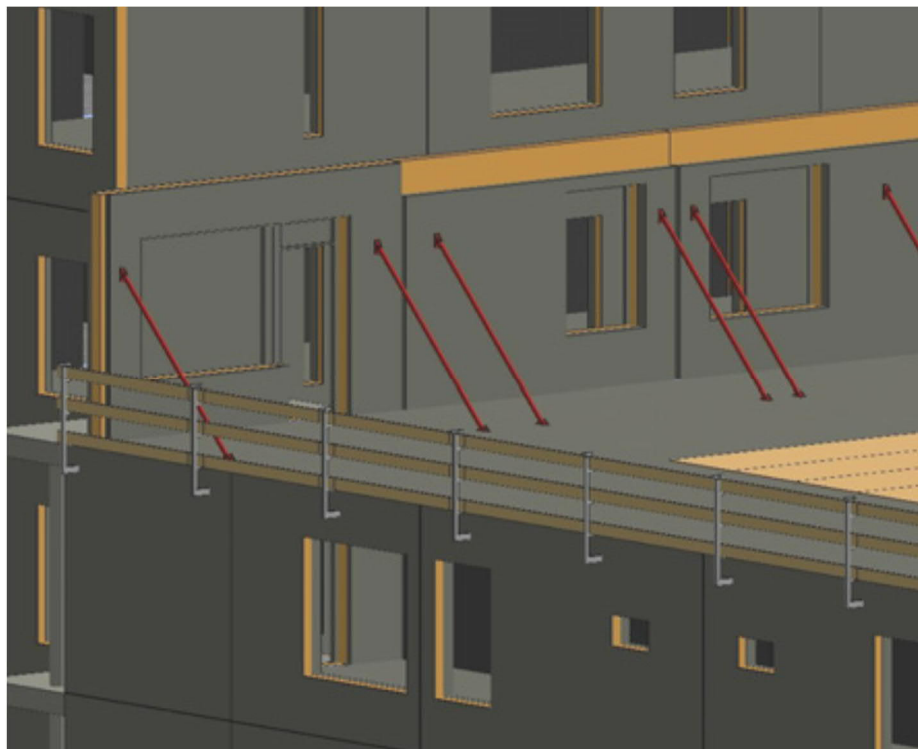
Kiviniemi et al. (2015b) mukaan uusien riskienhallintatekniikoiden sekä perinteisten riskienhallintamenetelmien ja -prosessien integroimisessa järjestelmällisesti ja tehokkaasti

tietomallipohjaiseen riskienhallintaan edellyttää linkkiä tietomallien ja riskinhallintajärjestelmien välille. Vaikka tietomalleja hyödynnetään riskien välttämiseksi tai pienentämiseksi useisiin eri tarkoituksiin, niiden hyödyntäminen riskienhallinnan prosesseissa kokonaisvaltaisesti on vajavaista.

2.3.7 Työturvallisuus

Tietomallin käyttömahdollisuudet työturvallisuusnäkökulmasta ovat kattavat ja niitä on kehitetty vuodesta 2009, jolloin VTT:n TurvaBIM-hanke aloitti työmaatuotannon mallintamisen ja turvallisuusjohtamisen kehittämisen. Työkaluina voidaan käyttää muun muassa Tekla Structures- tai SketchUp-ohjelmistoja. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.69).

Putoamis- ja aluesuunnitelmien laadinnassa voidaan hyödyntää tietomalleja ja niitä voidaan täydentää esimerkiksi rakennusyhtymän omalla objektikirjastolla, jossa on valmiita työturvallisuuteen ja aluesuunnitelmaan tarvittavia työmaaobjekteja, kuten torninosturi, telineet, elementtifakki, parakit, työmaa-aidat, kaiteet jne. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.68.) Kuvassa 2.9 on esitetty elementtiasennuksen aikaista tietomalliin sisällytettyä putoamissuojauksen suunnittelua. Kiviemi et al. (2009, s.49) mukaan turvallisuustehtävien liittäminen 4D-tuotannosuunnitteluun toimii seuraavana askeleena kohti tietomallipohjaisen turvallisuuden hallinnan parantamista. Esimerkiksi putoamissuojaussuunnitelma olisi aina ajantasainen, kun se on sulautettu 4D-tuotannosuunnitteluun.



Kuva 2.9 Mallinnus elementtiasennuksen aikaisesta putoamissuojauksen suunnittelusta (kuva: Kiviemi et al. 2009, s.50).

Tietomallin visuaalisuutta voidaan hyödyntää myös työmaan perehdytyksissä esimerkiksi virtuaalikierroksella ennen työmaalle jalkautumista, jolloin keskeisimmät vaaranpaikat voidaan etukäteen havaita ja saadaan luotua kokonaiskuva työmaasta. Pölynhallinnan osalta tietomallista voidaan tarkastella pölyhaittojen vaikutusalueet ja niiden tarvitsemat suojaukset voidaan eritellä ja havainnollistaa mallin avulla.

Sisällöltään mallinnettu aluesuunnitelma ei poikkea perinteisestä 2D-suunnitelmasta. Mallinnetussa aluesuunnitelmassa esitetään tontti rakennuksineen sekä kaikki perinteisessä 2D-suunnitelmassakin vaadittavat työmaan väliaikaiset varusteet, mutta työmaan aluesuunnitelmien mallintaminen mahdollistaa esimerkiksi varastointialueiden ja kulkureittien visuaalisuuden tarkastelemisen. (Lund 2014, s.47.)

Kuvassa 2.10 on esitetty Jätkäsaarella sijaitsevan Marco Polon / Tyynenmeren työmaan 3D-aluesuunnitelma. Suunnitelma on tehty SketchUp-suunnitteluohjelmalla ja siinä on hyödynnetty yrityksen valmiiksi luomia objekteja. Objektikirjasto mahdollistaa ajan säästön lisäksi myös sen, että aluesuunnitelmat ovat yhdenmukaisia eri työmailla.



Kuva 2.10 Marco Polon / Tyynenmeren työmaan 3D-aluesuunnitelma (kuva: Lund 2014, s.54).

2.3.8 Mobiililaitteiden hyödyntäminen työmaalla

Rakentamisessa mobiililaitteiden käyttö on muuttanut nykyaikaisia projekteja niin tietojen saannin kuin sen lisäämisen ja levittämisenkin osalta (Hardin & McCool 2015, s.32). Mobiililaitteiden käyttö onkin yleistynyt työmaiden käytössä ja niiden on todettu helpottavan paperipohjaisia käytäntöjä. Dokumentit ja suunnitelmat kulkevat työnjohtajien mobiililaitteiden, kuten tablettitietokoneiden ja älypuhelimien, mukana ja ovat aina saatavilla siellä missä niitä tarvitaan. Mobiililaitteiden käyttö säästää työnjohtajien ja työntekijöiden aikaa, kun suunnitelmia ei tarvitse lähteä hakemaan työmaatoimistosta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.72.)

Mobiililaitteet ovat ominaisuuksiltaan erilaisia ja ennen niiden käyttöönottoa työmaalla, täytyy tarkasti analysoida mitä vaatimuksia mobiililaitteilta edellytetään, jotta niitä pystytään työmaalla sujuvasti käyttämään. Sorvalisen ja Metelisen (2014, s.34) mukaan Tekla Field3D -ohjelmisto on teknisiltä ominaisuuksiltaan riittävän kevyt mobiilikäyttöä ajatellen. Tekla Field3D -ohjelmisto on saatavilla vain iOS-pohjaisille laitteille, joten laitteiden osalta tämä tarkoittaa Applen iPad tablettitietokoneiden käyttöä.

Tietomallien näkökulmasta mobiililaitteet mahdollistavat työmaolosuhteissa esimerkiksi yhdistelmämallin kautta eri suunnittelualojen mallien visuaalisen ristiin vertailun, jolloin voidaan välttyä asennusvirheilta ja niiden korjaamiselta. Urakoitsijoiden tutkiessa projektin tietomallisuunnitelmia saatetaan säästää aikaa ja kustannuksia. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.70.) Mobiiliteknologiaan perustuvat alustat pystyvät myös kommunikimaan järjestelmien ja hankkeen osapuolien välillä lähes reaaliajassa. Tämän mahdollistaa osaltaan työmaalta tulevan palautteen ja informaatiovirran nopean saannin, joka on aikaisemmin nähty ongelmana rakennustöissä. (Hardin & McCool 2015, s.32.)

Mobiililaitteet soveltuvat työmaalla tietomallien visuaaliseen tarkasteluun, mutta niitä voidaan hyödyntää myös esimerkiksi rakennuksen luovutusvaiheessa sähköisten puutelistojen laatimiseen, jolloin puutelistat ovat koko ajan ajantasaisia. Korjaaminen ja korjaamisen etenemisen valvonta tehostuvat. Aliurakoitsijan kuitatessa virheet sähköisessä järjestelmässä, pääurakoitsija saa ajantasaisen tiedon suoritetusta korjauksesta ja voi käydä tarkastamassa tehtävän suoritetuksi. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.72.)

Mobiililaitteita hyödynnetään nykyään myös yhteisten kalentereiden muodossa, johon voidaan merkitä esimerkiksi tavarantoimitusten aikataulut, nosto- ja purkuaikataulut sekä muut logistiikkaan liittyvät aikataulut. Myös laatuasiakirjojen ja -kirjauksien laatiminen mobiililaitteella on mahdollista tehdä sähköisesti tehtävän tarkastuspaikalla, jolloin vältetään ylimääräisiltä siirtymisiltä ja paperiversioiden skannaukselta sähköiseen muotoon. Kirjauksiin voi myös liittää tarkastettavasta tehtävästä mobiililaitteella otetun valokuvan. Mobiililaitteilla voidaan tehdä myös työturvallisuusmittauksia ja seurata niiden tasoa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.73.) Hardin ja McCoolin mukaan (Hardin & McCool 2015, s.

33) mobiililaitteisiin investoineet rakennusyritykset väittävät saaneen työtehokkuutta parannettua tietojenvaihdossa tapahtuneiden virheiden vähenemisen sekä vasteaikojen nopeutumisen perusteella.

2.4 Tietomallin käyttöönotto rakennusyrityksessä

Succorin (2008) mukaan tietomallin käyttöönotto on kolmivaiheinen. Vaiheet käsittelevät siirtymistä 2D-maailmasta 3D-maailmaan, mallinnuksesta yhteistyöhön sekä yhteistyöstä integraatioon. Vaiheet ovat kaukana toisistaan, mutta ne yhdistyvät pienillä inkrementaalisilla vaiheilla, jotka muodostavat saumattoman yhteyden vaiheesta toiseen.

Monet arkkitehtitoimistot osaavat 2D-dokumentaation ja ulkoisen 3D-visualisoinnin. Siirtymisprosessia 3D-muotoiluohjelmien käyttöön ei ole kuitenkaan yrityksissä suunniteltu, jolloin parametrien jakaminen mallin mukana jää saamatta. Tietomallit mielletään suunnittelutoimistojen omaisuutena, jolloin niistä tuotetaan CAD-asiakirjoja perinteisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti. Yritykset, jotka vaativat tietomalleja, alkavat ymmärtämään tietomallin hyötyjä muun muassa määrälaskennan ja erikoisuuksien tarkastelun osalta. Yrityksissä tarvitaan näkemystä siitä, miten tietomalleista voisi hyötyä. (Succor 2008.)

Yritykset, jotka saavat tietomalleja suunnittelutoimistolta, alkavat ymmärtämään myös yhteistyön merkityksen toisten konsulttien kanssa hyödyntääkseen tietomalleista saatavaa potentiaalia paremmin. Yhteistyön toimivuuden avulla saavutetaan osaamista muun muassa 4D-aikataulujen hyödyntämisessä, törmäystarkastelujen suorittamisessa ja saadaan merkittävä joukko analyyseihin perustuvia toimituksia. (Succor 2008.) Tietomallin käyttöönoton näkökulmasta rakennusyrityksellä on oltava BIM-osaamista eri tasoilla. Tarvitaan henkilöstön henkilökohtaista osaamista, tiimitason osaamista sekä johtotason ja hallinnon osaamista. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.89-90.) Lisäksi edellytetään organisaatiotason muutosprosessia.

Henkilötasolla vaadittava osaaminen voidaan jakaa yleiseen tietomalliosaamiseen sekä oman työtehtävän mukaiseen osaamiseen. Henkilön on ymmärrettävä tietomallinnuksen perusteet ja peruskäsitteet, tuntea käytön edellytykset sekä käyttöön tarvittavien ohjelmatyökalujen ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet. Lisäksi henkilöltä vaaditaan tietokoneiden ja mobiililaitteiden sekä tietoteknisten oheislaitteiden niissä tarvittavien perusohjelmien hyvää hallintaa. Perusviestintäohjelmien käyttö täytyy hallita tietomallipohjaisen työskentelyn tukena ja tiedonhallintajärjestelmien, kuten esimerkiksi projektipankkien ja muiden pilvipalveluiden hallinta täytyy osata. *Työtehtävän* mukainen osaaminen edellyttää tietomallin käyttöön liittyvien ohjelmatyökalujen ominaisuuksien ja käyttömahdollisuuksien syvällistä tuntemusta. Lisäksi tietomalleja tulee osata käyttää oman työtehtävän tukena. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.89.)

Tiimitason osaamisessa yhdistyvät henkilöstön oma osaaminen sekä tiimin kunkin jäsenen osaamisen yhteisvaikutus. Työmaan toimihenkilötiimillä täytyy olla tarvittava osaaminen. Jokaisen tiimin jäsenen on osattava käyttää mallien tarkasteluohjelmia ja niiden viestintätyökaluja, projektipankkia, pilvipalveluja sekä perussovellukset, jotka tukevat tiimityöskentelyä. Lisäksi tarvitaan jokaiselta tiimin jäseneltä kykyä toimia tiimin edun mukaisesti. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.90.) Succorin (2008) mukaan tietomallin käyttöönoton kolmas vaihe sisältää yhteistyön siirtymisen integraatioon, jonka ydintekijä on tietomallintaminen. Rakennusyritysten eri prosessitiimien ja muiden osapuolien yhteistyöstä voidaan puhua integroituna hankkeen toimituksena, Integrated Project Delivery (IPD), joka perustuu verkkointegraatioon. Tämän tyyppinen integraatio mahdollistaa rakentamisen alkamisen samaan aikaan kun suunnittelua viedään eteenpäin töiden edetessä.

Succorin (2008) teorian mukaan tietomallin kolmivaiheinen käyttöönotto edellyttää rakennusyritysten organisaatioilta osastoja, jotka vievät tietomallin käyttöönottoa vähitellen vaiheesta toiseen. Tämän vaiheesta toiseen siirtymisen edellytyksenä on tietomalliaskeleet ("BIM Steps") sekä yrityksen kyky tunnistaa, missä vaiheessa tietomallin käyttöönottoa yritys on. Tietomalliaskeleet voidaan jakaa teknologia-, prosessi- ja poliittisiin askeliin. Teknologian askeleet ovat virstanpylväitä ohjelmistoissa, laitteistoissa ja verkossa. Esimerkiksi BIM-työkalu mahdollistaa siirtymisen piirustusperusteisesta objekti-perustaiseen työnkulkuun. Prosessiaskleet sisältävät tehokkaan johtamisen, infrastruktuurin, henkilöresurssit sekä tuotepalvelut. Esimerkiksi yhteiset toimintamenetelmät ja tietokannan jakamistaidot ovat välttämättömiä tietomallipohjaisen yhteistyön mahdollistamiseksi. Poliittisilla askeleilla viitataan sopimusperusteisiin, lainsäädännöllisiin ja valmisteleviin muutoksiin. Muun muassa allianssipohjaiset ja riskinjakoon perustuvat sopimukset ovat edellytyksiä integroitujen käytäntöjen saavuttamiselle.

Johdon sitoutuminen uuden toimintatavan kehittämiseen ja käyttöönottoon on tietomalleja hyödyntävän toimintatavan edellytyksenä. Muutosjohtaminen korostuu yrityksen tietomallistrategian tavoitteiden saavuttamisessa. *Johtotason ja hallinnon* henkilöiltä edellytetään BIM-toiminnan käynnistämisen osaamisen osalta BIM-työkalujen, -käsitteiden ja -toimintojen esittämistaitoja henkilöstölle sekä standardoinnin, komponenttien kehitystyön ja teknisen kouluttamisen hallintaa. Hallinnollisen osaamisen osalta vaaditaan lisäksi strategisten tavoitteiden luomista ja niiden saavuttamista, henkilöstöjohtamista sekä tarjouksien, hankintojen ja urakoiden hallintaa. Johtotasolta edellytetään myös tutkimus- ja kehitysosaamista, joihin kuuluvat muutos- ja tietojohdamistaidot, yhteistyötaidot ympäröivän teollisuuden kanssa, käytettävien prosessien arviointi sekä uusien ratkaisujen tutkiminen ja fasilointi niiden käytön aloittamiseen. Johtamistaidoista korostuvat päätöksentekotaidot, pitkän tähtäimen strateginen näkemys, ihmisten johtamisen strateginen suunnittelu sekä organisaatioiden johtaminen. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.87.)

2.4.1 Organisaatio, asenteet ja osapuolien valmiudet

Organisaatiossa tapahtuvat muutosprosessit vaikuttavat väistämättä työyhteisöjen toimintaan ja edellyttävät monenlaista sopeutumista organisaation kaikilla tasoilla. Organisaatiomuutokset herättävät tavallisesti vastavoimia, joilla on hidastava tai jopa estävä vaikutus toivottuun kehitykseen. Tähän peilaten, täydellisen muutoksen hallitseminen on mahdollonta. Organisaatiomuutokset edellyttävät kaikkien henkilöiden henkistä työtä kahdella tasolla: rationaalista ongelmanratkaisua ja päätöksentekoa sekä omien tuntojen kokemuksellista läpikäymistä. (Pahkin & Vesanto 2013, s.4.)

Tietomallin käyttöönotto rakennusyrityksen päivittäisiin toimiin edellyttää organisaatiomuutoksia tai ainakin toimintatapojen muutoksia niissä sekä kuten edellä on todettu, resursseja, oikeanlaista osaamista, ymmärrystä ja asennoitumista. Muutosjohtajan rooli korostuu suotuisan kehitymis- ja oppimisilmapiirin rakentamisessa. Muutostilanne tulee johtaa hyvin, jolloin työyhteisön kehittämiseen osallistuu koko henkilökunta johto mukaan lukien. Ylimmän johdon sitoutuminen on oleellista muutokselle asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, s.84.) Organisaation uudistamisen tarkoituksena on varmistaa työyhteisön elinkelpoisuus myös tulevaisuudessa. Yksilö voi kokea muutokset epävarmuutena, epäilyinä, kyseenalaistamalla, vanhasta luopumisena ja uuden opetteluna. Muutos on aina myös taloudellisen näkökulman lisäksi inhimillistä. (Pahkin & Vesanto 2013, s.4.)

Rakentamisessa tehdään yhteistyötä monien osapuolien kanssa. Tilaaja, suunnittelijat ja aliurakoitsijat yhdessä pääurakoitsijan kanssa toteuttavat lopputuotteen. Osapuolien valmiudet ja resurssit tietomallien käyttämiseen ja hyödyntämiseen saattavat kuitenkin olla keskinäisessä tarkastelussa eri tasoilla. Tämä luo osaltaan haasteita yhteisten toimintatapojen saavuttamiselle tietomallin käytön näkökulmasta. Latvalan (2012, s.40-41) mukaan työmaalla mallinnuksen käyttöönoton onnistuminen on paljolti kiinni henkilöstön asenteesta. Mallivastaisien henkilöiden asenteet korjautuvat ajan kanssa, kun malli otetaan käyttöön ja todetaan konkreettisesti mallista saatavat hyödyt. Vanhentuneet toimintatavat ja sopimuskulttuuri, kokonaisuuden hallinta sekä eri osapuolien ja työmaahenkilöstön yhteistyö ovat tekijöitä, jotka luovat suurimmat haasteet tietomallinnuksen käyttöönotolle tuotannossa.

2.4.2 Tietomallin implementointi toiminnanohjausjärjestelmään

Khosrowshahi & Arayici (2012, s.629) löysivät tutkimuksessaan kolme keskeistä tekijää, jotka vaikuttavat tietomallin implementoinnissa rakennusteollisuuteen. Ensimmäinen tekijä on muutokset ja niiden hyväksyminen. Toinen on tietomalleihin liittyvän koulutuksen ja tietoisuuden kautta puuttuminen muutosvastarintaan. Kolmas tekijä on prosessien parantaminen rinnakkain koulutuksen ja tietoisuuden kanssa, jossa vastuunjakoja mietitään uudelleen.

Toiminnanohjausjärjestelmä eli Enterprise Resource Planning system (ERP-järjestelmä) kuvaa yrityksen toiminnan ja talouden ohjausjärjestelmää. ERP-järjestelmä voidaan kuvata tietojärjestelmäksi, joka rakentuu erilaisista toiminnallisista ohjelmistomoduuleista, kuten taloushallinnosta, tuotannosta, logistiikasta, asiakashallinnasta, henkilöstöhallinnasta, myynnistä, huollosta jne. (Teittinen 2008, s.11-12.)

ERP-järjestelmän käytöllä tavoitellaan yrityksen kannattavuuden ja kilpailukyvyn parantamista säästämällä yrityksen kustannuksia, kohdentamalla yrityksen resursseja sekä parantamalla yrityksen asiakaspalvelukykyä (Kouri & Vilpola 2006, s.7). Toiminnanohjausjärjestelmästä puhuttaessa on kuitenkin hyvä ymmärtää, että sillä ei tarkoiteta ainoastaan ERP-ohjelmistoa vaan myös yrityksen periaatteita, menetelmiä ja prosesseja. (Saari & Oijennus 2004, s.11).

Rakennusyrittäjille suunnatuissa toiminnanohjausjärjestelmissä hyödynnetään muun muassa tuotannon -ja projektinhallinnan tai määrälaskennan sovelluksia, jolloin sovellusalueen hyödyt liittyvät tiedonhallintaa ja sen hyödyntämiseen. Yhden järjestelmän käytön etuna on, että yrityksen toimintojen kokonaisuuksien hallinta ja yksinkertaistaminen selkiytyvät. (Räsänen 2016, s.22.)

Tietomallin käytöllä tavoitellaan niin ikään rakennusyrittäjien tuotannonohjauksen tehokkuutta etenkin tuotannon- ja kustannustehokkuuden kautta. Tietomallin avulla pystytään parantamaan tiedonhallintaa ja hyödyntämään sitä. Tuotannonohjaukseen voidaan katsoa liittyvän kaikki aikaisemmin mainitut rakennusyrittäjien sisäiset prosessit aina hankekehityksestä työmaan tuotantotoimiin asti.

Rakennuksen tietomallia ei tule pitää itseisarvona vaan se tulee nähdä työkaluna perinteisten toimintatapojen rinnalla. Rakennusyrittäjässä tietomallin käyttö sisäisissä prosesseissa tulee kuvata toiminnanohjausjärjestelmään, jolloin sen käyttötarkoitus on selkeää kaikissa organisaation tehtäväkentissä. Tämä edellyttää ohjeistuksien ja vuokaavioiden päivitystä sekä koulutuksien järjestämistä käyttöönnoton näkökulmasta.

Ruotsalaisen betonielementtirakennusjärjestelmien valmistajan, AB Stränbetongin kehitysinsinööri Tobias Svenbergin mukaan mallinnusohjelmiston linkittäminen yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään on erittäin tärkeää, jotta projektityöskentely olisi tehokasta. ERP-integraatiolla tehostetaan prosessia poistamalla virheitä, joita syntyy käsin syötettäessä. Lisäksi integraatio mahdollistaa tarjousvaiheen automaattisen kustannuslaskennan sekä toiminnanohjausjärjestelmästä suoraan tietomalliin tuotujen statustietojen avulla aika-aspektin sisältävän 4D-työskentelyn. (Tekla 2018.) Esimerkki on rakennustuoteteollisuuden alalta, mutta tulevaisuudessa tietomallin ja ERP:n välisiä integraation mahdollisuuksia tulisi kehittää ja hyödyntää myös rakennustuotannossa.

Uusien järjestelmien, kuten tietomallin käyttöönotto saattaa olla rakennusyrittäjälle haastavaa ja lisäksi merkittävän suuruinen investointi lisensiointeineen. Käyttöönoton

kustannuksia saattaa nostaa tietomallin integrointi osaksi jo olemassa olevaa toiminnanohjausjärjestelmää. Käyttöönottoon tulee panostaa riittävästi, jolloin tietomallista saatava hyötykin kasvaa. Tässä yhteydessä koulutuksen merkitystä ei voi liiaksi korostaa. Käyttöönotossa on hyvä käyttää asiantuntijoita, jotka avustavat ja kouluttavat sekä toimivat käyttöönoton jälkeisenä asiakastukena.

Tietomallipohjaisen toimintatavan jalkauttaminen konserniin ja sitä kautta sisäisiin prosesseihin edellyttää toimintaohjeiden kirjoittamista, jotka ottavat kantaa siihen, milloin tietomalleja on järkevää käyttää hankkeessa, mitkä ovat tietomallipohjaisen toimintatavan edellytykset, mitä tietomallilta vaaditaan, jotta siitä hyödytään rakennusyrityksessä ja miten sitä käytetään hyödyksi. Tietomallipohjainen toimintatapa tulee sulauttaa toiminnanohjausjärjestelmään. Lisäksi tarvitaan johdonmukaista koulutusta henkilöstölle, joten koulutusnäkökulma tulee myös sisällyttää toimintaohjeisiin.

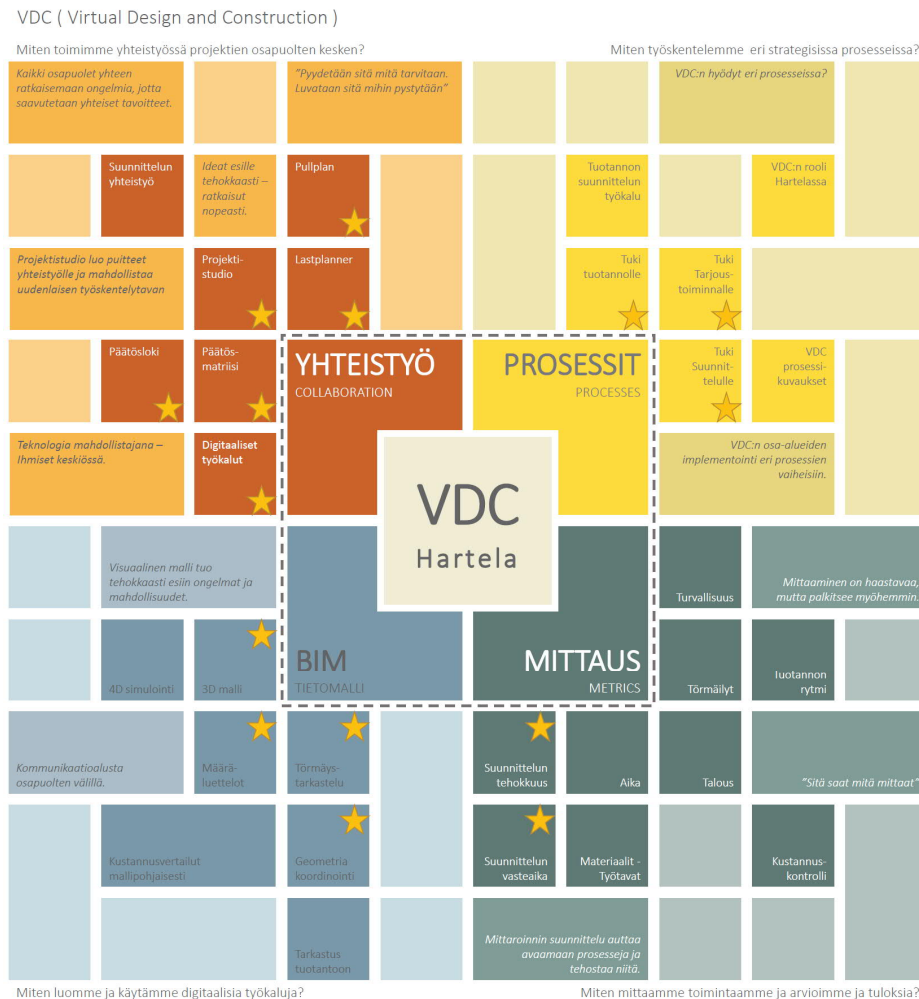
Tietomallin ympärille olisi hyvä rakentaa oma työryhmä, joka työskentelee päivittäin vain tietomalliasioiden kanssa ja kehittää yrityksen sisäisiä prosesseja kohti tietomallipohjaista toimintatapaa. Toiminta tulisi olla yhtiöiden välillä läpinäkyvää siten, että kaikki yhtiöt voisivat hyötyä työryhmän kehitystyöstä. Omien kokemusten mukaan yhtiöissä on osittain eri toimintatapoja ja asioita kehitetään yhtiöissä irrallaan toisistaan ilman riittävää läpinäkyvyyttä.

TYKS T3-sairaalan projektin osalta toimivien ohjelmien ja lisenssien saamiseen kului aikaa kolme kuukautta. Tässä kohtaa pitää kyseenalaistaa päätöksenteon sujuvuus saataavuuden osalta. Toimintaohjeissa tulee mainita toimintatavat tarvittavien ohjelmistojen ja laitteiden osalta, jotta niitä saadaan hankekehityksen, laskennan, hankinnan ja tuotannon käyttöön sujuvammin.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Virtual Design and Construction

Hartela Länsi-Suomi Oy:n hankekehitysjohtaja Miika Tuominen on laatinut Hartelan VDC-nelikenttämatriisin, jonka tarkoituksena on tehostaa esimerkiksi hankekehitysvaiheessa osapuolien yhteistyötä ja prosesseja. Virtual Design and Construction (VDC) voidaan katsoa koostuvan neljästä osatekijästä, joita ovat yhteistyö, prosessit, toiminnan mittaaminen ja BIM. Hartela Länsi-Suomi Oy:n hankekehitysjohtaja Miika Tuomisen mukaan nykyään puhutaan paljon projektistudiotyöskentelystä, joka on yksi osatekijä yhteistyössä, mutta siinä nivoutuu niin moni asia yhteen, että se usein käsitetään melkein koko VDC:n keskiöön. Kuvassa 3.1 on esitetty Tuomisen laatima Hartelan VDC-nelikenttämatriisi.



Kuva 3.1 Hartelan VDC-nelikenttämatriisi (kuva: Miika Tuominen, Hartela Länsi Suomi Oy 2017)

Projektistudiotyöskentelyn, josta nykyään käytetään myös nimitystä Big Room-työskentely, perusajatuksena on parantaa suunnittelijoiden välistä yhteistyötä ja poistaa esteet, jotka haittaavat tai viivyttävät suunnittelua. Tavoitteena on, että kaikilla osapuolilla olisi aina ajantasainen tieto käytettävissä. Projektistudio on tila, joka luo puitteet yhteistyölle ja mahdollistaa uudenlaisen työskentelytavan. Erikseen sovittuina päivinä, esimerkiksi joka toinen viikko suunnittelijat ja projektipäällikkö kokoontuvat kokonaiseksi työpäiväksi projektistudioon. Projektipäällikkö voi toimia tilaisuuden veturina, joka vie asioita eteenpäin. Tavoitteena on saada ideat tehokkaasti esille ja vietyä ratkaisut nopeasti päätökseen. Tämä vaatii kuitenkin ihmisiltä oikeanlaista asennoitumista ja erilaista lähestymistapaa asioihin. Jokaiseen tilaisuuteen täytyy valmistautua ja ennakkotehtävät täytyy olla tehtynä, jotta asioissa päästään eteenpäin. Kähkölän (2014, s.13.) mukaan yhteiset toimintatavat, tiedonkulun ja yhteistyön rooli korostuvat tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Organisoituun suunnitteluun ja suunnittelualojen rajapintojen yhdistämiseen täytyy kiinnittää erityistä huomiota.

Prosesseilla otetaan kantaa, miten yrityksen eri strategisissa prosesseissa työskennellään siten, että saadaan paras tuki suunnittelu-, tarjous- ja tuotantotoiminnoille. Prosessien kehittyminen vaatii eri osa-alueiden implementointia prosessien eri vaiheisiin. VDC:n rooli ja prosessikuvaukset Hartelassa täytyy olla määriteltynä.

Mittaus on tärkeää kehittymisen kannalta, vaikka onkin haastavin osa-alue näistä neljästä kentästä. Mittaamisen suunnittelu auttaa avaamaan prosesseja ja tehostaa niitä. Tuloksia täytyy arvioida ja kehitettäviin osa-alueisiin on puututtava. Haastavinta on selvittää mitä ja miten mitataan, jotta yrityksen prosessien ja toimintatapojen vahvuudet ja heikkoudet saadaan esille.

BIM ottaa kantaa siihen, miten yrityksessä luomme ja hyödynnämme digitaalisia työkaluja. Visuaalisuuden kautta yritys saa paremman käsityksen ongelmista ja mahdollisuuksista. BIM toimii kommunikaation alustana yrityksen prosessien sekä Stakeholderien välillä. Stakeholdereilla viitataan yrityksen ulkopuolisiin yhteistyökumppaneihin.

3.2 Toimintaympäristön kuvaus

Tämän tutkimuksen Case-työmaina hyödynnettiin TYKS T3-sairaalan projektia sekä Yli-Marian Ypsilon-koulun allianssihanketta. T3-kilpailu-urakassa tilaajana oli Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri, ja Hartela Länsi-Suomi Oy toimi hankkeessa projektinjohdourakoitsijana. Ypsilon-koulun projekti toteutettiin allianssimallilla, ja Hartela Länsi-Suomi Oy toimi niin ikään projektissa projektinjohdourakoitsijana. T3-sairaalan osalta projekti oli tuotannonsuunnitteluvaiheessa ja Ypsilon-koulun osalta projekti oli edennyt sisävalmistusvaiheeseen.

Hartela-Yhtiöt Oy:n alaisuudessa olevat tytäryhtiöt, Hartela Etelä-Suomi Oy, Hartela Länsi-Suomi Oy sekä Hartela Pohjois-Suomi Oy, toimivat rakentavina yhtiöinä. Tutkimuksen tekevä henkilö työskenteli Hartela-Länsi Suomi Oy:n alaisuudessa ja tässä tutkimuksessa esille tuodut työmaat olivat saman yhtiön urakoitavia projekteja.

Työmaiden lisäksi kyselytutkimuksen avulla kartoitettiin koko konsernin henkilöstön käsitystä tietomalleista ja niiden hyödyntämistä päivittäisissä tehtävissä. Kyselyn avulla saatiin siis kerättyä arvokasta tietoa tietomalliin liittyvistä asenteista ja ennakkoluuloista sekä nykyisestä käytön tilasta sisäisissä prosesseissa.

Työmaan tuotantotoimiin liittyvät seuraavat päätehtävät:

- Aikataulut
- Kustannukset
- Hankinnat
- Tehtäväsuunnittelu
- Laatu
- Työturvallisuus

Tämän lisäksi työmaan tuotanto-organisaatio tekee läheistä yhteistyötä sisäisten prosessien kuten hankekehityksen, laskennan ja hankinnan kanssa. Urakkamuodosta riippuen yhteistyön määrä vaihtelee. Esimerkiksi kilpailu-urakassa yhteistyö hankekehityksen kanssa ei välttämättä ole kovinkaan suurta, mutta gryndi-kohteissa, jossa oma hankekehitys ohjaa suunnittelua, yhteistyö saattaa olla viikoittaista. Laskennan ja hankinnan kanssa tuotanto tekee tiivistä yhteistyötä projektin aikana. Laskennan osalta yhteistyö painottuu enemmän kustannus- ja tavoitearvion laadintaan, hankinnan osalta yhteistyötä tehdään viikoittain työmaan hankintojen osalta.

Tuotannon aikatauluja on useita ja niitä laaditaan aina lisää projektin edetessä. Työmaalla laadittavia aikatauluja ovat yleisaikataulu, vaiheaikataulut, valmistelevat aikataulut, jotka tehdään 4-6 viikkoa ennen tehtävien aloitusta sekä kolmeviikkoaikataulut työnjohtajakohtaisesti. Aikatauluja ei kuitenkaan ole tarkoitus tehdä ainoastaan esimiehiä varten vaan sen on tarkoitus ohjata oman vastuualueen tehtävää työmaalla. Näin ollen aikataulu toimii perustyökaluna ja antaa tehtävän suorittamiselle aikaraamit, jonka sisällä tehtävä tulee suorittaa. Aikatauluja tulee myös seurata ja analysoida toteumaa suunniteltuun. Esimerkiksi kolmeviikkosuunnitelman jokaiselle viikolle asetetaan tavoitteet ja viikkotasolla seurataan toteumaprosenttia. Tätä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 2.3.1.

Kustannustenhallinta työmaalla perustuu litteroitain seurattavaan tasoon. Kustannusraportointiohjelmalla seurataan työmaan toteutunutta tilannetta tavoitearvioon ja ennustetaan projektin taloudellista lopputulosta. Tuotantoa pyritään ohjaamaan suunnitellusti siten, että tavoitteet täyttyvät.

Työmaa tekee tiivistä yhteistyötä hankintaosaston kanssa. Työmaalla laadittujen hankinta-aloitteiden pohjalta hankintaosasto lähettää potentiaalisille urakoitsijoille tarjouspyynnöt, vertailee tarjouksia, kilpailuttaa ne ja tekee yhdessä työmaan kanssa päätöksen valitusta urakoitsijasta. Hankinta-aloitteeseen sisältyvät muun muassa tehtävässä tarvittavat asiakirjat, kustannusraamit, aikataulut, laadulliset asiat, urakkarajat sekä työturvallisuus.

Tuotannon tehtäväsuunnittelulla varmistetaan tehtävän aloitusedellytykset sekä taloudelliset, laadulliset ja aikataululliset tavoitteet. Aloitusedellytyksien osalta varmistutaan tarvittavista resursseista (työ ja materiaali) sekä edellisten tehtävien valmistumisesta, joilla on riippuvuuksia seuraavalle tehtävälle.

Aloituspalavereissa urakoitsijan kanssa käydään läpi aikataulun ja tehtäväsisällön lisäksi laatuvaatimukset, joissa noudatetaan pääsääntöisesti *Rakentamisen Yleisiä Laatuvaatimuksia (RYL)*. Yleisten laatuvaatimuksien lisäksi rakennusyriyksillä voi olla omia laatuvaatimuksia tehtävästä riippuen. Yleensä näiden taustalla on kokemus hyvästä ja turvallisesta tavasta toteuttaa työtehtävä. Yrityksen omat laatuvaatimukset ovat pääsääntöisesti tiukempia kuin Rakentamisen Yleiset Laatuvaatimukset.

Työn turvallisuussuunnitelmat (TTS) ovat osa jokapäiväistä työmaan tehtäväsuunnittelua. Lähtökohtaisesti jokaisen työvaiheen riskit arvioidaan ja niihin varautuminen mietitään ennen töiden aloitusta.

3.3 Haastattelututkimuksen kuvaus

TYKS T3-sairaalan rakennuttajalle sekä Yli-Maarian Ypsilon-koulun allianssihankeeseen pääurakoitsijalle oli laadittu omat haastattelut. Haastattelututkimukset toteutettiin avoimilla kysymyksillä. T3-sairaalaprosjektin osalta haastattelulla pyrittiin tilaajan näkökulmasta kartoittamaan tietomallin käyttöönottoon laukaisevia tekijöitä sekä tilaajan vaatimuksia tietomallien käytöstä pääurakoitsijaa kohtaan. Haastattelussa esitettiin seuraavat kysymykset esitetystä järjestyksessä:

1. Onko Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirillä aikaisempaa kokemusta tietomallien käytöstä?
2. Mitkä tekijät laukaisivat päätöksen ottaa tietomalli mukaan projektiin?
3. Millaisia päätavoitteita tilaaja on asettanut tietomallille? Esim. osapuolien sitouttaminen, suunnitelmien yhteensovittaminen, rakentamisen aikaisien prosessien tehostaminen, jne. Onko päätavoitteet laadittu?
4. Miten tilaaja on hyödyntänyt tietomalleja? Onko niitä käytetty investointilaskelmien tukena, esim. vertailemalla ratkaisujen laajuutta, toimivuutta ja kustannuksia?
5. Mistä rakentamisen aikana käytettävät tietomallivaatimukset on saatu ja miten ne on huomioitu suunnittelussa?

6. Mitä vaatimuksia / odotuksia tilaajalla on muita osapuolia kohtaan tietomallin käytöstä? Onko vaatimukset kirjattu jo tarjouspyyntövaiheessa?
7. Miten eri osapuolet ovat suhtautuneet tietomallinnukseen ja sen tuomiin tehtäviin?
8. Mitä tilaaja odottaa tietomalleilta tulevaisuudessa?

Ypsilon-koulun osalta haastattelulla pyrittiin selvittämään tietomallien konkreettisia hyödyntämismenetelmiä tuotannossa, tietomallipohjaista yhteistyötä eri osapuolien kanssa sekä kehitettäviä osa-alueita Hartela-konsernissa tietomallin näkökulmasta. Haastattelussa esitettiin seuraavat kysymykset esitetystä järjestyksessä:

1. Onko haastateltavilla aikaisempaa kokemusta tietomallien käytöstä?
2. Miten tietomalleja on hyödynnetty tuotannon päivittäisissä toimissa? Onko tuotannonsuunnittelua tai aikataulutusta tehty tietomallipohjaisesti?
3. Miten yhteistyö eri osapuolien (suunnittelijat, aliurakoitsijat, jne.) kesken on toiminut tietomallinnuksen näkökulmasta?
4. Mitä esteitä tietomallinnuksen käytölle on ilmaantunut projektin aikana?
5. Oletteko saaneet tarvittavaa koulutusta ja / tai tukea tietomallien käyttöön? Jos olette niin keneltä? Ulkopuoliselta konsultilta tai joltain muulta taholta?
6. Miten eri aliurakoitsijat ovat suhtautuneet tietomallien käyttöön?
7. Mitä toimenpiteitä Hartelassa tarvitaan, jotta tietomalleja pystytään tulevaisuudessa hyödyntämään laajemmin ja tehokkaammin tuotannossa? Mitä kehitettävää Hartelalla on tästä näkökulmasta? Mitkä ovat mielestänne Hartelan valmiudet tällä hetkellä käyttää tietomalleja projektien tuotantotoimissa?
8. Mitä odotuksia haastateltavilla on tietomalleilta tulevaisuudessa?

Haastateltavat valikoituivat eri projekteissa ja eri tehtävissä toimivien ammattilaisten perusteella, joilla oli jonkin verran kokemusta tietomallintamisesta ja tietomallien käytöstä. Tarkoituksena oli saada näkökulmaa useammalta kuin yhdeltä projektilta. TYKS T3-sairaalan projekti oli diplomityötä tehdessä vasta tuotannonsuunnitteluvaiheessa, mutta toisaalta tilaaja oli panostanut tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja todennut tietomallisuunnitelmien olevan Suomen mittakaavassa aivan huipputasoa. Tuotantonäkökulmaa haettiin Ypsilon -koulun allianssihankeesta, jossa Hartela Länsi-Suomi Oy on toiminut pääurakoitsijana hyödyntäen tietomalleja tuotannossa.

3.4 Kyselytutkimuksen kuvaus

Kyselytutkimus toteutettiin konsernitason tasoisesti ja sen tarkoituksena oli selvittää yrityksen tietoisuuden ja käytön tasoa tietomallia koskien. Kyselytutkimus lähetettiin noin 390 henkilölle Lyyti Oy:n palvelun kautta. Kyselyn runko oli johdettu vaihtoehtojen pohjalta siten, että vastaaminen oli mahdollisimman nopeaa ja helppoa. Lisäksi kyselyrunkoon oli lisätty muutama avoin kysymys, joilla kartoitettiin tietomallien hyödyntämiskohteita sekä mielipiteitä tietomallista yleisesti tai yrityksen näkökulmasta.

Kyselytutkimus oli kahdeksanvaiheinen ja sisälsi seuraavat kysymykset esitetystä järjestyksessä:

1. Rakentava yhtiö.
2. Toimenkuva organisaatiossa.
3. Tehtäväkenttä organisaatiossa.
4. Tietomallin (BIM) tuntemus ja käyttö.
5. Jos valitsin edelliseen kysymykseen A tai B, niin voisinko hyötyä BIMin käytöstä omassa tehtävässäni?
6. Jos käytät tietomallia, niin kerro lyhyesti mihin tarkoitukseen.
7. BIMin käyttö viiden vuoden sisällä yrityksessä.
8. Vapaa sana koskien tietomallia (BIM). Voit tähän kertoa vapaasti mielipiteitäsi tietomallista yleisesti tai yrityksen näkökulmasta.

Kyselystä saatavien vastauksien perusteella laadittiin tilastot, jonka perusteella analysoitiin tietomalliin liittyvää tuntemusta ja käyttöä koko konsernin tasolla sekä yhtiöittäin. Lisäksi organisaation tehtäväkentän selvityksellä haettiin tarkennusta sisäisten prosessien hyödyntämisen tasoon tietomallia koskien.

3.5 Empiirisen tutkimusympäristön kuvaus

Kokemukset tietomallintamisen hyödyntämiseen tuotannossa liittyvät TYKS T3-sairaalan työmaahan, lähinnä tuotannonsuunnitteluvaiheeseen, johtuen hankkeen sen hetkisestä tilanteesta tutkimusta tehdessä. Sairaalan rungon rakentamisen oli määrä alkaa kesäkuussa 2018, kun tutkimus tehtiin kevään 2018 aikana.

Empiirinen tutkimusympäristö käsittää Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin T3-sairaalan rakentamisen Turkuun. Kyseessä on rakentamisen toinen vaihe, jossa 8-kerroksinen sairaala rakennetaan ensimmäisessä vaiheessa tehdyn kansirakenteen päälle. Sairaalan bruttoala on 53 700 m^2 ja tilavuus 265 150 m^3 . Sairaalan rakentaminen toteutetaan aikavälillä 1.6.2018-30.8.2021.

Projektinjohtourakoitsijan suunnittelunohjaus koskee toteutussuunnittelua hankintapaketien edellyttämien suunnittelupakettien osalta, hankintapäätösten mukaista täydentävien suunnitelmien laadintaa sekä suunnittelijoiden muuta rakentamisen aikaista täydentävää suunnittelua ja rakentamisen aikaisia tehtäviä. Suunnittelunohjausta ohjaa suunnittelu-aikataulu.

Työmaan viikkosuunnitelmassa käytetään Last Planner-menetelmää varmistamaan aikataulun toteutumista ja töiden yhteensovittamista. Viikkosuunnitteluun osallistuvat ali- ja sivu-urakoitsijoiden työnjohtajat omien tahdistavien töidensä aikataulutuksessa, noudattaen yleis- ja vaihe-aikataulun sallimia ajallisia raameja. Viikkosuunnittelu tehdään käännettynä aikatauluna, projektinjohtourakoitsijan ja urakoitsijoiden yhteensovittamana.

Viikkosuunnittelun aikataululliset tavoitteet asetetaan 6-9 viikon jaksoilla ja tavoitteiden toteutumista tarkastellaan ja mitataan tehtävien toteutumisprosentin (TTP) avulla.

Hankinnat suoritetaan osaurakoina. Hankintasuunnitelman ja -aikataulun mukaisesti kyselyt laaditaan urakkakohtaisesti. Hankintojen peruslähtökohtana on kooltaan ja sisällöltään järkevien urakkakokonaisuuksien luominen ja tekeminen oikea-aikaisesti hankintasuunnitelman mukaisesti. Hankintasuunnitelmaa päivitetään kuukauden välein hankintojen edistymisen mukaisesti. Kaikki hankinnat ja työt kilpailutetaan. Tarjouspyyntöjen yhteydessä lähetetään hankintapaketti, joka sisältää kohteen teknisten asiakirjojen lisäksi työturvallisuussuunnitelman, rakentamiseen liittyvät laadulliset vaatimukset, erityispiirteet kuten puhtausluokan ja logistiikan vaatimukset, ympäristölliset asiat ja projektinjohdourakoitsijan sopimusliitteet.

Kustannustavoitteissa pysymistä valvotaan jatkuvasti vertaamalla sitä hankintapaketti-kohtaisiin ennusteisiin ja ylitysten uhkaan reagoidaan välittömästi esimerkiksi kehittämällä suunnitelmia, muuttamalla urakkarajoja tai kilpailuttamalla aliurakoita uudelleen. Kustannuksia seurataan TCM Seuranta- ja TCM Tavoiteohjelmilla. Tehdyt hankinnat syötetään sidotuiksi kustannuksiksi ja laskut toteutuneiksi kustannuksiksi.

Laatutaso varmistetaan noudattamalla työvaiheissa projektinjohdourakoitsijan laatuksikirjaa sekä työmaalle laadittua yksityiskohtaista työmaan laatusuunnitelmaa. Laatusuunnitelmalla varmistetaan sopimuksen edellyttämät laadun-, turvallisuuden-, ympäristövelvoitteiden- ja riskienhallinnan toteutuminen työmaalla ja sen ympäristössä. Laatusuunnitelmassa esitetään työvaiheet, joista laaditaan erillinen työsuunnitelma. Työvaiheen työsuunnitelmassa määritellään työn sisältö, laatuvaatimukset, aikataulu, riskianalyysit, menetelmät, kalusto, työvälineet, työturvallisuus, laadunvarmistusmenetelmät sekä dokumentaatio. Riskeihin varaudutaan erillisellä riskienhallintasuunnitelmalla. Varsinaiseen tuotantoon liittyvät riskit käsitellään laatusuunnitelman mukaisten työsuunnitelmien riskianalyysissä.

Työturvallisuutta hallitaan työturvallisuussuunnitelmalla, joka on laadittu tilaajan ja projektinjohdourakoitsijan turvallisuusohjeiden sekä rakennusalan yleisten turvallisuusohjeiden pohjalta. Projektin turvallista toteuttamista tukee kohteelle laadittavat työmaasuunnitelmat jokaisesta merkittävästä tuotantovaiheesta.

4. TULOKSET JA TULOSTEN ANALYYSINTI

4.1 Haastattelujen tulokset

Haastattelut tehtiin TYKS T3-sairaalan tilaajalle sekä Hartela Länsi-Suomi Oy:n omalle tuotanto-organisaatiolle, joka työskenteli Yli-Maarian Ypsilon-koulun allianssihankeessa projektinjohtourakoitsijana. Molemmille osapuolille oli rakennettu haastattelut erikseen.

TYKS T3-sairaalan tilaajan haastattelu

TYKS T3-sairaalan tilaajan osalta haastatteluun vastasi Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin rakennuttamispäällikkö Tuomo Lehtisalo. Lehtisalon mukaan tekniikan ja ylläpidon organisaatiosta oli perustettu rinnalle oma projektinjohto-organisaatio TYKS T3-sairaalahanke varten ja näin ollen uudisrakentamisen näkökulmasta sairaalahanke oli pilottikohde tilaajalle tietomallin käyttöönotosta projektiin.

T3-hankkeen suunnittelu oli aloitettu jo vuonna 2014, kaksi vuotta ennen kannen rakentamista ja neljä vuotta ennen varsinaista sairaalan rungon rakentamista. Tällöin on otettu huomioon rakentamisen tulevaisuusnäkökulma ja katsottu tietomallin olevan osa rakentamista vuonna 2018, jolloin sairaalan rakentaminen alkoi. Lehtisalon mukaan tietomallin käyttöönottoon laukaisevia tekijöitä ovat olleet myös rakennuksen monimuotoisuus ja tekninen haastavuus. Lisäksi suunnittelu on aikanaan päätetty tehtäväksi 3D-tasolla, joista saadaan tulostettua 2D-tasopiirustukset.

Tietomallipohjaista toimintatapaa oli määrä noudattaa läpi koko hankeprosessin. Tilaaja edellytti tietomallinnusta käytettäväksi suunnittelun yhteensovittamiseen ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaisen hankeprosessin tukemiseksi. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri oli mukana myös KIRA-digihankkeessa tutkimassa, miten tietomallia pystytään hyödyntämään käyttöönoton jälkeen. Lehtisalo painotti, että myös rakennuksen käytön aikana eli rakennusprojektin jälkeen rakennuksella pitäisi olla oma tietomallikoordinaattori, joka huolehtii tietomallin päivittämisestä siten, että se on koko ajan ajantasainen rakennuksen todelliseen tilanteeseen verrattuna. Ilman tietomallien käytönaikaista päivitystä tietomallin käytöltä putoaa pohja pois.

Tilaaja on hyödyntänyt tietomalleja omassa toiminnassaan suunnitteluratkaisujen tarkistamiseen, suunnitelmien visuaaliseen tarkasteluun päivittäin sekä määrätietojen tarkasteluun. Gravicon Model Space-tilaohjelman kautta määrät päivittyivät suoraan tietomalliin. Lisäksi tietomalli toimi pohjana Cave-työskentelyn toiminnalle. Tuotetoimittajien valmiista komponenttikirjastoista saatiin todenmukainen tuotteen komponentti lisättyä tietomalliin.

T3-sairaalan urakkamuoto (kilpailu-urakka) on vaikuttanut osittain suunnittelijoiden käytettävissä oleviin tietomallivaatimuksiin. Esimerkiksi projektinjohtourakoitsija ei ole ollut suunnitteluvaiheessa antamassa omia vaatimuksiaan tietomalliin. Tietomalli kehittyi hankkeen edetessä tietomallisuunnitelman ja suunnittelijoiden käytäntöjen mukaisesti.

Tilaaaja vaati tietomallin käyttöä hankkeen kaikilta osapuolilta koko projektin ajan ja nämä vaatimukset oli kirjattu tarjouspyyntöasiakirjoihin. Projektinjohtourakoitsijalta tilaaja edellytti suunnitelmien ja toteutuksien yhteensovittamista tietomallivetoisesti.

Valtaosa hankkeen osapuolista suhtautui tietomallipohjaiseen toimintatapaan positiivisesti, johtuen osapuolien ymmärryksestä tietomallinnuksella saavutettavista hyödyistä. Lehtisaloon mukaan osapuolilta, joilta osaaminen puuttui, tuli vastarintaaääniä ja osittain oli havaittavissa myös pelkoa liittyen uusien järjestelmien ja ohjelmien käyttöön.

Tulevaisuudelta tilaaja odotti tietomallien osalta urakoitsijoiden valmiutta ja osaamista hyödyntää tietomalleja päivittäisenä työkaluna. Lisäksi tilaaja odotti KIRA-digihankkeen tutkimuksen kautta rakennuksen käytönaikaista hallinnan osaamista tietomallin kautta.

Yli-Maarian koulun tuotanto-organisaation haastattelu

Yli-Maarian Ypsilon-koulun allianssiurakan projektinjohtourakoitsijan organisaatiosta haastateltavina olivat Hartela Länsi Suomi Oy:n vastaava työnjohtaja Pasi Kirveennummi, projekti-insinööri Maija Aaltonen, työmaainsinööri Eeva-Stiina Suominen ja työnjohtaja Fredrik Lehtonen. Haastattelulla kartoitettiin tietomallien hyödyntämistä ja käytön kehittämistä rakennustuotannossa.

Vastaavalla työnjohtajalla ja työnjohtajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta tietomallien käytöstä ennen allianssihankeeseen ryhtymistä. Projekti-insinööri ja työmaainsinööri olivat molemmat käyttäneet Navisworks-ohjelmaa aikaisemmissa kohteissaan, muun muassa Hartela Länsi Suomi Oy:n rakentamassa Hangon Fermionin tehdastyömaalla, lähinnä visuaaliseen tarkasteluun.

Allianssihankeeseen tuotantovaiheessa yritettiin elementtiasennuksen aikataulua viedä tietomalliin. Lehtosen mukaan kokeilu kuitenkin pysähtyi. Tähän oli syynä osittain se, että tietojen viemistä malliin ryhdyttiin tekemään jo elementtiasennuksien ollessa käynnissä sekä se, että elementtejä tuli työmaalle hyvin epävarmasti. Nämä tekijät johtivat osaltaan siihen, että mallin päivittämiseen ei enää panostettu ajallisesti. Tietomalleja hyödynnettiin työmaalla visuaalisen tarkasteluun muun muassa talotekniikan risteilyissä sekä detaljien ja liitoskohtien tarkastelussa. Lisäksi tietomallista oli ajettu määräluetteluita.

Allianssihankeessa, kuten T3-sairaalan hankkeessa, tietomallin käyttö lähti tilaajan vaatimuksesta. Talotekniikkaurakoitsijoiden (TATE-urakoitsijoiden) asenne oli myönteinen tietomallien hyödyntämiseen ja asentajat kävivät kysymässä tietomallista saatavaa

visuaalista apua asennuksiin. Lisäksi TATE-urakoitsijoiden työnjohdolla ja nokkamiehillä oli osaamista tarkastella itse tietomalleja oman asennustyön tukena. Kirveennummi painotti kuitenkin sitä, että odotti urakoitsijoilta vahvempaa reagointia, jos näkivät tietomallista, että asennukset eivät tule onnistumaan. Näin ollen ongelmia olisi voinut ratkaista ennen kuin mestalle mentiin asentamaan. Ongelmia syntyi muun muassa siitä, että suunnittelijat olivat mallintaneet sellaisia osia, joita ei todellisuudessa ollut edes olemassa. Ongelmia aiheutti myös tietomalliin sovitut mallinnustoleranssit, eli mallissa olevan tekniikan keskinäiset sallitut päällekkäisyydet.

Allianssiprojektin aikana ilmaantui monenlaisia esteitä tietomallien hyödyntämistä ajatellen. Aaltosen mukaan suunnittelun tasossa ja suunnittelunohjauksen tasossa olisi ollut parannettavaa tietomallin näkökulmasta. Esimerkiksi ARK- ja RAK-mallit olivat keskenään osittain ristissä, joten malliin ei voinut täysin luottaa. Lisäksi varauksien osalta RAK- ja TATE-mallit olivat ristissä. Tähän vaikutti Kirveennummen mukaan osittain suunnittelijoiden kokemattomuus ja sitä kautta kyvyttömyys hahmottaa RAK-mallia tehdessä tarvittavat varaukset talotekniikalle. Talotekniikkamallit tulivat kuitenkin samalta suunnittelutoimistolta, mikä näkyi Aaltosen mukaan heti. Suurempia ristiriitoja ei ollut talotekniikkamallien välillä. Muut merkittäviä esteet liittyivät laitteiden, ohjelmien ja lisenssien saatavuuteen. Laitteet eivät olleet aluksi riittävän tehokkaita ja niiden päivittäminen uusiin vei liian kauan aikaa. Ohjelmia ja lisenssejä oli rajallisesti saatavilla. Työmaaolosuhteissa mobiililaitetta ei voitu käyttää johtuen laitteiden ja ohjelmistojen yhteensopimattomuudesta. Päivityksiä oli pyydetty mobiililaitteisiin ja ohjelmistoihin, mutta niitä ei saatu. Kokonaiskuva tietomallien käytöstä oli kuitenkin esteistä huolimatta enemmän hyödyllinen kuin haitallinen.

Tietomallien käyttöön liittyviä koulutuksia pidettiin työmaalla konsulttien toimesta, mutta Aaltosen mukaan tietomallien käytön oppiminen oli lopulta kiinni henkilöiden omista asenteista ja halusta oppia. TATE-urakoitsijoiden työnjohdolle ja nokkamiehille pidettiin myös yhteisesti koulutus Trimble Connect -ohjelman käytöstä.

Tietomallien käyttöönottamista Hartelan päivittäiseksi työkaluksi vauhdittaa Kirveennummen mukaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa valmistuneet tietomallit, jotta niitä pystytään hyödyntämään rakentamisen eri prosesseissa. Lisäksi Kirveennummi toteaa, että tietomallien käyttöönotto on osittain myös kustannuskysymys johtuen tietomallipohjaisen suunnittelun kustannustasosta verrattuna perinteisiin suunnitelmiin. Aaltosen mukaan oleellista olisi määritellä mihin tasoon mallinnetaan. Esimerkiksi arkkitehdin mallin tulisi olla sillä tasolla, että siihen voi täysin luottaa. Kirveennummen mukaan sama pätee myös talotekniikkamalleihin, niistä puuttui hankkeessa muun muassa kiinnikkeitä ja eristeitä eivätkä ne ole silloin täydellisiä malleja.

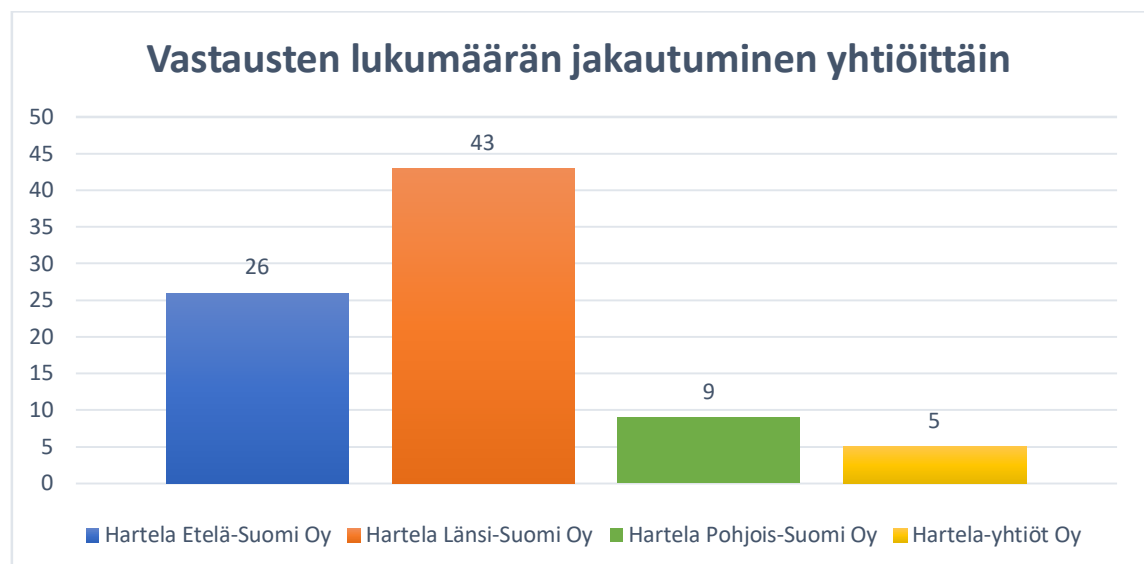
Tulevaisuuden näkökulmasta Kirveennummi oli skeptinen tietomallien murtautumisesta tuotannon päivittäiseksi työkaluksi. Tähän hän peilasi kymmenen vuoden takaista työ-

maata, jossa tietomallin käyttöä yritettiin tuotannossa, mutta yritys ei ottanut tuulta siipiensä alle. Kirveennummi totesi, että tietomallien käyttöönottaminen ja sen hyödyntäminen yrityksessä tulisi olla riittävän korkean aseman omaavan ja päätösvaltaisen henkilön toimesta määritelty ja tehty päätös. Tällöin sen käyttöönottaminen olisi konkreettisesti mahdollista. Lisäksi käyttöönotto on osittain myös kustannuskysymys. Aaltosen mukaan tietomallien käyttö ja hyödyntämisen taso ovat riippuvaisia myös urakkamuodoista.

4.2 Kyselytutkimuksen tulokset

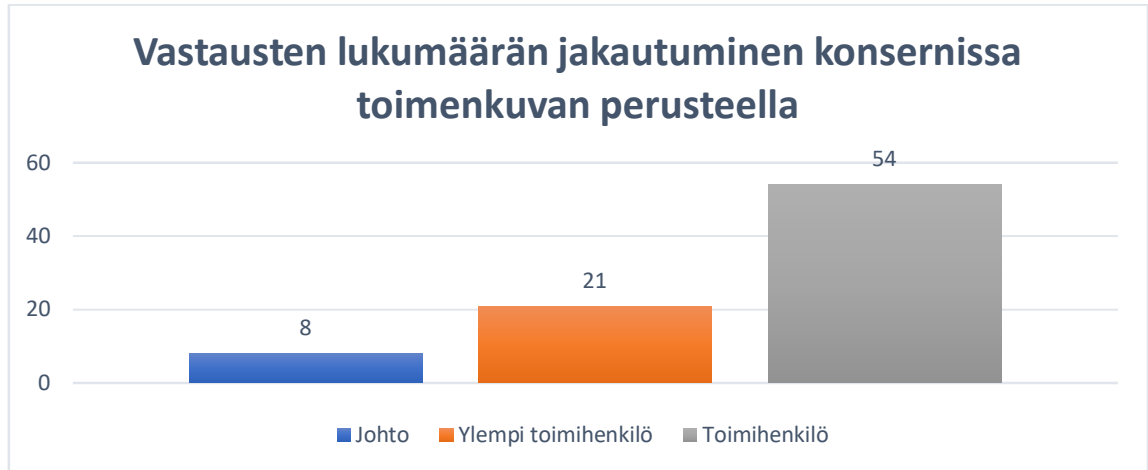
Kyselytutkimus lähetettiin kaikille Hartela-konsernissa työskenteleville eli noin 390 henkilölle. Vastajat olivat johtotason henkilöitä, ylempiä toimihenkilöitä ja toimihenkilöitä. Vastauksia saatiin 83 henkilöltä, joten vastausprosentiksi muodostui 21,3 %. Vastauksen prosenttilukua voidaan pitää hyvänä, sillä oletuksena on, että tietomalli aiheena ei koske kaikkia, joille kysely oli lähetetty.

Hartela Etelä-Suomi Oy:n vastausprosentti oli 31,33 % kaikista vastauksista. Vastanneista johtotason henkilöitä oli kaksi, ylempiä toimihenkilöitä kahdeksan ja toimihenkilöitä 16. Länsi-Suomi Oy:n osalta vastausprosentiksi muodostui 51,81 % kaikista vastauksista. Vastanneista johtotason henkilöitä oli kolme, ylempiä toimihenkilöitä kymmenen ja toimihenkilöitä 30. Pohjois-Suomi Oy:n vastausprosentiksi muodostui 10,84 % kaikista vastauksista. Vastajista oli ylempiä toimihenkilöitä yksi ja toimihenkilöitä kahdeksan. Hartela-yhtiöiden vastausprosentti oli 6,02 % kaikista vastauksista. Kolme vastausta tuli johtotason henkilöiltä ja kaksi ylemmiltä toimihenkilöiltä. Taulukossa 4.1 on esitetty vastauksien lukumäärän jakautuminen yhtiöittäin.



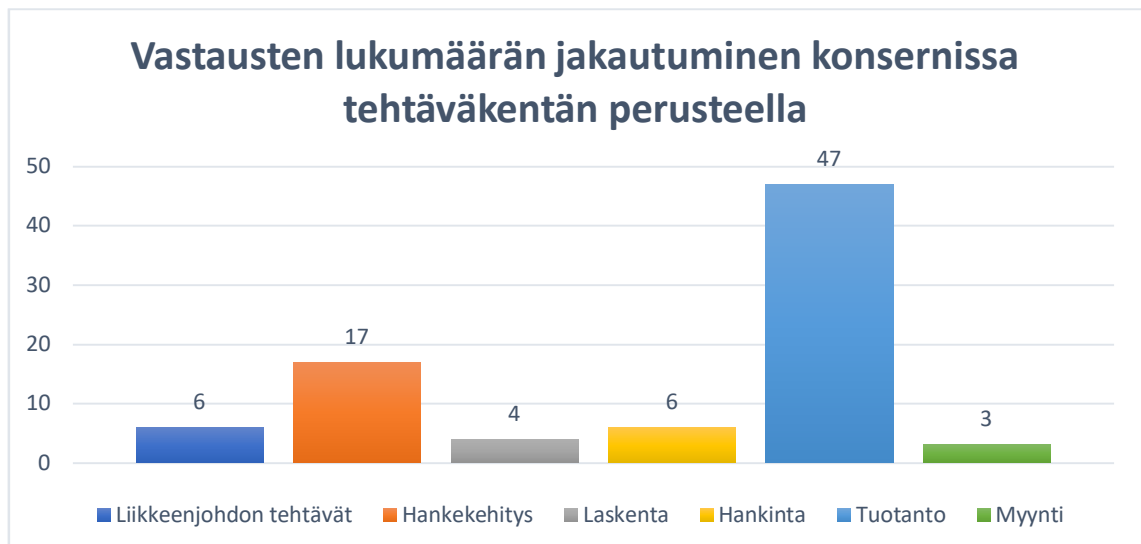
Taulukko 4.1 Vastausten lukumäärän jakautuminen yhtiöittäin.

Toimihenkilötason toimenkuvassa työskentelevät olivat suurin vastauksia antanut ryhmä 54 vastauksella. Ylemmistä toimihenkilöistä vastasi 21 henkilöä ja johtotason henkilöistä kahdeksan antoi vastauksen. Taulukossa 4.2 on esitetty vastausten jakautuminen konsernissa toimenkuvan perusteella.



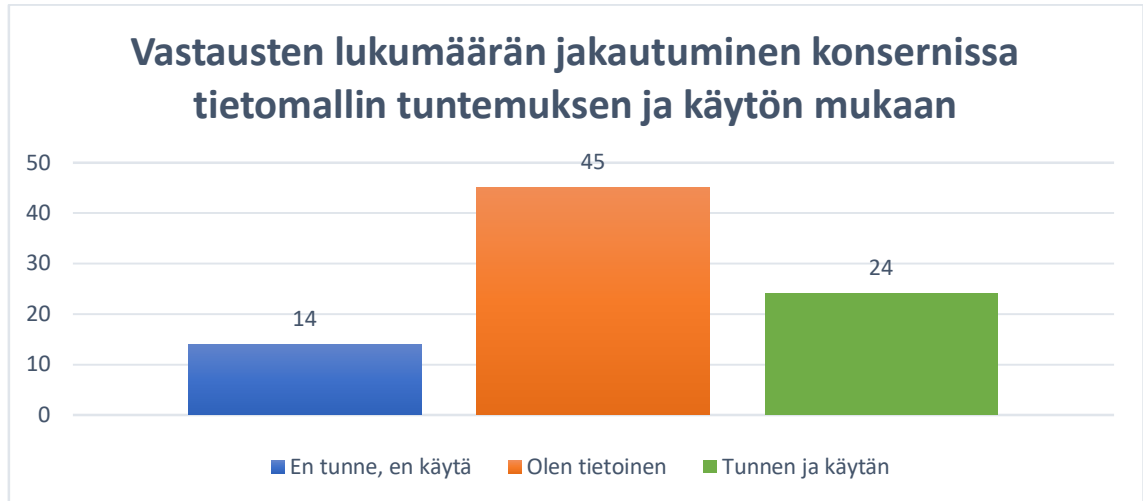
Taulukko 4.2 Vastausten lukumäärän jakautuminen konsernissa toimenkuvan perusteella.

Tehtäväkentän perusteella vastaukset jakoutuivat konsernissa taulukon 4.3 mukaisesti. Tuotannon työtehtävissä työskentelevät olivat suurin vastauksia antanut ryhmä 47 vastauksellaan ja näin ollen heidän vastausprosenttinsa oli 56,6 % kaikista vastauksista. Liikkeenjohdon henkilöistä vastauksensa antoi kuusi henkilöä, hankekehityksestä 17 henkilöä, laskennasta neljä henkilöä, hankinnasta kuusi henkilöä ja myynnistä kolme henkilöä.



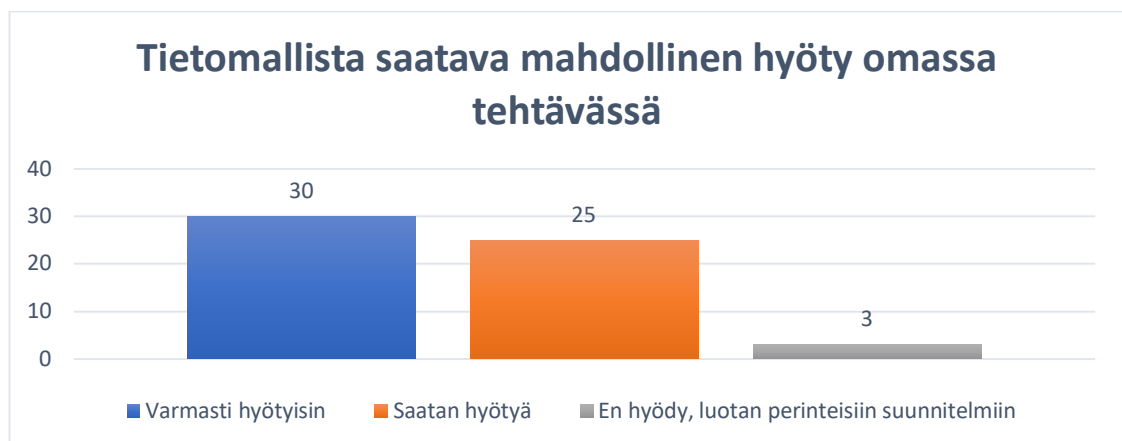
Taulukko 4.3 Vastausten lukumäärän jakautuminen konsernissa tehtäväkentän perusteella.

Vastaajista 54,2 % oli tietoisia tietomallista. Tietomallin tunsivat ja sitä käyttivät 28,9 % vastaajista, kun taas 16,9 % vastanneista henkilöistä ei tuntenut eikä käyttänyt tietomallia. Taulukossa 4.4 on esitetty vastausten lukumäärän jakautuminen tietomallin tuntemuksen ja käytön mukaan konsernissa.



Taulukko 4.4 Vastausten lukumäärän jakautuminen konsernissa tietomallin tuntemuksen ja käytön mukaan.

Tietomallista tietoisia olevat vastaajat sekä vastaajat, jotka eivät tunteneet eivätkä käyttäneet tietomallia, 51,7 % olivat sitä mieltä, että hyötyisi tietomallista varmasti. Vastaajista 43,1 % oli sitä mieltä, että saattaisivat hyötyä tietomallista. Vain kolme henkilöä eli 5,2 % vastaajista luotti perinteisiin suunnitelmiin eikä nähnyt tietomallista olevan hyötyä. Taulukko 4.5 havainnollistaa mielipiteitä tietomallista saatavasta mahdollisesta hyödystä omassa tehtävässä.



Taulukko 4.5 Tietomallista saatava mahdollinen hyöty omassa tehtävässä.

Mielipiteet tietomallin käytöstä tulevaisuudessa olivat jakautuneet melko tasaisesti konsernissa ja niitä on tarkasteltu taulukossa 4.6. Vastaajista 24 henkilöä eli 28,92 % oli sitä mieltä, että Hartela-konsernissa käytetään tietomallia viiden vuoden sisällä. Kolmen vuoden sisällä tietomallin käyttöön uskoi 25 vastaajan joukko eli 30,12 % vastaajista. Kymmenen henkilöä eli 12,04 % vastaajista uskoi tietomallin olevan käytössä vuoden sisällä. Tietomallia käytti tutkimushetkellä 24 henkilöä eli 28,92 % vastaajista.



Taulukko 4.6 Mielipiteiden lukumäärän jakautuminen tietomallin käytöstä tulevaisuudessa Hartela-konsernissa.

Kyselytutkimuksessa pyydettiin kertomaan mihin tarkoitukseen henkilöt käyttävät tietomallia. Lisäksi annettiin mahdollisuus kertoa mielipiteitä tietomallista yleisesti tai yrityksen näkökulmasta. Vastaajista 38 eli 46,9 % kertoi mihin käytti tietomallia työssään. Lisäksi mielipiteitä tietomallista saatiin 49 henkilöltä eli 60,5 %:lta vastaajista. Seuraavassa on poimintoja eri tehtävissä toimivien vastaajien mielipiteistä yhtiöittäin.

Hartela Etelä-Suomi Oy

Huomionarvoinen vastaus siihen, miten tietomalleja hyödynnetään, tuli Etelä-Suomen hankekehityksessä työskentelevältä ylemmältä toimihenkilöltä:

”Suunnittelunohjaukseen, laskentaan, hankintaan, tuotantoon ja markkinointiin”.

Etelä-Suomessa tietomallia käytettiin vastaajan mukaan kaikissa yrityksen sisäisissä prosesseissa jo tutkimusta tehdessä. Tuotannon ylempi toimihenkilö kertoi tietomallin käytön olevan vuoden sisällä seuraavalla tasolla:

”Aikataulutus, tehtäväsuunnitelmat, määrien tulostaminen, suunnitelmien visuaalinen tarkastelu, suunnitelmien risteilytarkastukset. Tärkeintä vaatia jo suunnitelmasopimuksissa se, mitä halutaan mallinnettavan ja missä muodossa mallit vaaditaan toimitettavan meille (jotta saadaan hyödynnettyä niitä mahdollisimman kattavasti). Määrien kanssa tiedettävä aika tarkkaan mitä tietoja mallista uskaltaa käyttää. Mallin tarkastaminen on työlästä, jos se on laadittu huonosti. Pidempi aikaiset suunnittelijakumppanuudet olisi mallinnusasiassa hyvä, koska mallinnusta voisi silloin kehittää yhdessä”.

Hankintaosaston ylempi toimihenkilö kertoi tietomallien ongelmista ja kertoi sen olevan käytössä seuraaviin tehtäviin:

”Määrien hyödyntämiseen. Elementtiosastoissa hyödyntäminen jos ei ole saatavissa elem. suunnittelukuvia. Mallit eivät vielä vastaa todellisuutta mm. määrissä. Luokittelemattomia sisältöjä löytyy vielä malleista”.

Hankekehitysosaston ylempi toimihenkilö käytti tietomallia suunnittelunohjaukseen, kustannusohjaukseen ja suunnitelmien yhteensovittamiseen. Hän näki tietomallin tärkeänä työkaluna yhteensovituksen kannalta:

”Erittäin tärkeä työkalu eri aselajien yhteensovituksen kannalta. Tulevaisuudessa tulisi kehittää tuotantoa hyödyttävää kevyempää mallia esim. logistiikan, aikataulutuksen ja hankinnan avuksi”.

Hankekehitysosaston toimihenkilö kertoi kaikkien suunnittelualojen mallinnuksen olevan pilotoinnissa uudessa kohteessa:

”Uudessa kohteessa pilotoidaan kaikkien suunnittelualojen mallinnusta asuntokohteessa. Mallia käytetään määrälaskentaan, työmaasuunnitelmien tekemiseen, karkeaan 4D-aikataulutukseen, mahdollisesti myös tehtäväsuunnitelmien tekemiseen. Suunnittelu on vasta alkutaipaleella. Mielenkiintoinen työkalu, tosin asuntolinja on lastenkengissä mallin käytössä ja hyödyntämisessä. Toivottavasti tulevaisuudessa kohteet mallinnetaan systemaattisesti ja saadaan kehitettyä niin hankekehityksen kuin tuotannonkin mallitietämystä ja intoa. Nyt into tuntuu olevan aika pientä. Mielenkiintoista nähdä, miten rakennusluvan myöntäminen onnistuu (pilottihankkeet Järvenpää ym.)”.

Tietomallien kehittämistä tuki myös hankekehitysjohdajan vastaus tietomallin käytöstä:

”Hankkeita suunnitellaan tietomalleina. Kommentit koskien vain asuntotuotantoa: Etelä-Suomessa on tällä hetkellä suunnitteilla asuntohanke, jossa testataan koko hankkeen osalta kaikkien suunnittelualojen mallintamista (aiemmin jo osin testattu). On laadittu tietomallinnusohjeet, joilla varmistetaan mallin hyödyntäminen myös kustannuslaskennassa, markkinoinnissa ja tuotannossa”.

Laskennan toimihenkilö totesi tietomallin liittyvistä ongelmista seuraavasti:

”Meillä tietomallin käyttö on vasta alussa. Tällä hetkellä tutkiskelen tietomalleja Solibri Model Checkerin avulla. Tarkoitus opetella myös BIMin käyttö. Ongelmana tällä hetkellä on ettemme me saa suunnittelijoilta ”täydellisiä malleja”. Malleissa on paljon virheitä ja puutteita. Ongelman ydin lienee se, että Hartelalla ei ole hyvää ja kattavaa ohjeistusta tietomallin tekijöille. EMME TIEDÄ MITÄ HALUAMME. Hartelalla tulisi olla täydellinen ohjekirja suunnittelijoille. Saisimme malleista aina samat asiat samoilla ”koodeilla” => määrälaskenta ja hinnoittelu olisi nopeampaa ja tarkempaa”.

Myyntiosastolla työskentelevä asiakaspalveluinsinööri näki tärkeäksi päästä kunnolla käsiksi tietomalleihin:

”Olin syksyllä mukana Kira-Akatemia-nimisessä opinto-ohjelmassa ja ryhmätyömme aiheena oli tietomallien hyötykäyttö. Toivoisin että tietomallit tulisivat meilläkin osaksi jokapäiväistä arkea. Olen asiakaspalveluinsinöörin hommissa täällä Hartelassa ja työtäni helpottaisi kovasti jos pääsisin kunnolla käsiksi tietomalleihin. Tarvitaan seuraavia asioita: -että tietomallit on tehty, täytetty ja ajan tasalla – tietoisuutta ja infoa – käyttökoulutusta – lisäksi tietomallia ei kannata hylätä kun projekti on valmis”.

Hartela Länsi-Suomi Oy

Hartela Länsi-Suomi Oy:n johdon henkilö kannatti tietomallin hyödyntämistä ja toi esille toimenpidesuunnitelman laatimisen:

”Kannatan ehdottomasti tietomallin hyödyntämistä. Meidän pitäisi hyvin nopeasti ratkaista, miten saamme riittävät resurssit ja osaamisen kohdistettua asiaan, jotta tietomallin hyödyntäminen alkaisi tulla osaksi normaalia toimintaamme. Lisäksi tarvitsisimme asiaan toimenpidesuunnitelman, eli mitä, koska ja missä asioita viedään eteenpäin”.

Hankekehitysosaston toimihenkilön mukaan joitakin monimuotoisempia kohteita tai osia kohteista on jo mallinnettu:

”Olemme mallintaneet joitakin monimuotoisempia kohteita tai osia kohteista (esim. asuinrakennuksen yhteydessä oleva monitasoinen autohalli) ja tehneet yhdistelmämallia. Tietomallit eivät kuitenkaan ole jokapäiväisessä käytössä. Mielestäni tietomalleja ei vielä hyödynnetä riittävällä tasolla ja osaamisessamme (toimistolla ja työmaalla) on kehitettävää. Toivottavasti tulevaisuudessa saamme tietomallit käyttöön perustekemiseemme”.

Tuotanto-osaston toimihenkilön mukaan tietomalleja on yritetty tarkastella työmaalla, mutta mallit ja laitteet ovat olleet vajavaisia:

”Olen muutamia tietomalleja yrittänyt tarkastella saadakseni selvää suunnitelmista, mutta jaettu malli on ollut joko vajavainen (pelkät putket) tai käyttö kannettavalla ei ole

ollut kovin hyvää. Jos tietomallit saadaan suunnitteluvaiheeseen kunnolla mukaan, voi niistä olla hyötyä myös työnjohtoon. Tämä vaatii toki tietokoneiden ja tablettien päivitystä parempaan. Myös käyttökoulutusta olisi tällöin tarpeen”.

Tuotannon toimihenkilö näkisi hyötyvänsä tietomallin käytöstä, vaikka ei sitä käyttäneenkään kyselytutkimuksen hetkellä:

”esim. tekniikan risteilytarkasteluun ja korkomittojen hankintaan sekä rakenteiden koko- ja materiaalitarkasteluihin. Tieto-osa vielä huonosti käytössä, enemmänkin pelkkä 3D-malli”.

Tuotannon toimihenkilö käytti tietomallia apuna suunnitelmien tarkastelussa ja hankinnan valmisteluihin:

”Haen mallinteesta lähinnä mitoitustietoja ja käytän apuna joissakin tarkastuksissa ja hankintojen valmistelussa. Mallinteet työmailla tuntuvat yleistyvän kokoajan ja osaamisen yrityksemme sisällä on kuitenkin kovin vähäistä. Itse olen tuskaillut vähäisen avun kanssa. Mallia on saanut ihan itse opetella käyttämään ja apuja ei firman sisältä juuri ole saatavilla. Turhauttavaa jossain määrin koska tiedän kuinka paljon mallinteesta olisi hyötyä saatavilla irti jos osaisi paremmin käyttää”.

Tuotannon ylempi toimihenkilö vaati tietomallin käyttöä omissa kohteissa:

”Mallin käyttöä tulisi vaatia omissa kohteissa kaikkien suunnittelualojen osalta”.

Hankinnan toimihenkilö uskoi hyötyvänsä tietomalleista ja kertoi alkavansa käyttämään tietomallia hankinnan tukena, kunhan saa tehokkaamman koneen käyttöönsä:

” Tunnen ohjelman ja alan käyttämään tai siis alan yrittää käyttää kunhan saan sen pyörimään koneellani. Uusi tehokkaampi kone on tulossa. Arvelen, että voin hyödyntää sitä määrien laskemisessa ja rakennuksen hahmottamisessa, siinä että näen, millaisia lasiseiniä on ja missä, missä on kaikki tilat, esim wc:t ja aulat ja paljonko niitä on että osaa itsekin hahmottaa esim asioiden suuruus/kokoluokkaa. Sillä varmaan saa näppärästi, kun pääsee ohjelmaan sisälle, itselleen hahmotettua esim sen, että missä on betoniseiniä ja missä kipsilevyseiniä ja missä lasia ja metalli jne jne. Mittaustyökalu on varmaan myös ihan näppärä eli saa helposti jonkin kaiteen pituuden tai muurin korkeuden jne.. En tiedä vielä muuta kuin mitä olen toisten olan takaa katsonut. Ilmeisesti pitää olla tehokas kone ja riittävästi oikeuksia tai oikeanlainen lisenssi, että siitä saisi kaikki irti..? Maksaa..? Osataanko hyödyntää koko rahan edestä? Niin kuin kaikki muutkin koneet, laitteet ja ohjelmat, niihin pitää perehtyä ja niihin pitäisi olla halu tutustua ja oppia ja opetella , en sano, että palavasti mutta jos ei ole yhtään kiinnostunut niin eihän siitä mitään tule. Ohjelmaan varmasti tutustuu kunhan vain klikkailee erilaisia nappuloita ja katsoo, mitä tapahtuu mutta jonkinlainen manuaalikin olisi toivottava”.

Laskentaosaston ylempi toimihenkilö näki tietomallien esiintyvän koko ajan enemmän tarjousmateriaaleissa ja kertoi, että käyttäisi tietomalleja määrälaskentaan, jos ne olisi paremmin laadittu:

”Ne mallinnukset, joita olen tutkinut/katsellut ovat olleet vielä aika alkeellisia, mutta kehitystä tapahtuu koko ajan. Urakkalaskennassa lisääntyvässä määrin malli on mukana jo tarjousmateriaalissa, mutta ei useinkaan vielä niin pitkälle vietyä, että varsinaista hyötyä saisi esim. määrien tarkistukseen”.

Hartela Pohjois-Suomi Oy

Hartela Pohjois-Suomen tuotannon toimihenkilö kertoi käyttävänsä tietomallia muun muassa suunnitelmien tarkasteluun, massoitteluun sekä paikka- ja korkotietoihin:

”Mallintaminen ehdottomasti tätä päivää ja varsinkin tulevaisuutta. Mahdollisuudet lähes rajattomat. Vaatii kouluttautumista niin suunnittelijoiden kuin tuotannonkin puolelta”.

Tuotannon toimihenkilö kertoi opiskelevansa tietomallia oman ammattitaidon ylläpitämiseksi:

”Tämän hetken tietämyksen puitteissa pitäisi löytää avoin ratkaisu mahdollisimman nopeasti. Siten että BIM:iä voitaisiin hyödyntää myös dokumentaatiossa, sekä kehittää omia ratkaisuja tarpeen mukaan ilman minkään toimittajan sidonnaisuutta. Sähköpostin käyttöä tulisi välttää kaikin keinoin. BIM-malli tulisi hyödyntää esim. käyttäen bimserver.org tarjoamaa avointa ratkaisua”.

Tuotannon toimihenkilö kertoi käyttävänsä Tekla Structures-ohjelmaa ja toivoi lisää koulutusta:

”aikataulutus/seuranta, määrälaskenta Solibri Model Checker: törmäilytarkastukset, määrälaskenta aikataulutusta varten Archicad: 3D työmaasuunnitelma. Tietomallien hyödyntäminen tulee toivottavasti lisääntymään työmailla ja laskennassa. Riittävästi koulutuksia tietomallien käyttäjille”.

Myynnin toimihenkilö kertoi olevansa tietoinen tietomallista ja saattavansa hyötyä siitä:

”Olen osittainen tietoinen tietomallista ja sen tarjoamista mahdollisuuksista. Sen hyödyntämisestä asukasmuutoksissa voisi tulevaisuudessa olla jotain hyötyä. Esimerkiksi asukkaiden LVIS-muutosten koordinoinnissa ettei tule päällekkäisyyksiä jos jotain muutetaan”.

Hartela-yhtiöt Oy

Hartela-yhtiöiden johtohenkilö näki tietomallin olevan yrityksen käytössä vuoden sisällä tutkimuksen teon hetkestä ja totesi tietomallien käytöstä seuraavasti:

” Tietomallin käytössä on hajonta varmasti hyvin suurta, varsinkin kun huomioidaan sen hyödyntämisen aste. Tietomallin ei pitäisi olla itsetarkoitus ilman selkeää näkemystä kuinka sitä hyödynnetään. Tarvitsemme myös yhteisen konsernitasoisen ohjeistuksen”.

Toinen johtotason henkilö uskoi tietomallin olevan yrityksen käytössä kolmen vuoden sisällä:

” Hyötyisimme kovasti tietomallien käytöstä monin eri tavoin vaikka en suoraan tuotannon kanssa työskentelekään”.

Taulukossa 4.7 on koottu yhteen Hartelan eri yhtiöissä työskentelevien henkilöiden tietomallien käyttöä tehtäväkentän perusteella. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että kaikki tehtäväkentät hyötyvät tietomalleista. Visuaalista tarkastelua ja määrätietojen hyödyntämistä käytetään kaikissa prosesseissa tukena.

Tietomallien hyödyntäminen tehtäväkentän perusteella			
Hankekehitys	Laskenta	Hankinta	Tuotanto
Visualisointiin kokouksissa	Visuaaliseen tarkasteluun	Määrätietojen hyödyntämiseen	Kohteen yleiskuvan kartoittamiseen
Risteilyjen tarkasteluun	Määrälaskentaan	Elementtistöissä hyödyntämiseen	Työmaatoimintojen / aluesuunnitelman suunnitteluun
Suunnittelunohjaukseen		Rakennuksen hahmottamiseen	Hankinnan valmistelujen tukena
Kustannusohjaukseen			Hyödyntäminen aikataulujen teossa ja seurannassa
Suunnitelmien tarkasteluun ja yhteensovittamiseen			Määrätietojen tulostamiseen
Hankkeiden massoitteiluun			Rakennusosien ja materiaalien selvittämisessä
Suunnitelmien perehtymiseen			Työn suunnittelussa
Suunnitteluratkaisujen vertailuun			Mitoituksissa ja korkomittojen hankinnassa
Visualisointien laadintaan			Talotekniikan ja talotekniikkaristeilyjen tarkastukseen
			Rakenteiden koko- ja materiaalitarkasteluun
			Detaljikonaisuuksien tarkasteluun
			Elementtien tarkasteluun
			Reikäkuvien tarkasteluun
			Kuvasieppauksien / osatulosteiden ottamiseen
			Virheiden ennakointiin ja reagointiin
			Kohteen havainnollistamisessa urakoitsijoille

Taulukko 4.7 Tietomallien hyödyntäminen tehtäväkentän perusteella.

4.3 Haastattelujen, kyselytutkimuksen ja kirjallisuustutkimuksen vertailu

Tilaaajaosapuoli

Tilaaajan haastattelu tukee kirjallisuudessa esitettyä väitettä, jonka mukaan tietomallipohjaisen hankkeen onnistuminen on kiinni tilaaajan tietomalliosaamisesta ja -ymmärtämisestä. Lehtisalo totesi haastattelussa, että T3-sairaalahankkeelle oli perustettu oma projektinjohto-organisaatio, johon kuului myös organisaation nimeämä tietomallikoordinaattori. Tilaaaja oli ymmärtänyt, että tietomallista saadaan apua sairaalahankkeen monimuotoisuuden ja teknisen haastavuuden tarkasteluun ja toteutukseen. Aivan kuten Moisio ja

Parkkinen (2011; 2013) ovat todenneet, tilaaja nimeää hankkeeseen oman tietomallikoordinaattorin, joka yhdessä tilaajan kanssa asettaa tietomallintamisen tavoitteet hankkeelle. Näiden tavoitteiden pohjalta laaditaan tietomallintamissuunnitelma koko hankkeen kestolle. Myös Yli-Maarian koulun allianssihankeessa tietomallipohjaisen toimintatavan mukaan toiminen tuli tilaajan aloitteesta.

Lehtisalo totesi, että suunnittelu oli aikanaan päätetty tehtäväksi 3D-tasolla. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin päätös rakennushankkeen läpiviemisestä tietomallipohjaisesti mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tukee Moisio ja Parkkisen (2011; 2013) näkemystä, jonka mukaan tietomalleista saadaan eniten hyötyjä toteutettaessa hanke alusta loppuun tietomallipohjaisena eli niin sanottuna tietomallihankkeena. Lehtisaloon mukaan tilaaja oli asettanut tavoitteeksi käyttää tietomallinnusta läpi koko hankeprosessin ja sen tavoitteena oli suunnittelun yhteensovittaminen ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaisen hankeprosessin tukeminen. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri on siis tilaajana toiminut tietomallipohjaisen toimintatavan osalta aivan kuten Moisio ja Parkkinen (2011; 2013) toteavat kirjallisuudessa; suunnittelijoille täytyy antaa tietomalliohjeet siten, että niiden tietosisältö vastaa rakennustuotannon tarpeita hankkeen eri vaiheissa. Suunnittelijoille on esitettävä tarvittava tietosisältö ja haluttu esitystapa. Lisäksi Mäläskä (2011) on todennut, että tilaajalähtöinen tietomallintaminen mahdollistaa organisaation, joka valvoo tietomallien päivittämistä ja ajantasaisuutta.

Lehtisalo toi tilaajan edustajana esille myös sen, että Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri oli mukana KIRA-digihankkeessa tutkimassa, miten tietomallia pystytään hyödyntämään käytön jälkeen. Lehtisaloon mukaan rakennuksen käytön aikana rakennuksella tulisi olla oma tietomallikoordinaattori, joka päivittää tietomallia ajantasaiseksi. Tätä tukee Laasonen (2006) näkemys, joka on todennut, että päivitysprosessin hallinnan tärkeä osa on määrittellä kaikki tietojen muutoksia aiheuttavat tapahtumat sekä se, kuinka muutoksista saadaan tietoa talteen. Muutostietojen tallentaminen ei aina onnistu suoraan ohjelmiin vaan tarvitaan välikäsiä. Myös Mäläskä (2011) on todennut kirjallisuudessa, että huoltokirjaa tulee päivittää ja ylläpitää ajantasaisena. Kaikki suoritettavat huoltotoimenpiteet kirjataan huoltokirjaan, jolloin niistä jää tieto ylläpitojärjestelmään. Tällöin tietomallien ajantasainen ylläpito helpottuu, kun huoltotöistä jää aikaleima ylläpidon järjestelmään, eikä muutosten ajallinen dokumentointi vaadi omaa erillistä järjestelmää.

T3-sairaalahankkeen urakkamuoto oli kilpailu-urakka, joten se vaikutti osaltaan projektinjohtourakoitsijan tietomallivaatimusten puuttumiseen tietomalleista. Lehtisaloon mukaan tietomalli kehittyi hankkeen edetessä tietomallisuunnitelman ja suunnittelijoiden käytäntöjen mukaisesti. Hartelan tuotannon ylempi toimihenkilö totesi kyselytutkimuksessa, että myös urakoitsijan tietomallivaatimukset pitäisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa:

”Tärkeintä vaatia jo suunnitelmasopimuksissa se, mitä halutaan mallinnettavan ja missä muodossa mallit vaaditaan toimitettavan meille (jotta saadaan hyödynnettyä niitä mahdollisimman kattavasti)”.

Tietomallivaatimukset oli kirjattu T3-hankkeen tarjouspyyntöihin, joissa vaadittiin Lehtisaloon mukaan tietomallin käyttöä kaikilta osapuolilta koko projektin ajan. Projektinjohdourakoitsijalta edellytettiin suunnitelmien ja toteutuksien yhteensovittamista mallivetoisesti. Tähän tuotanto-organisaatio käytti työmaalla hyväksi muun muassa Solibri Model Checker- ja Tekla Structures-ohjelmistoja.

Lehtisaloon mukaan valtaosa projektin osapuolista olivat ymmärtäneet tietomallinnuksella saavutettavat hyödyt, mutta osapuolilta, joilta osaaminen puuttui, tuli vastarintaaääniä ja osittain oli havaittavissa myös pelkoa liittyen uusien järjestelmien ja ohjelmien käyttöön. Latvala (2012) onkin todennut, että työmaalla mallinnuksen käyttöönoton onnistuminen on paljolti kiinni henkilöstön asenteesta. Mallivastaisien henkilöiden asenteet korjautuvat ajan kanssa, kun malli otetaan käyttöön ja todetaan konkreettisesti mallista saatavat hyödyt. Vanhentuneet toimintatavat ja sopimuskulttuuri, kokonaisuuden hallinta sekä eri osapuolien ja työmaahenkilöstön yhteistyö ovat tekijöitä, jotka luovat suurimmat haasteet tietomallinnuksen käyttöönotolle tuotannossa.

Hankekehitys

Tarkasteltaessa yrityksen sisäisiä prosesseja tietomallin näkökulmasta, Hartelalla ei ole järjestelmällistä toimintaohjetta, miten tietomallin käyttöä sisällytetään hankekehitykseen, laskentaan, hankintaan tai tuotantoon. Hartela Länsi-Suomi Oy:n tuotannon ylempi toimihenkilö totesikin tietomalleista seuraavasti:

”Loistava aputyökalu tulevaisuudessa kun kohteet osataan mallintaa niin, että niistä saadaan oikeat tiedot laskentaan ja hankintaan sekä aikataulutukseen”.

Hartela Etelä-Suomi Oy:ssä oli tutkimuksen teon hetkellä menossa tietomallinnuksen pilottihanke, johon oli laadittu tietomallinnusohjeet:

”Hankkeita suunnitellaan tietomalleina. Kommentit koskien vain asuntotuotantoa: Etelä-Suomessa on tällä hetkellä suunnitteilla asuntohanke, jossa testataan koko hankkeen osalta kaikkien suunnittelualojen mallintamista (aiemmin jo osin testattu). On laadittu tietomallinnusohjeet, joilla varmistetaan mallin hyödyntäminen myös kustannuslaskennassa, markkinoinnissa ja tuotannossa”.

Nämä tietomallinnusohjeet eivät kuitenkaan olleet yhtiöiden yhteisessä käytössä, johtuen oletettavasti osittain pilottihankkeesta ja ohjeiden toiminnallisuuden testaamisesta. Tulevaisuutta ajatellen tietomallivaatimukset tulisi olla yhtiöissä yhtenäiset ja ne tulisi olla kaikkien saatavilla. Etelä-Suomi Oy:stä todettiin laskentaosastolta, että hyvät ja kattavat

tietomalliohjeistukset puuttuvat, joten pilottihankkeessa kokeilussa olevia tietomallivaatimuksia ei oltu oletettavasti jaettu edes yhtiön sisällä:

”Hartelalla ei ole hyvää ja kattavaa ohjeistusta tietomallin tekijöille. EMME TIEDÄ MITÄ HALUAMME. Hartelalla tulisi olla täydellinen ohjekirja suunnittelijoille. Saisimme malleista aina samat asiat samoilla ”koodeilla” => määrälaskenta ja hinnoittelu olisi nopeampaa ja tarkempaa”.

Hankekehityksen osalta työskentelytapojen muuttamista tuli myös pohtia tulevaisuudessa enemmän projektistudiotyöskentelyn suuntaan. Hartela VDC voisi antaa työskentelylle raamit ja sitä voitaisiin pilotoida johonkin hankkeeseen. Kuten Kähkölä (2014) on todennut, yhteiset toimintatavat, tiedonkulun ja yhteistyön rooli korostuu tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Organisoituun suunnitteluun ja suunnittelualojen rajapintojen yhdistämiseen täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Projektistudiotyöskentelyn (Big Roomtyöskentely) perusajatuksena on parantaa suunnittelijoiden välistä yhteistyötä ja poistaa esteet, jotka haittaavat tai viivyttävät suunnittelua. Tavoitteena on, että kaikilla osapuolilla olisi aina ajantasainen tieto käytettävissä.

Laskenta

Laskennan näkökulmasta tietomalleihin on jo tutustuttu urakkalaskennan kautta, mutta tietomallien taso on vielä ollut heikkoa laskentaa hyödyttäen:

”Ne mallinnukset, joita olen tutkinut/katsellut ovat olleet vielä aika alkeellisia, mutta kehitystä tapahtuu koko ajan. Urakkalaskennassa lisääntyvässä määrin malli on mukana jo tarjousmateriaalissa, mutta ei useinkaan vielä niin pitkälle vietynä, että varsinaista hyötyä saisi esim. määrien tarkistukseen.”

Hartela-yhtiöissä on käytössä Tocoman-ratkaisu, joka sisältää muun muassa Tocoman BIM-ohjelman. Tocoman BIM mahdollistaa tehokkaan rakenne-, määrä- ja sijaintitiedon hallinnan hankkeen kaikissa vaiheissa (Tocoman Oy 2018). Tämän ohjelman tehokas käyttö edellyttää kuitenkin tietomallivaatimuksia, joilla kerrotaan suunnittelijoille mitä yritys tietomallilta haluaa. YTV2012 (osa 7) mukaan tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa päästään hyvään alkuun, kun tietomalli on tarkastettu johdonmukaisesti ja tarkasti siten, että jokainen rakennetyyppi on yksilöity omakseen.

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta nopeuttaa perinteistä laskentaa ja Alhavan (2012) mukaan tietomallipohjainen laskenta onkin vähintään neljä kertaa nopeampaa kuin perinteinen laskenta. Alhava painottaa vuorovaikutusta, jonka voi nähdä nopeuttakin tärkeämpänä laskennassa.

Hankinta

Juho Salomäki (2014) esittää tutkimuksessaan, että hankinnan kannalta suurimmaksi ongelmaksi muodostuu suunnitelmissa olevien määrätietojen puutteellisuus sekä muutokset määrissä. Salomäen mukaan tietomallipohjainen määrälaskenta toimii työkaluna näihin määrätietohaasteisiin. Hartela Etelä-Suomi Oy:n hankintaosaston toimihenkilö näkee tietomallipohjaisessa määrälaskennassa tärkeänä käytön yksinkertaisuuden:

”Pitää olla todella yksinkertainen käyttää, jotta esimerkiksi hankinta ko ohjelmaa hyödyntäisi. Määrät pitäisi saada esim. alakattotyypeittäin, ei niin, että BIM laskee vain koko alakattomäärän. Samoin lattiapinnat pitäisi saada ulos tyyppineen, eli laattalattiaa x m2, linoleumia x m2, parkettia x m2... Kokonaismäärillä ei hankinta tee mitään. Ja jos käyttö vaatii enemmän kuin kaksi muistettavaa napin painallusta, se jää.”

Myös Länsi-Suomi Oy:n laskentaosastolla ollaan myönteisiä tietomallipohjaiselle määrälaskennalle ja sitä voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa seuraavasti:

”Arvelen, että voin hyödyntää sitä määrien laskemisessa ja rakennuksen hahmottamisessa, siinä että näen, millaisia lasiseiniä on ja missä, missä on kaikki tilat, esim wc:t ja aulat ja paljonko niitä on että osaa itsekin hahmottaa esim asioiden suuruus/kokoluokkaa.”

Jäväjä ja Lehtoviita (2016) toteavat kirjassaan, että hyvin toteutetusta tietomallista on ajettavissa esimerkiksi Excel-taulukkomuotoon eri osakohteiden määriä. Kipsilevy määrät on esimerkiksi mahdollista saada ajettua kerroskohtaiseksi määräluetteloksi. Lisäksi mallista on mahdollista ajaa huoneistokohtaisia materiaalilistoja, jolloin materiaalien jakaminen asuntoihin nopeutuu. Tämän kaltainen määrälaskenta auttaa hankinta- ja tuotanto-organisaatiota suunnittelemaan esimerkiksi tulevat materiaalityöt ja asennusaikataulut paremmin.

Tuotanto

Tuotannon näkökulmasta tietomalleja hyödynnetään jo työmaan päivittäisissä toiminnoissa tuotannon tukena. Tutkimuksen perusteella käyttö on kuitenkin hyvin irrallista sekä eri yhtiöissä, että yhtiöiden työmailla. Tietomalleja hyödynnetään vain sillä tasolla kuin ne on suunniteltu ja niistä on saatavissa tietoa irti. Lisäksi tähän vaikuttaa työmaalla työskentelevien henkilöiden asenne ja kiinnostus tietomalleja kohtaan.

Länsi-Suomi Oy:n projektinjohtourakoimassa allianssihankeessa tietomalleja hyödynnettiin muun muassa talotekniikan visuaaliseen tarkasteluun sekä detaljien ja liitoskohtien tarkasteluun. Lisäksi malleista ajettiin määräluetteloita.

Etelä Suomi Oy:n tuotannon toimihenkilö käytti kohteensa tietomallia satunnaisesti perinteisten suunnitelmien tukena muun muassa havainnollistamaan kohdetta asentajille:

”Käytän kohteen tietomallia satunnaisesti. Pääasiassa tietomallia käytän, jos 2D-kuvat ovat vajavaisia, tai epäselviä, jolloin tarkoituksena on selvittää löytyykö tietomallista haluamani asiat. Sillointälällöin käytän tietomallia havainnollistamaan jotain asiaa urakaneuvotteluissa tai ihan työtä suorittavalla porukalle.”

Allianssihankeessa kokemukset olivat positiivisia aliurakoitsijoiden suhtautumisessa tietomalleihin. Talotekniikkaurakoitsijat olivat myönteisiä tietomallien käyttöä kohtaan ja tulivat kysymään tietomallista visuaalista apua asennuksiin. Talotekniikkaurakoitsijoiden työnjohdolla ja nokkamiehillä oli lisäksi osaamista tarkastella itse tietomalleja käyttäen niitä oman asennustyön tukena.

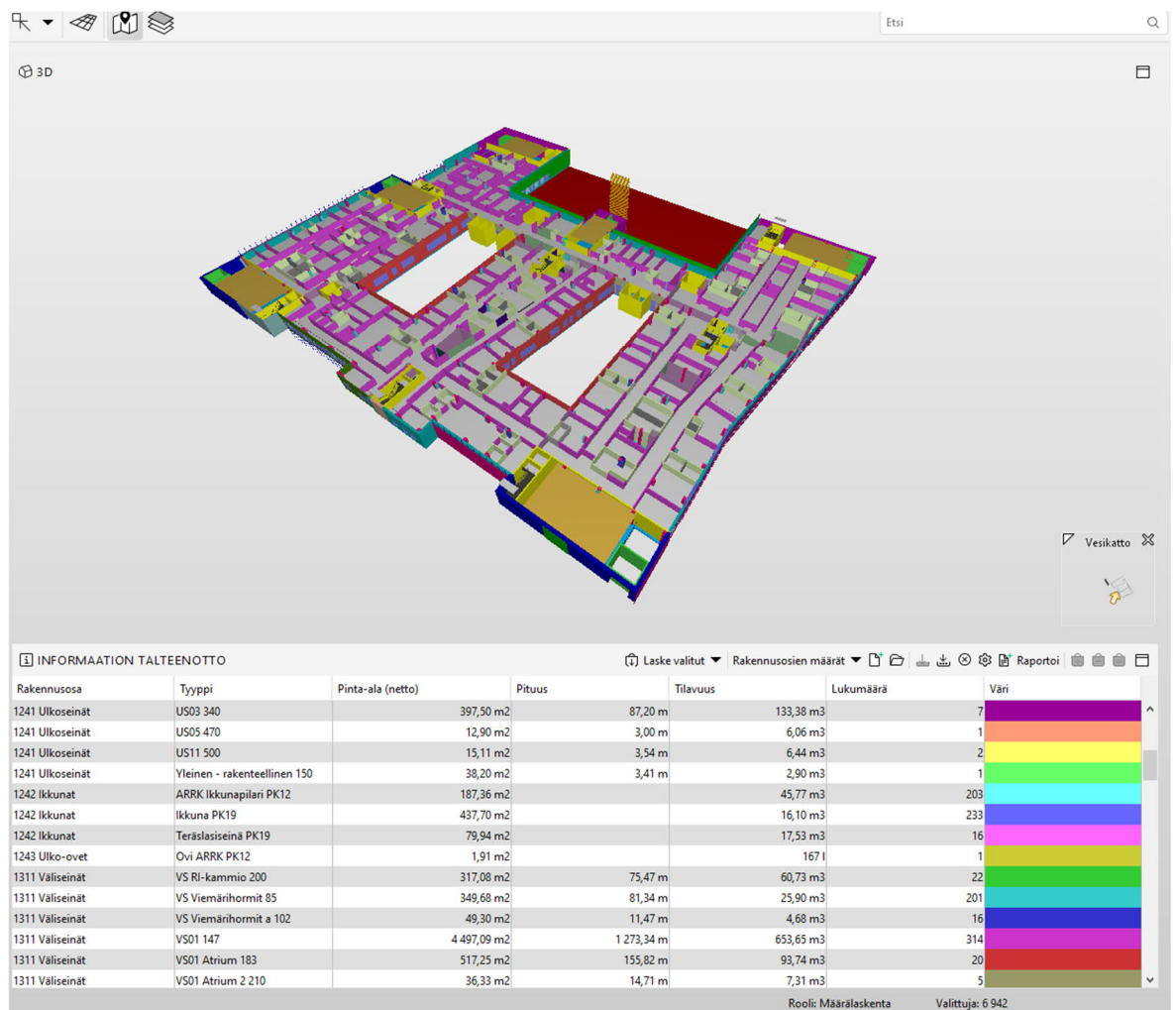
Aaltosen mukaan allianssihankeeseen suunnittelun tasossa ja suunnittelunohjauksen tasossa olisi ollut parannettavaa tietomallin näkökulmasta. ARK- ja RAK-mallit olivat keskenään osittain ristissä, joten malliin ei voinut täysin luottaa. Lisäksi esimerkiksi RAK- ja TATE-mallit olivat ristissä varauksien osalta. Kuten Kerosuo et al. (2017) ovat todenneet, tilaajan näkökulmasta tietomallikoordinaattori on vastuussa tietomallinnuksen käytön laajuuden kuvaamisesta sekä tietomallinnustavoitteiden ja -päämäärien asettamisesta. Tehtävänkuvaan sisältyy myös selonteko hankkeen osapuolille tietomallinnustehtävistä, vastuista ja velvollisuuksista sekä yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa ohjeistamista tietomallinnustehtävissä, koordinoinnissa ja ohjauksessa koko hankkeen ajan.

Allianssihankeessa laitteet eivät olleet riittävän tehokkaita tuotannon tueksi ja tarvittavia ohjelmia ja lisenssejä oli rajallisesti saatavilla. Tuotannon näkökulmasta allianssihankeeseen tuotanto-organisaatio koki saavansa tietomalleista kuitenkin enemmän hyötyä kuin kokivat sen olevan ylimääräistä työtä.

4.4 Case TYKS T3- sairaalan tulosten tarkastelu


Tuotannon näkökulmasta tietomallista saatiin monia hyötyjä tuotannosuunnitteluun. T3-sairaalan työmaalla tietomalleja hyödynnettiin muun muassa määrätietojen poimintaan, elementtiasennusaikataulun mallinnuksessa ja visuaalisessa tarkastelussa esimerkiksi ta- lotekniikan risteilyjen tai rungon detaljien osalta.

Alla olevassa kuvassa 4.1 on havainnollistettu T3-sairaalan 6.kerroksen arkkitehtimallista otettuja rakennusosamääriä ja samalla tarkasteltavaksi oli asetettu kyseinen kerros. Rakennusosamäärät on otettu Solibri Model Checker-ohjelmalla.



Kuva 4.1 T3-sairaalan 6.kerroksen rakennusosien määriä.

Rakennusosien määrästä pystyttiin ajamaan myös rakennusosaluetteloita Excel-tiedostomuotoon. Kuvassa 4.2 on esitetty rakennusosaluettelo 6.kerroksesta Excel-taulukkomuodossa. Taulukko on luotu Solibri Model Checker-ohjelman kautta.

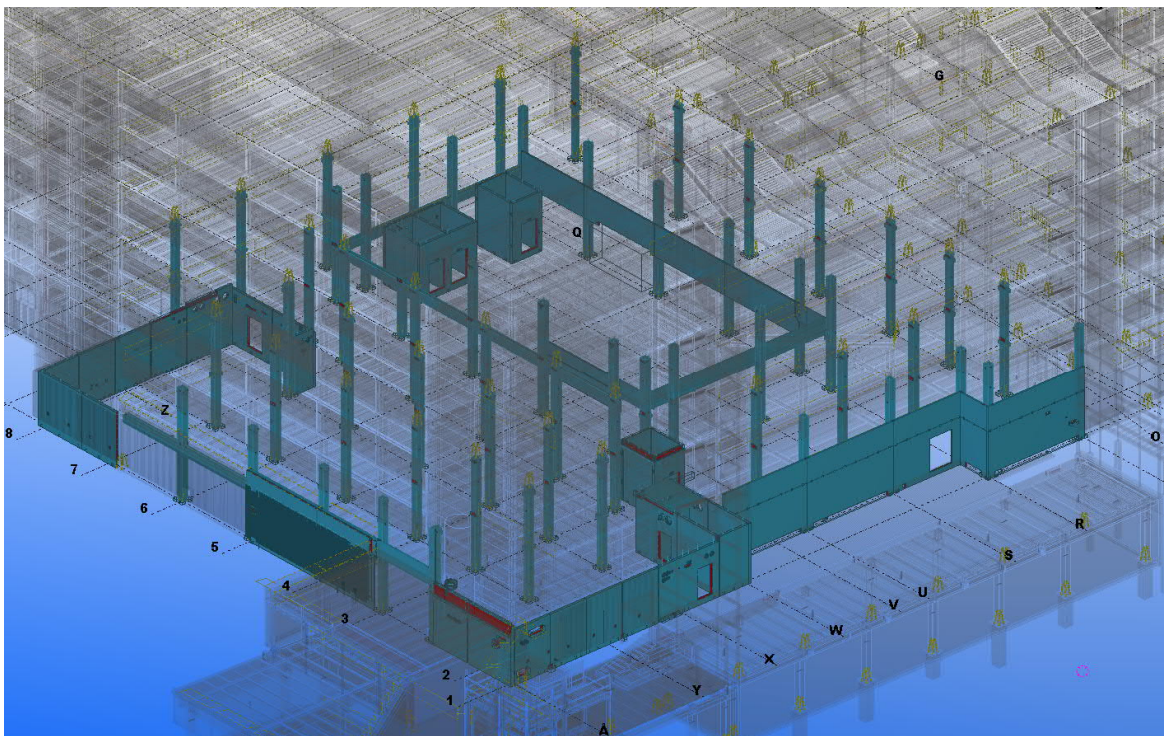
 Rakennusosaluettelo 6.krs	
Mallin nimi	15020-T3_ARK_BIM Versio: 9.8
Tekijä	juuso-antti.simpanen@hartela.fi
Organisaatio	Hartela-yhtiöt Oy
Aika	4.5.2018
15020-T3_ARK_BIM	Date: 2018-04-06 11:38:13 Application: ARCHICAD-64 IFC: IFC2X3

Rakennusosa	Tyyppi	Pinta-ala (netto)	Pituus	Tilavuus	Lukumäärä
1232 Kantavat seinät	VS02 200	2017,12	501,39	395,79	94
1233 Pilarit	T3 Neloispilari 780 x 780		0	2,48	1
1233 Pilarit	T3 kaksoispilari 480 x 780		0	28,24	18
1233 Pilarit	Teräs - ruostumaton 100 x 50		384,4	1,92	129
1233 Pilarit	Teräsbetoni - rakenteellinen 480 x 380		17,2	3,14	4
1233 Pilarit	Teräsbetoni - rakenteellinen 480 x 480		623,5	143,65	145
1235 Välipohjat	VP 01 420	5634,09		2366,32	1
1235 Välipohjat	VP Ritilätaso Hormi 50	1,87		0,094	1
1235 Välipohjat	VP Ritilätaso Taso 50	2,55		0,127	1
1235 Välipohjat	VPXX Betoni 200 mm 200	17,73		3,55	1
1236 Yläpohjat	YP 01 990	1270,09		1257,39	1
1241 Ulkoseinät	Betoni - julkisivuelementti 90	32	19,03	2,88	8
1241 Ulkoseinät	Teräs 50	305,39	98,05	15,27	158
1241 Ulkoseinät	US01 390	773,44	244,45	295,82	15
1241 Ulkoseinät	US02 540	277,15	72,1	145,45	8
1241 Ulkoseinät	US03 340	397,5	87,2	133,38	7
1241 Ulkoseinät	US05 470	12,9	3	6,06	1
1241 Ulkoseinät	US11 500	15,11	3,54	6,44	2
1241 Ulkoseinät	Yleinen - rakenteellinen 150	38,2	3,41	2,9	1
1242 Ikkunat	ARRK Ikkunapilari PK12	187,36		45,77	203
1242 Ikkunat	Ikkuna PK19	437,7		16,1	233
1242 Ikkunat	Teräslasiseinä PK19	79,94		17,53	16
1243 Ulko-ovet	Ovi ARRK PK12	1,91		0,167	1
1311 Väliseinät	VS RI-kammio 200	317,08	75,47	60,73	22
1311 Väliseinät	VS Viemärihormit 85	349,68	81,34	25,9	201
1311 Väliseinät	VS Viemärihormit a 102	49,3	11,47	4,68	16
1311 Väliseinät	VS01 147	4497,09	1273,34	653,65	314
1311 Väliseinät	VS01 Atrium 183	517,25	155,82	93,74	20
1311 Väliseinät	VS01 Atrium 2 210	36,33	14,71	7,31	5
1311 Väliseinät	VS01 Kolu 120	98,98	32,75	11,54	3
1311 Väliseinät	VS02 200	50,28	11,69	9,94	2
1311 Väliseinät	VS03 130	71,6	17,64	9,01	17
1311 Väliseinät	VS03a 130	367,45	93,19	46,67	40
1311 Väliseinät	VS03b 147	1987,41	502,53	280,74	174
1311 Väliseinät	VS03c 164	317,94	73,94	51,93	30
1311 Väliseinät	VS03d 147	137,24	31,92	19,2	20

Kuva 4.2 Rakennusosaluettelo TYKS T3-sairaalan 6.kerroksen arkkitehtimallista.

Rakennusosamääriä pystyttiin hyödyntämään hankintojen sekä logistiikan tukena. Tarkat määrät auttoivat urakkaneuvottelujen valmistelussa sekä materiaalien logistisessa suunnittelussa.











Elementtiasennuksen aikataulun mallinnusta hyödynnettiin Tekla Structures 21.0-ohjelman avulla. Sairaalan rakenteet oli mallinnettu neljään lohkokon. Kuvassa 4.3 näkyy elementtien suunniteltu asennustilanne 14.7.2018 lohkon 3 osalta. Tämä malli ei siis ole toteumamalli vaan näyttää suunnitellun asennustilanteen. Näkymä on saatu syöttämällä jokaiselle yksilöidylle elementille suunniteltu asennuspäivämäärä ja tiedot on ajettu *.csv-tiedostomuodossa Tekla Structures -ohjelmaan. Tietomallista puuttuvat ontelot, deltapalkit ja Petrat, koska niitä ei oltu vielä syötetty malliin. Ontelolaatoilta puuttuivat yksilöidyt tunnuksat, joten niille piti Teklan leikkaustyökalun avulla antaa suunnitellut asennuspäivät. Vastaavasti asennuksien käynnistyessä ajettiin kerran viikossa toinen *.csv-tiedosto Teklaan, johon oli jokaiselle yksilöidylle elementille annettu toteutunut asennuspäivämäärä. Näin ollen näiden asennettujen elementtien väri muuttui mallissa ja saatiin toteumamalli.

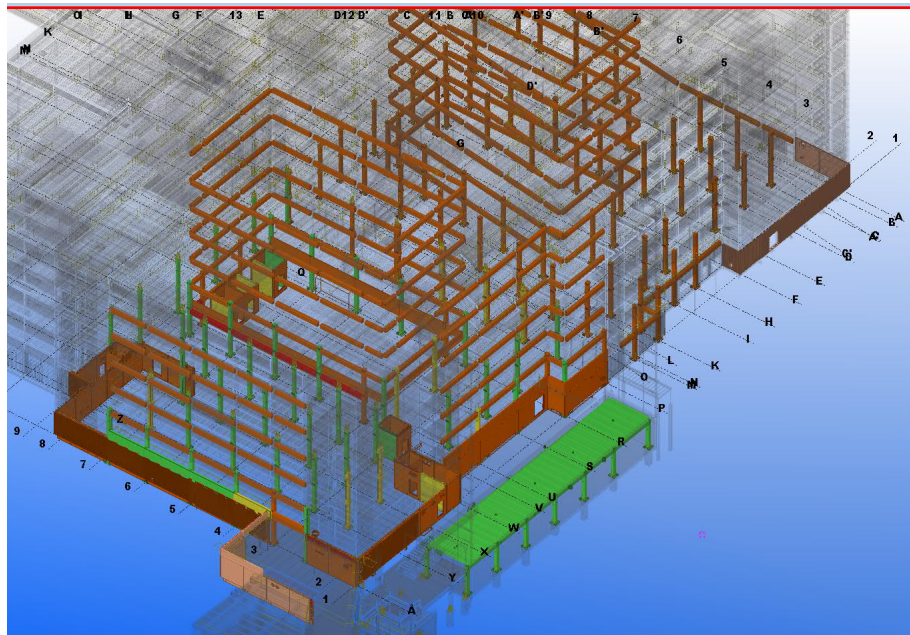


Kuva 4.3 Elementtien suunniteltu asennustilanne 14.7.2018 lohkon 3 osalta.

Päivitykset Teklan ympäristöön tehtiin Model Sharing-ominaisuuden Project Viewer-lisenssin kautta, johon myös suunnittelijoiden suunnitelmien aikataulutiedot ja elementtitehtaan elementtien valmistuspäivämäärät päivittyivät visuaalisesti. Eri värikoodit kertoivat elementtien tilanteen prosessissa kuvan 4.4 mukaisesti.

Define color and transparency settings that will be applied to object groups in all views.
If an object belongs to several groups, the upmost row defines the coloring and transparency of the objects.

Object group	Color	Transparency
JOINT_CASTING		Visible
4D_ASEN_TOTEUTU_VALMIS_UDA		Visible
1. viikon varoitus		Visible
2. viikon varoitus		Visible
4D_ASEN_SUUN_VALMIS_UDA		Visible
4D_VAL_VALMIS_TOTEUMA_UDA		Visible
4D_VAL_suunniteltu_TOTEUMA_UDA		Visible
4D_Suunnitelmat tulleet		Visible
4D_SLU_VALMIS_TOTEUMA_UDA		Visible
All		90% transparent



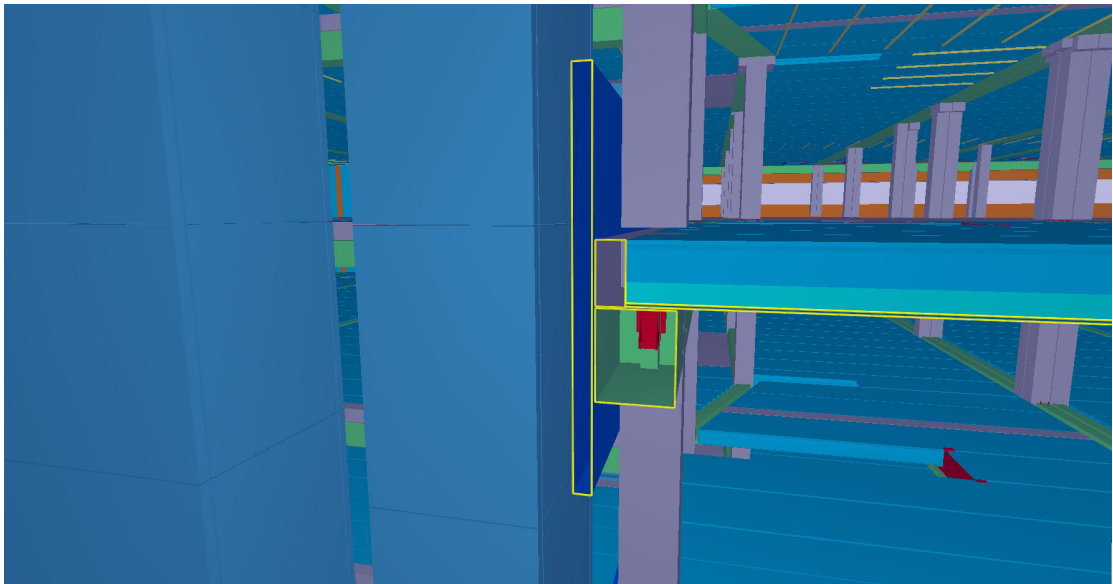
Kuva 4.4 Elementtien värikoodit ja värit tietomallissa prosessin eri vaiheissa.

Object group-selitykset:

- JOINT-CASTING = juotosvalut
- 4D_ASEN_TOTEUTU_VALMIS_UDA = elementti on asennettu
- 1.viikon varoitus = varoittaa viikon myöhästymisestä
- 2.viikon varoitus = varoittaa kahden viikon myöhästymisestä
- 4D_ASEN_SUUN_VALMIS_UDA = elementti on suunniteltu asennettavan
- 4D_VAL_VALMIS_TOTEUMA_UDA = elementti on valettu tehtaalla
- 4D_VAL_suunniteltu_TOTEUMA_UDA = elementti on valussa
- 4D_Suunnitelmat tulleet = suunnitelmat ovat tulleet tehtaalle
- All = näyttää mallissa kaikki 90 prosentin läpinäkyvyydellä

Osapuolien yhteinen toteumamalli oli siis reaaliaikainen ja sitä päivittivät sovitusti rakennesuunnittelija, elementtitehdas ja projektinjohtourakoitsija kerran viikossa. Mallista pystyttiin reaaliaikaisesti näkemään sairaalan rungon tilanne. Visuaalisuus auttoi myös tulevien töiden ja asennuksien suunnittelussa. Asentajille voitiin visuaalisesti näyttää viikon tavoite eli asennettavat elementit. Lisäksi visuaalisuuden avulla pystyttiin nopeasti reagoimaan aikataulumuutoksiin.

Rungon detaljeita pystyttiin tarkastelemaan Solibri Model Checker-ohjelmalla. Kuvassa 4.5 on leikattu näkymä T3-sairaalan rakennemallista, josta voidaan tarkastella pilarin, jännebetonipalkin, ontelolaatan ja kuorielementin kiinnittyminen keskenään. Lisäksi jännebetonipalkin päällä, kuorielementin ja ontelolaatan välissä nähdään kiinnitysvalukaista. Tämän tyyppinen rakenteiden visuaalinen tarkastelu saattaa vaikeammin hahmotettavissa rakenteissa auttaa asennusjärjestyksen hahmottamisessa.



Kuva 4.5 Leikkauskuva T3-sairaalan rakennedetaljien tarkastelusta.

Kirjallisuustutkimuksen, haastattelujen, kyselytutkimuksen ja omien kokemusten näkökulmasta Hartela-konsernilla ei ole riittävästi valmiuksia tietomallipohjaiselle toimintatavalle, jotta sitä pystyttäisiin hyödyntämään järjestelmällisesti ja johdonmukaisesti. Positiivinen tutkimustulos on se, että tietomalleja käytetään kaikissa yrityksen sisäisissä prosesseissa. Tietomallin hyödyntäminen ja käytön taso ovat kuitenkin tällä hetkellä täysin riippuvaisia yksittäisten henkilöiden omasta mielenkiinnosta ja tahtotilasta tietomalleja kohtaan ja niitä käytetään omiin tarkoituksiin sillä tasolla kuin osaaminen riittää ja tietomalleista on tietoa saatavissa. Lisäksi tarvittavien laitteiden ja ohjelmistojen saatavuudessa on parantamisen varaa.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tutkimustulosten arviointi

Haastattelututkimukset ja kyselytutkimus rakensivat mielikuvan siitä, että tilaajan ja rakennusyrityksen asenteet ja ajatusmaailma tietomalleja kohtaan ovat pääsääntöisesti positiivisia. Tilaajien asettamat vaatimukset vauhdittavat tietomallin käyttöönottamista rakennusyritysten päivittäiseksi työkaluksi.

Haastateltavina olleet henkilöt olivat olleet jo tekemisissä tietomallien kanssa jonkin aikaa ennen haastatteluiden tekemistä. Tilaajan kokemus tietomallien käytöstä oli neljä vuotta ja allianssihankkeen tuotanto-organisaatio oli käyttänyt tietomallia työmaallaan vuoden verran. Käytännön kokemukset T3-sairaalan hankkeesta olivat tutkimusta tehdessä samantasoisia kuin allianssihankkeen tuotanto-organisaatiolla. Nämä keskinäiset kokemukset vahvistavat toisiaan ja antavat suuntaviivoja tietomallipohjaisen toimintatavan jalkauttamiseen rakennusyrityksen tuotanto-organisaatioihin. Lisäksi Hartela Pohjois-Suomi Oy:ssä ja Hartela Etelä-Suomi Oy:ssä kokemukset tietomallin käytöstä tuotannossa olivat monipuolisia aikataulujen seurannasta visuaaliseen tarkasteluun. Tilaajan vaatimukset tietomallipohjaisen toimintatavan toteuttamisessa olivat haastattelun ja empiirisen kokemuksen perusteella kuitenkin liian optimistisia verrattuna rakennusyrityksen tietomalliosaamisen tasoon.

Kyselytutkimuksen perusteella Hartelan yhtiöiden henkilöstö ymmärtää ja on tietoinen tietomallipohjaisella toimintatavalla saavutettavista hyödyistä. Kyselytutkimuksella saavutettava hyöty oli se, että tietomalleista puhutaan yrityksen sisällä paljon, mutta yhtiökohtaisesti niiden hyödyntämisen taso eri prosesseissa vaihtelee. Seuraava ja toivottava askel henkilöstönkin mielipiteissä on tietomallipohjaisen toimintatavan järjestelmällinen jalkauttaminen konserniin sekä laajalla rintamalla kasvattaa tietomalliosaamista yrityksen kaikissa rakentamisen prosessien vaiheissa. Tätä tukevat kyselytutkimuksessa esille tulleet johtotason henkilöiden myönteiset mielipiteet tietomallia kohtaan.

Tutkimuksen pääongelmaksi oli asetettu rakennuksen tietomallin hyödyntäminen ja käytön kehittäminen rakennustuotannossa. Tutkimuksesta saatavien tuloksien perusteella tietomallia pystytään ja hyödynnetäänkin Hartelan yhtiöissä jo osittain kaikissa sisäisissä prosesseissa aina hankekehityksestä työmaan toimintoihin asti. Kehittämisen osalta kyselytutkimuksen tulokset vahvistavat sen, että yrityksessä tarvitaan selvät ohjeet ja vaatimukset, jotta tietomalleja pystytään hyödyntämään päivittäisissä toimitissa tehokkaammin.

Rakennustuotannon näkökulmasta tietomallien käytöllä saadaan vahvaa tukea työmaatoimintoihin, muun muassa aikataulujen tekoon, määrälaskentataulukoiden poimimiseen, detaljien ja risteilyjen tarkasteluun sekä yleisesti rakennuksen visuaaliseen tarkasteluun.

Tietomallien käytön yhtenäistyessä ja järjestelmällisellä kouluttamisella tietomalleista saatava hyöty kasvaa nykyisestä tasosta ja käytön tehokkuutta pystytään parantamaan.

Tietomallipohjaisen toimintatavan kehittyminen vaatii rakennusyhtiössä oikeanlaista asennetta ja osapuolien valmiuksia tietomalleja kohtaan. Tutkimustuloksien mukaan Hartelan yhtiöissä työskentelevät henkilöt olivat myönteisiä tietomalleja kohtaan. Vain 3,6 prosenttia kyselyyn vastanneesta ei nähnyt tietomallien auttavan päivittäisessä työskentelyssä. Myönteisiä asenteita vahvistaa kyselyistä ilmi tullut halu kehittyä tietomallien käytössä. Tämä kertoo, että tietomalleja ollaan valmiita käyttämään, kunhan osaaminen on riittävällä tasolla ja tehokasta.

Tutkimus oli onnistunut kyselytutkimuksen osalta, jonka avulla saatiin paljon arvokasta tietoa henkilöstön asenteista ja osaamisesta tietomalleja koskien. Lisäksi saatiin kartoitettua tietomallin hyödyntämistapoja ja kehittämisen kohteita. Kyselytutkimuksen kysymykset oli kuitenkin aseteltu siten, että tulokset eivät palvelleet tietomallipohjaisen toimintatavan jalkauttamiseen tarvittavia toimenpiteitä riittävän kattavasti. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna yrityksen johdolle olisi ollut tarkoituksenmukaista rakentaa oma kysely, jossa olisi kartoitettu heidän näkemyksiään laajemmin koskien tietomalleja ja niiden käyttöönottoa rakennusyhtiössä.

5.2 Johtopäätökset tutkimuksesta

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan tietomallin hyödyntäminen rakennuskonsernissa on sekä eri yhtiöiden, että niiden sisäisten prosessien välillä toisistaan irrallista ja epäjohdonmukaista. Tietomallia hyödynnetään sisäisissä prosesseissa eri tasolla eikä niiden välillä ole yhtenäistä toimintatapaa. Kyselytutkimuksen perusteella tietomalleja kuitenkin käytetään jokaisessa yhtiössä ja eniten tuotannon toiminnoissa. Tässä yhteydessä on kuitenkin mainittava, että tuotanto on rakentamisprosessissa viimeisenä ja tietomallipohjaista toimintaa tulee jalkauttaa enemmän hankekehityksen suuntaan, jossa huomioidaan myös laskennan, hankinnan ja tuotannon tulevat tarpeet.

Yritykseltä puuttuu ohjeistus tietomallipohjaisen toimintatavan edellytyksistä ja niiden käyttöönottoon tarvittavista toiminnoista sekä suunnittelijoille annettavat tietomallivaatimukset. Nämä ovat tekijöitä, joiden kuntoon laittaminen vauhdittavat tietomalleista saatavaa hyötyä eri prosesseissa. Tämä edellyttää tietomallipohjaisen toimintatavan sulauttamista toiminnanohjausjärjestelmään.

Kyselytutkimuksen perusteella henkilöstö ymmärtää ja tiedostaa tietomallipohjaisella toimintatavalla saavutettavat hyödyt. Asenteet ovat henkilöstön keskuudessa myönteisiä ja osaltaan odottavia tietomallien saamiseksi eri prosessien tueksi. Organisaation positiiviset asenteet ja valmiudet auttavat osaltaan tietomallipohjaisen toimintatavan jalkauttamista konserniin, perinteisiä toimintatapoja sivuuttamatta.

Kirjallisuustutkimuksen perusteella voidaan olettaa, että tietomallipohjainen rakentaminen tukee rakennusyrityksen rakentamisprosessin jokaista osa-aluetta. Hankekehityksessä tietomallit osana projektistudiotyöskentelymäistä toimintatapaa parantavat suunnittelijoiden välistä yhteistyötä ja poistaa esteitä, jotka haittaavat tai viivyttävät suunnittelua. Yhteistyökumppanit voidaan ottaa mukaan omiin projekteihin entistä aikaisemmin ja antaa heille arvoa tietomallien visuaalisuuden kautta. Lisäksi hyvin laadittujen tietomallivaatimusten osoittaminen suunnittelijoille edesauttaa hankekehitysvaiheessa muita rakentamisen prosesseja eli laskentaa, hankintaa ja tuotantoa. Tietomallipohjaisella laskennalla saadaan apua sijaintipohjaiseen laskentaan ja nopeutetaan koko laskentaprosessia. Tämä heijastuu kustannuksiin, kun säästetään työtunneissa ja laskentaan tehtävissä toistoissa. Hankintaosasto saa hyötyä sijaintiin perustuvasta määrälaskennasta sekä siitä, että muutokset laskennassa ovat paremmin hallittavissa tietomallien kautta. Tuotanto hyötyy tietomallipohjaisista aikatauluista ja tehtäväsuunnitelmista, sekä visuaalisuuden, työturvallisuuden, työmaan hankintojen ja logistiikan kautta.

5.3 Jatkotutkimusaiheita

Tietomallin implementointi rakennusyrityksen toiminnanohjausjärjestelmään vaatii toiminnanohjausjärjestelmän muokkaamista laajemmin koskemaan kaikkia yrityksen sisäisiä prosesseja. Strategiset päätökset ja implementoinnilla saavutettavat hyödyt tulee olla selvillä ennen toiminnanohjausjärjestelmän muuttamista. Näiden muuttujien tarkasteleminen olisi jatkotutkimusaiheena mielenkiintoinen ja haastava.

Jatkotutkimusta tarvitsee myös tietomallipohjaisen muutosprosessin jalkauttaminen rakennusyritykseen. Muutos edellyttää yritysjohton strategisia päätöksiä. Muutosprosessi on johdettava ja toteutettava järjestelmällisesti yrityksen kaikilla tasoilla, joita muutos koskee. Riskit on tunnistettava ja tavoitteet pitää olla selvillä ennen muutoksen jalkauttamista.

LÄHTEET

Aalto-yliopisto: Arkit-Rakennushankkeen vaiheet. Verkkojulkaisu: http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/rakennushankkeen_vaiheet.htm. Viitattu 27.3.2018

Ahmed, S.M. & Forbes, L.H. Modern construction lean project delivery and integrated practices, CRC Press, Boca Raton, xxxiv, 2011, 589 pp.

Alastalo, T. Aikataulullisen tuotannonohjauksen kehittäminen suuressa korjausrakennushankkeessa, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2014, 138 s.

Alhava, O. Case: Build Virtually First, Fira Oy, 2012. Verkkojulkaisu: <http://docplayer.fi/25257991-Build-virtually-first-otto-alhava.html>. Viitattu 6.4.2018.

Anttiroiko, A., & Kallio, O. Johdon tietojärjestelmät kunnallishallinnossa, Taju, Tampereen yliopistopaino Oy, Tampere, 1999, 112 s.

Bertelsen, S. Lean Construction: Where are we and how to proceed, Lean Construction Journal, 2004, 24 pp. Verkkojulkaisu: https://www.leanconstruction.org/media/docs/ktll-add-read/Lean_Construction_Where_Are_We_And_How_To_Proceed.pdf. Viitattu 12.4.2018.

BuildingSMART International. Industry Foundation Classes Release 4 (IFC4 Official Release). Verkkojulkaisu: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/>. Viitattu 28.3.2018.

Diakhate, M. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta, Insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu, 2011, 61 s.

Eastman, C., Liston, K., Sacks, R. & Teicholz, P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, Second Edition, John Wiley & Sons, United States of America, 2011, 648 pp.

Enkovaara, E., Haveri, H. & Jeskanen, P. Rakennushankkeen kustannushallinta, Rakennustieto Oy, 2006, Helsinki, 266 s.

Fernandez, S. & Rainey, H. G. Managing Successful Organizational Change in the Public Sector, Public Administration Review, 2006, pp.168-176.

Fox, S. & Hietanen, J. Interorganizational use of building information models: potential for automational, informational and transformational effects. *Construction Management and Economics* 25, 2007, pp.289-296.

Goldin, M. & Sacks, R. Lean Management model for construction of high-rise apartment building, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol 133, no. 5, 2007, pp.374-384.

Grönroos, M. & Ståhle, P. Knowledge Management – tietopääoma yrityksen kilpailutekijänä, WSOY, Helsinki, 1999, 218 s.

Haapasalo, H. & Merikallio, L. &, Yhteisraportti: Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla, *Rakennusteollisuus*, 2009, 43s. Verkkojulkaisu: [http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20\(2009\)%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf](http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20(2009)%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf). Viitattu 9.4.2018.

Hardin, B. & McCool, D. BIM and Construction Management, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, 2015, 408 pp.

Howell, G.A. What is Lean Construction. *Proceedings, International Group for Lean Construction* 7, 1999, 444 pp.

ISO, ISO 31000:2018, 2nd Edition, Risk Management – Principles and Guidelines, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2009, 16 pp.

Jongeling, R. Doctoral Thesis: A Process Model for Work-Flow Management in Construction, Luleå University of Technology, Sweden, 2006, 65 pp.

Junnonen, J-M. & Kankainen J. Rakennuttaminen, Rakennustieto Oy, Helsinki, 2001, 101 s.

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Rakennustieto Oy, 2006, 107 s.

Kacprzyk, Z. & Kepa, T. Building Information Modelling – 4D Modelling Technology on the Example of the Reconstruction Stairwell, Warsaw University of Technology, Poland, 2014, 6 p. Verkkojulkaisu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814030690>. Viitattu 25.4.2018.

Kainulainen, A., Kemppi, J. & Lehtoviita, T. Pysyvää tietomalliosaamista rakennusalan toimijoille Etelä-Karjalassa – Tietomallien käyttömahdollisuudet rakennushankkeissa, Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta, 2015, 53 s.

Kankainen, J. & Siikanen, P. Työpöytäkirjan käsikirja osa 3: Tuotantovaiheen kustannushallinta, Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy, 2004.

Karstila, K. Rakennuksen tuotemallintamisen sanasto, Pro IT, 2004, 44 s. Verkkojulkaisu: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf. Viitattu 4.4.2018.

Kerosuo, H., Miettinen, R., Mäki, T. & Paavola, S. Hankkeista oppiminen; Tietomallintamisen johtaminen, organisointi ja koordinointi rakennushankkeissa, Työsuojelurahasto (hanke 115196), Helsingin yliopisto, Helsinki, 2017, 68 s.

Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen, Onnistunut muutos -Tukea onnistuneen muutoksen suunnitteluun ja läpivientiin. Verkkojulkaisu: <https://www.ilmarinen.fi/siteassets/liitepankki/tyohyvinvointi/opas-onnistunut-muutos.pdf>. Viitattu: 18.4.2018.

Khandoze, A. & Staub-French, S. 3D and 4D Modeling for Design and Construction Coordination: Issues and Lessons Learned, ITcon Vol.12, 2007, 27 pp.

Khosrowshahi, F. & Arayici, Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry, University of Salford, Manchester, 2012, pp.610-635

KIRA-digi, Kokeiluhankkeet, Virtuaalityökalusta uusi tapa luoda LVI-järjestelmiä, 2017. Verkkojulkaisu: <http://www.kiradigi.fi/3-kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/virtuaalityokalusta-uusi-tapa-luoda-lvi-jarjestelmia.html>. Viitattu 16.4.2018.

Kiviniemi, A., Stephen, J.W & Zou, Y. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies (2016a), Safety Science, Vol. 97. pp.88-89.

Kiviniemi, A., Stephen, J.W & Zou, Y. BIM-based Risk Management: Challenges and Opportunities (2015b), Conference: 32nd CIB W78 Conference 27-29 October 2015, Eindhoven, The Netherlands, 10 pp.

Kiviniemi, M., Mäkelä, T. & Sulankivi, K. Tietomalli ja työmaan turvallisuus, VTT-R-01003-09, 2009, 75 s.

Koskela, L. & Koskenvesa, A. Late Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla, VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka, Otamedia Oy, Espoo, 2003, 82 s.

Koskela, L. Moving-on – beyond lean thinking, Lean Construction Journal, 2004, 1(1): pp.24-37.

Koskela, L. Tuotannon teorian hahmottelu ja sen soveltaminen rakentamiseen, Aalto yliopisto, Helsinki, 2000, 296 s.

- Koskenvesa, A., Lindberg, R. & Sahlstedt, S. Rakennustöiden laatu 2014, 10. uusittu painos, Rakennustieto Oy, Helsinki, 2013, 352 s.
- Kouri, I. & Vilpola, I. Toiminnanohjausjärjestelmän hankinta C-CEI-menetelmän avulla: joutaako yritys vai järjestelmä, Teknologiateollisuuden julkaisuja nro 2/2006, Teknologiainfo Teknova Oy, Helsinki, 2006, 137 s.
- Kähkölä, L. Tuotantotoimintojen tehostaminen tietomallin avulla, Insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu, 2014, 43 s.
- Kämppe, V. Tietomallit ja Last Planner -menetelmä rakennustuotannon suunnittelussa ja ohjauksessa, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2013, 58 s.
- Latvala, J. Tietomallinnuksen hyödyntäminen työmaatoiminnassa, Aalto University Professional Development - Aalto Pro, Vantaa, 2012, 56 s.
- Lean Construction Institute - FI, Verkkojulkaisu: <http://lci.fi/mita-on-lean-rakentaminen/>. Viitattu: 10.4.2018.
- Lee, E., Park, Y. & Shin, J. Large Engineering project risk management using a Bayesian belief network, Expert Systems with Applications: An International Journal, Vol. 36, Issue 3, April 2009, pp.5880-5887.
- Lehtonen, J-M. Tuotantotalous, WSOY, 2004, 292 s.
- Liu, L. & Zhu, K. Improving Cost Estimates of Construction Projects Using Phased Cost Factors, Journal of Construction Engineering and Management, 2007, Vol 133, No. 1., pp.91-95.
- Lohilahti, O. Rakennuslehti, Uutinen, Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40-vuodessa -onko Allianssista tai Leanista apua, 4.9.2017. Verkkojulkaisu: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>. Viitattu 18.4.2018.
- Lund, J. Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa, Insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu, 2014, 69 s.
- Martin, H. Rakennushankkeen riskienhallinta projektinjohtourakoinnissa, Opin näytetyö, Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta, 2010, 88 s.
- Moisio, V. Perinteisen työmaan tuotannon suunnitelmien tietomalliin integrointi ja vertailu, Saimaan ammattikorkeakoulu, Kuopio, 2011, 84 s.
- Mäläskä, M. Elinkaarihankkeen ylläpitomalli, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2011, 76 s.

Neff, G., Fiore-Silvast, B. & Dossick, C. A case study of the failure of the digital communication to cross knowledge boundaries in virtual construction, *Information, Communication and Society* 13 (4), 2010, pp.556-573.

Niemioja, S., Nissinen, S. & Penttilä, H. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa: yleiset periaatteet, *Rakennusteollisuus RT; Rakennustietosäätiö*, 2006, 64 s.

Nissinen, S., Penttilä, H., Valjus, J. & Varis, M. Tuotemallintaminen rakennussuunnittelussa, *Rakennustieto Oy*, Helsinki, 2007, 64 s.

Oinonen, S. Tekniikkatalous, Blogi, Rakennusalan tuottavuusindeksi on karu - edes digitalisaatio ei tuonut tuottavuusloikkaa. Verkkajulkaisu: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/rakennusalan-tuottavuusindeksi-on-karu-edes-digitalisaatio-ei-tuonut-tuottavuusloikkaa-6686861>. Viitattu 18.4.2018.

Pahkin, K. & Vesanto, P. Organisaatiomuutos esimiehen näkökulmasta, *Työterveyslaitos*, Helsinki, 2013, 16 s.

Parkkinen, A. Rakennuksen tietomallien hyödyntämisen edellytykset rakentamisen valmistelu- ja rakennusvaiheessa, *Lappeenrannan teknillinen yliopisto*, 2013, 165 s.

Peippo, E. Tietomallin hyödyntäminen infrahankkeen laadunvalvonnassa - Isosisänsillan rakennuttaminen Helsingin Kalasatamaan, *Opinnäytetyö*, Turun ammattikorkeakoulu, Turku, 2015, 58 s.

Rakennuslehti, Uutinen, Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40-vuodessa -onko Allianssista tai Leanista apua, 4.9.2017. Verkkajulkaisu: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>. Viitattu 18.4.2018.

Rakennustietosäätiö 2013. Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa, kyselyn tulokset. Verkkajulkaisu: <https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/tutkimus/6IzIzmpAR.html>. Viitattu 29.3.2018.

Rakennustietosäätiö. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla edistää digitalisaatiota. Verkkajulkaisu: <https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotteet1/artikkelit/nPLMEZJt.html.stx>. Viitattu 29.3.2018.

Rozenfeld, O., Sacks, R. & Treckmann, M. Visualization of Work Flow to Support Lean Construction, *Journal of Construction Engineering & Management*, Vol. 135(12), 2009, pp.1307-1315.

Räsänen, A. Rakennusyrityksille suunnattujen toiminnanohjausjärjestelmien vertailu, Opinnäytetyö, Savonia ammattikorkeakoulu, Kuopio, 2016, 43 s.

Saari, H. & Oijennus, M. Toiminnanohjaus kehityskohteena pk-yrityksessä, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Seinäjoki, 2004, 47 s.

Salomäki, J. Hankinnan kustannustehokkuuden parantaminen, Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu, Helsinki, 2014, 45 s.

Serpella, A.F., Ferrada, X., Howard, R. & Rubio, L. Risk Management in construction projects: a knowledge-based approach, Department of Construction Engineering and Management, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Elsevier Ltd., 2014, 10 pp.

Solibri: A Nemetschek Company. Verkkajulkaisu: <https://www.solibri.com>. Viitattu 28.3.2018.

Succor, B. Episode 8: Understanding BIM Stages, 2008. Verkkajulkaisu: <http://changeagents.blogs.com/thinkspace/2008/02/the-bim-episode.html>. Viitattu 26.4.2018.

Succor, B. Episode 9: BIM Steps, 2008. Verkkajulkaisu: <http://changeagents.blogs.com/thinkspace/2008/06/episode-9-bim-s.html>. Viitattu 26.4.2018.

Suomen paikkatietoklusteri 2.5.2017. Tiedätkö jo, miten voit hyödyntää kaupungin tietomallia liiketoiminnassasi? Verkkajulkaisu: <http://flic.fi/2017/05/02/tiedatko-jo-miten-voit-hyodyntaa-kaupungin-tietomallia-liiketoiminnassasi/>. Viitattu 4.4.2018.

Teittinen, H. Näkymätön ERP: taloudellisen toiminnanohjauksen rakentuminen, Jyväskylän yliopisto, 2008, 207 s.

Teittinen, T. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta, erikoistyö, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2009, 10 s. Verkkajulkaisu: <http://docplayer.fi/6411623-Tietomallipohjainen-maara-ja-kustannuslaskenta.html>. Viitattu 4.4.2018.

Tilastokeskus. Verkkajulkaisu: <https://www.stat.fi/>. Viitattu 18.4.2018.

Tocoman Oy. Verkkajulkaisu: <https://tocoman.fi/>. Viitattu 9.5.2018.

Tohidi, H. The Role of Risk Management in IT systems of organizations, Procedia – Computer Science Journal, Vol. 3, 2011, pp.881-887.

Trimble: Tekla. Verkkajulkaisu: <https://www.tekla.com/fi/referenssit/abstr%C3%A4ngbetong>. Viitattu 18.4.2018.

Tuominen, M. Hartelan VDC-nelikenttämatriisi, Hartela Länsi-Suomi Oy, 2017.

Yin, G. Project Time and Budget Monitor and Control, Management Science and Engineering, Canada, 2010, Vol.4, No. 1., pp.56-61.

Muut kirjalliset lähteet

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4. Talotekninen suunnittelu.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 11. Tietomalliprojektin johtaminen.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 12. Tietomallin hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa.

Haastattelut

Tuomo Lehtisalo. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri. Haastattelu 20.4.2018.

Ypsilon-koulun työmaaorganisaatio. Hartela Länsi-Suomi Oy. Haastattelu 3.5.2018.

Kyselytutkimus

Hartela-konserni. Kyselytutkimus aikavälillä 24.4.-3.5.2018.

LIITE A: Tuomo Lehtisalon haastattelu 20.4.2018.

Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin rakennuttamispäällikkö Tuomo Lehtisalon haastattelu 20.4.2018

Haastattelu tehdään osana diplomityötä, aiheena rakennuksen tietomallin hyödyntäminen ja käytön kehittäminen rakennustuotannossa.

Haastattelijana toimii diplomityöntekijä, TYKS T3 -sairaalaprojektin projektinjohtourakoitsija, Hartela Länsi-Suomi Oy:n työmaainsinööri Juuso-Antti Simpanen.

Haastateltavana on TYKS T3 -sairaalaprojektin rakennuttamispäällikkö, Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin edustaja (VSSHP) Tuomo Lehtisalo.

Tutkimuskysymykset:

- 1. Onko Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirillä aikaisempaa kokemusta tietomallien käytöstä?**
- 2. Mitkä tekijät laukaisivat päätöksen ottaa tietomalli mukaan projektiin?**
- 3. Millaisia päätavoitteita tilaaja on asettanut tietomallille? Esim. osapuolien sitouttaminen, suunnitelmien yhteensovittaminen, rakentamisen aikaisien prosessien tehostaminen, jne. Onko päätavoitteet laadittu?**
- 4. Miten tilaaja on hyödyntänyt tietomalleja? Onko niitä käytetty investointilaskelmien tukena, esim. vertailemalla ratkaisujen laajuutta, toimivuutta ja kustannuksia?**
- 5. Mistä rakentamisen aikana käytettävät tietomallivaatimukset on saatu ja miten ne on huomioitu suunnittelussa?**
- 6. Mitä vaatimuksia / odotuksia tilaajalla on muita osapuolia kohtaan tietomallin käytöstä? Onko vaatimukset kirjattu jo tarjouspyyntövaiheessa?**
- 7. Miten eri osapuolet ovat suhtautuneet tietomallinnukseen ja sen tuomiin tehtäviin?**
- 8. Mitä tilaaja odottaa tietomalleilta tulevaisuudessa?**

LIITE B: Ypsilon-koulun työmaaorganisaation haastattelu 3.5.2018.

Hartela Länsi-Suomen vastaava työnjohtaja Pasi Kirveennummen, projekti-insinööri Maija Aaltosen, työmaainsinööri Eeva-Stiina Suomisen ja työnjohtaja Fredrik Lehtosen haastattelu 3.5.2018.

Haastattelu tehdään osana diplomityötä, aiheena rakennuksen tietomallin hyödyntäminen ja käytön kehittäminen rakennustuotannossa.

Haastattelijana toimii diplomityöntekijä, Hartela Länsi-Suomi Oy:n työmaainsinööri Juuso-Antti Simpanen.

Haastateltavat toimivat Yli-Maarian Ypsilon -koulun allianssiurakan projektinjohtourakoitsijoina.

Haastattelukysymykset:

- 1. Onko haastateltavilla aikaisempaa kokemusta tietomallien käytöstä?**
- 2. Miten tietomalleja on hyödynnetty tuotannon päivittäisissä toimissa? Onko tuotannonsuunnittelua tai aikataulutusta tehty tietomallipohjaisesti?**
- 3. Miten yhteistyö eri osapuolien (suunnittelijat, aliurakoitsijat jne.) kesken on toiminut tietomallinnuksen näkökulmasta?**
- 4. Mitä esteitä tietomallin käytölle on ilmaantunut projektin aikana?**
- 5. Oletteko saaneet tarvittavaa koulutusta ja / tai tukea tietomallien käyttöön? Jos olette niin keneltä? Ulkopuoliselta konsultilta tai joltain muulta taholta?**
- 6. Miten eri aliurakoitsijat ovat suhtautuneet tietomallien käyttöön?**
- 7. Mitä toimenpiteitä Hartelassa tarvitaan, jotta tietomalleja pystytään tulevaisuudessa hyödyntämään laajemmin ja tehokkaammin tuotannossa? Mitä kehitettävää Hartelalla on tästä näkökulmasta? Mitkä ovat mielestänne Hartelan valmiudet tällä hetkellä käyttää tietomalleja projektien tuotantotoimissa?**
- 8. Mitä odotuksia haastateltavilla on tietomalleilta tulevaisuudessa?**

LIITE C: Kyselytutkimus Hartela-konsernille 24.4.-3.5.2018.

Kyselytutkimus

Kysely rakennuksen tietomallin (BIM) käytöstä

Valitse yksi vastausvaihtoehto

1. Rakentava yhtiö.

- A) Hartela Etelä-Suomi Oy
- B) Hartela Länsi-Suomi Oy
- C) Hartela Pohjois-Suomi Oy

2. Toimenkuva organisaatiossa.

- A) Johto
- B) Ylempi toimihenkilö
- C) Toimihenkilö

3. Tehtäväkenttä organisaatiossa.

- A) Liikkeenjohdon tehtävät
- B) Hankekehitys
- C) Laskenta
- D) Hankinta
- E) Tuotanto
- F) Myynti

4. Tietomallin (BIM) tuntemus ja käyttö.

- A) En tunne, en käytä
- B) Olen tietoinen
- C) Tunnen ja käytän

5. Jos valitsin edelliseen kysymykseen A tai B, niin voisinko hyötyä BIMin käytöstä omassa tehtävässäni?

- A) Varmasti hyötyisin
- B) Saatan hyötyä
- C) En hyödy, luotan perinteisiin suunnitelmiin

6. Jos käytät tietomallia, niin kerro lyhyesti mihin tarkoitukseen:

7. BIMin käyttö viiden vuoden sisällä yrityksessä

- A) Käytämme viiden vuoden sisällä
- B) Käytämme kolmen vuoden sisällä
- C) Käytämme vuoden sisällä
- D) Käytämme tällä hetkellä

8. Vapaa sana koskien tietomallia (BIM). Voit tähän kertoa vapaasti mielipiteitäsi tietomallista yleisesti tai yrityksen näkökulmasta.

Kiitos vastauksestasi!