



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SIMO TARPILA
TIETOMALLIPOHJAISEN KUSTANNUSLASKENNAN HYÖDYNTÄ-
MINEN RAKENNUSLIIKKEESSÄ

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkö-
nen ja DI Toni Teittinen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 17. elo-
kuuta 2016

TIIVISTELMÄ

TARPILA SIMO: Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan hyödyntäminen rakennusliikkeessä

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 92 sivua, 26 liitesivua

Syyskuu 2016

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen ja DI Toni Teittinen

Avainsanat: BIM, 5D-tietomalli, tietomalli, kustannusarvio, kustannuslaskenta, kustannuslaskentaprosessi, kustannushallinta, kustannusohjaus

Kohdeyrityksen kustannuslaskentaprosessi pohjautuu pääosin perinteiseen dokumenttipohjaiseen määrälaskentaan, eikä käytössä oleva prosessi tue juurikaan suunnitteluaikaista kustannuslaskentaa. Diplomityössä tullaan tutkimaan tietomallien tuomia mahdollisuuksia rakennusliikkeen määrä- ja kustannuslaskennalle sekä suunnittelu- ja rakentamisaikaiselle kustannusohjaukselle. Tutkimuksen päätavoite on määrittää tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi, joka tukisi suunnitteluaikaista kustannuslaskentaa sekä hyödyntäisi tietomallitekniikan luomia etuja.

Diplomityö rajautuu aikaan, jossa investointipäätös on jo tehty, ulottuen aikaan ennen vastaanottopäätöstä eli tutkimuksen viitekehys kattaa rakennushankkeen vaiheet rakennussuunnittelu ja rakentaminen. Tutkimustyön tilaajana ja kohdeyrityksenä oli NCC Suomen asuntorakentamisen yksikkö. Tutkimustyö tehtiin kvalitatiivisena tutkimuksena ja se jakautui kolmeen vaiheeseen sekä tulosten testaukseen.

Diplomityön tutkimustuloksista muodostui uudistettu tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi, joka on määritelty kohdeyrityksen käyttöön. Tutkimuksessa määritetyllä tietomallipohjaisella prosessilla kustannusarviointia voidaan suorittaa jatkuvana prosessina, suunnitteluajaisesta kustannusarvioinnista aina lopulliseen kustannusarvion määrittämiseen asti. Määritetty prosessi mahdollistaa kustannusarvioinnin toteuttamisen vajavaisilla suunnitelmilla, eikä sido tietyn ohjelmistotoimittajan tuotteisiin.

ABSTRACT

TARPILA SIMO: Utilization of BIM-based cost estimation in construction company

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 92 pages, 26 Appendix pages

September 2016

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Construction management

Examiner: Professor Kalle Kähkönen ja M.Sc. Toni Teittinen

Keywords: BIM, 5D-BIM, cost estimation, building information model, modeling, cost management, target costing

The company's target costing process is mainly based on the traditional document-based calculations, and the current process does not very well support design-time cost accounting. This thesis will examine the opportunities of 5D-BIM and cost calculation of the construction company as well as the design and construction-term cost control. The main objective of the study is to define a building information model-based cost accounting process, which would support the design-time cost accounting and exploit the information model created by the technology advantages.

The limits of this thesis are the time an investment decision has already been made, extending the time before receiving a decision. The study framework covers the construction phases of building design and construction. Research the client and the target company was a unit of NCC Building Finland housing construction. The research was carried out as a qualitative study, and it was divided into three phases and testing of the results.

Master's thesis research consisted of revised BIM-based cost accounting process, which is defined as the use of the target company. The study defined that a model-based cost-accounting process cost position can be carried out as a continuous process, the design-term cost evaluation, all the way until the final determination of the cost estimate. The specified process allows the implementation of a cost assessment without adequate plans, and not be bound by a particular software producer's products.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty työsuhteen aikana NCC Suomi Oy:lle. Työ on tehty opinnäytteeksi diplomi-insinöörin tutkintoon rakennustekniikan laitokselle Tampereen teknilliseen yliopistoon (TTY). Diplomityö alkoi vuoden 2016 maaliskuussa ja päättyi vuoden 2016 elokuussa. Diplomityön tarkastajana ja ohjaajana toimivat professori Kalle Kähkönen ja DI Toni Teittinen. Kohdeyrityksen puolesta ohjaajina toimi projektipäällikkö Matti Koivunoro ja työmaainsinööri Jan Lund.

Suuret kiitokset kuuluvat työn tarkastajille ja ohjaajille Kalle Kähköselle ja Toni Teittiselle. Avullanne työstä saatiin selkeä ja johdonmukainen kokonaisuus. Haluan kiittää myös koko NCC Suomi Oy:n asuntorakentamisen henkilöstöä, varsinkin Matti ja Jan ansaitsevat suuret kiitokset neuvoista ja käyttämästänne ajasta työn aikana.

Lopuksi haluan sydämellisesti kiittää Lotta Hakasta kaikesta siitä tuesta, jota olen tutkimuksen aikana sinulta saanut.

Helsingissä 31.8.2016

Simo Tarpila

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen taustaa	1
1.2	Kohdeyrityksen esittely	2
1.3	Työn tavoitteet ja rajaukset	2
1.4	Tutkimuskysymykset	4
1.5	Työn rakenne	6
2.	TUTKIMUKSEN VIIITEKEHYS	7
2.1	Tietomallit ja niiden hyödyntäminen rakennusliikkeessä	8
2.1.1	Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi	10
2.1.2	Tietomallinnus hankkeen vaiheissa	14
2.1.3	Tietomallien yleinen laadukkuus	16
2.1.4	Tilapohjainen mallintaminen	17
2.1.5	Objektipohjainen mallintaminen	17
2.1.6	Tiedonsiirto ja -standardointi	18
2.1.7	Tietomallia hyödyntävät ohjelmistot	19
2.2	Tietomallit kustannushallinnassa	21
2.2.1	Kustannuslaskenta yleisesti	22
2.2.2	Suunnitteluajainen kustannusohjaus	25
2.2.3	Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan perusteet	27
2.2.4	Kustannuslaskennan vaatimukset tietomalleille	30
2.2.5	Tietomallipohjaisen laskennan rajoitukset	31
2.2.6	Ryhmittelyn toteutus	32
2.2.7	Kustannuslaskentaprosessin kuvaus lähteistä	33
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA – AINEISTO	36
3.1	Tutkimusmenetelmä	36
3.1.1	Aineistonkeruun menetelmät	37
3.1.2	Kirjallisuusselvitys	37
3.1.3	Haastattelut	38
3.1.4	Toimintamallin testaus	38
3.2	Tutkimusmenetelmien arviointi	39
3.3	Testauskohteen esittely	39
4.	KOHDEYRITYS JA SEN TAVOITTEET	41
4.1	Kohdeyrityksen esittely	41
4.1.1	NCC -konserni	41
4.1.2	NCC Building Finland Oy	42
4.1.3	Konsernin strategia vuosille 2016-2020	43
4.2	NCC Suomelle tehdyt aiemmat tutkimukset	44
4.3	Nykytilanteen määrittäminen ja tavoitteet uudelle toimintatavalle	45
4.3.1	Käytössä oleva kustannuslaskentaprosessi	45
4.3.2	Kustannusohjaus	48

4.3.3	VDC ja sen hyödyntämien	48
4.4	Uudistetun toimintamallin ominaisuudet	49
4.4.1	Vaatimukset uudistetulle kustannushallinnanprosessille	49
4.4.2	Haasteet toimintamallin käyttöönotossa.....	53
4.4.3	Tietomalleista saatavan määrätiedon osuus	55
4.4.4	Tiedonsiirto ja kustannustiedon linkitys	56
5.	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	59
5.1	Kustannuslaskentaprosessin määrittely.....	59
5.1.1	Kohteeseen tutustuminen ja lähdeaineiston kokoaminen.....	63
5.1.2	Laskentavalmiuden ja suunnitelmamuutosten tarkistaminen	64
5.1.3	Laskenta ja laadunvarmistus.....	67
5.1.4	Hinnoittelu ja referenssivertailu	68
5.1.5	Laskentamuistio ja määrätiedon jakaminen	68
5.2	Prosessin testaus	69
5.2.1	Suunnitteluajankaisen kustannusarvion eteneminen	69
5.2.2	TCM ohjelmaan vienti ja lopullinen kustannusarvio	71
5.2.3	Arkkitehtimalli.....	73
5.2.4	Rakennemalli	74
5.2.5	Talotekniikan mallit	78
5.3	Tulosten tarkastelu.....	79
6.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	81
6.1	Tulosten analysointi.....	81
6.2	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen	83
6.3	Tulosten hyödyntäminen ja jatkotutkimus	85
	LÄHTEET	89

LIITE 1: Asiantuntijahaastattelun kysymyksiä

LIITE 2: Haastateltavat

LIITE 3: Eri rakennusosien mallinnustarkkuus hankintoja ja laskentaa palvelevia rakennussuunnitelmia varten

LIITE 4: Eri rakennusosien mallinnustarkkuus hankintoja ja laskentaa palvelevia arkkitehtisuunnitelmia varten

LIITE 5: Teemoitellut asiantutijahaastattelun vastukset

LIITE 6: Diplomityötä varten pidetyt tapaamiset ja haastattelut

KÄSITTEET JA LYHENTEET

Attribuutti	Tietomalliobjektin ominaisuus, kuten rakennetyyppi, profiili tai materiaali.
BIM	Building Information Model tai Building Information Modeling. ks. tietomalli
Estimodel	NCC:n käyttämä ja kehittämä kustannusarviointiin käytettävä ohjelma. Sen avulla määritetään investointi- ja elinkaarikustannukset sekä vertaillaan eri suunnitteluvaihtoehtoja.
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen ja kehittyvä, yhteinen tiedonsiirtostandardi oliopohjaisen tiedon siirtämiseen ohjelmistojen välillä. Pääsääntöisenä käyttökohteena tietomalliohjelmistojen yhteinen mallien kuvaustapa. Yleisimmin ohjelmistoissa käytössä oleva version on IFC 2x3, vaikkakin sen seuraaja IFC 4 on jo julkaistu.
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen, urakoitsija vastaa suunnitelmista, järjestelystä ja toteutuksesta.
Natiivimalli	Tietomallinnusohjelmalla tuotettu alkuperäinen malli, joka on tallennettuna ohjelman omaan tiedonsiirtoformaatiin
Objekti	Objekti eli olio, on olio-ohjelmoinnin perusyksikkö, joka sisältää joukon loogisesti yhteenkuuluvaa tietoa ja toiminnallisuutta.
Taku®	Kustannustieto Taku® -järjestelmä on tarkoitettu budjetointiin ja taloudenohjaukseen sekä rakennuksien hinnan arviointiin eri tilanteissa.
TCM	Tocoman kustannuslaskenta-ohjelma
Tietomalli	Rakennuksen tietomalli on rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomallissa määritetään ja esitetään koko rakennuksen geometria kolmiulotteisesti tuotetietoineen.
Yhdistelmämalli	Eri suunnittelualojen tietomalleista koottu yhdistelmä
VDC	Virtual Design and Construction on virtuaalista suunnittelua ja rakentamista, joka yhdistää ihmiset, prosessit ja tietotekniikan yhdeksi kokonaisuudeksi.
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaistujen tietomallivaatimusten päivitys. Toteutettu COBIM hankkeen yhteydessä vuonna 2011–2012, yhteensä 14 osaa.

1. JOHDANTO

Tässä luvussa esitellään tutkimusta yleisellä tasolla, kerrotaan tutkimuksen taustasta, tavoitteista, rajauksesta ja rakenteesta sekä esitellään kohdeyrityksenä toimiva NCC Suomi Oy.

Tietomallipohjaisella kustannuslaskennalla tarkoitetaan tietomallista tuotettavan määrätiedon hyödyntämistä kustannuslaskennassa. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa määrätieto tuotetaan uudella tavalla perustuen, joko tilapohjaiseen laskentaan tai mallinnettujen objektien mittatietoon. Riippuen kustannustietokannan rakenteesta ja hankkeen vaiheesta, mallipohjaisen laskennan ryhmittely tehdään, joko jonkun valmiin nimikkeistön mukaan tai ennalta sovitun rakenteen mukaisesti. Tietomallipohjaisen määrälaskennan tärkeimpänä osana on huomioitava, että kohdistus kustannustietoon saadaan tehtyä mahdollisimman vähällä työllä.

1.1 Tutkimuksen taustaa

Tietomallitekniikan hyödyntäminen on noussut suureen arvoon viime vuosien aikana rakennusyritysten kehityssuuntia määritettäessä. Suunnittelutyö tapahtuu jo monilta osin tietomallipohjaisesti, joten tietomallitekniikan hyödyntämiselle on myös rakennusliikkeiden puolella hyvät lähtökohdat. Kiristynyt hintakilpailu sekä nousevat suunnittelu- ja rakentamiskustannukset lisäävät paineita kilpailutehokkaammalle toiminnalle rakennusliikkeissä. Diplomityössä tullaan tutkimaan, tietomallien tuomia mahdollisuuksia rakennusliikkeen määrä- ja kustannuslaskennalle sekä suunnittelu- ja rakentamisaikaiselle kustannusohjaukselle.

Tällä hetkellä määrälaskenta toteutetaan pääosin perinteisellä tavalla, paperikuvien pohjalta, joka on melko hidasta, epätarkkaa eikä kovin mielekästä tekijälleen. Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönotto parantaa kustannustarkkuutta, helpottaa suunnitelmavaihtoehtojen vertailua, nopeuttaa prosesseja sekä lisää hankkeiden läpinäkyvyyttä. Tietomalleja tukevien kustannus- ja määrälaskentaohjelmien kehitys on viime vuosina ollut vahvaa ja erilaisia tietomallia hyödyntäviä ohjelmistoja on kehitetty eri käyttötarkoituksiin. Myös suunnitteluprosessit ovat edenneet siihen pisteeseen, että mallista saatavia määrätietoja on myös mahdollista hyödyntää.

1.2 Kohdeyrityksen esittely

Tämä diplomityö on tehty NCC Suomi Oy:n asuntorakentamisen yksikköön. NCC Suomi Oy on yksi Suomen suurimpia rakennusalan yrityksiä. NCC Suomi Oy työllistää yli 2500 henkilöä ympäri Suomea. NCC:n toimialoja ovat rakentaminen, asuminen, kiinteistöjen kehittäminen sekä tie- ja maanrakentaminen.

NCC-konsernin visiona on uudistaa toimialaa ja tarjota ylivertaisia kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja. NCC kehittää Lean- periaatteisiin pohjautuvia toimintatapoja ja digitalisaation hyödyntäminen on sen yksi isoimpia strategisia osia. Myös asiakkaan arvon lisääminen ja kestävän kehityksen mukaisiin ratkaisuihin pyrkiminen on osa NCC-konsernin strategiaa. NCC:n tavoitteena on kehittää lähitulevaisuudessa konsernille täysin digitaalinen prosessi VDC-toimintatavan avulla.

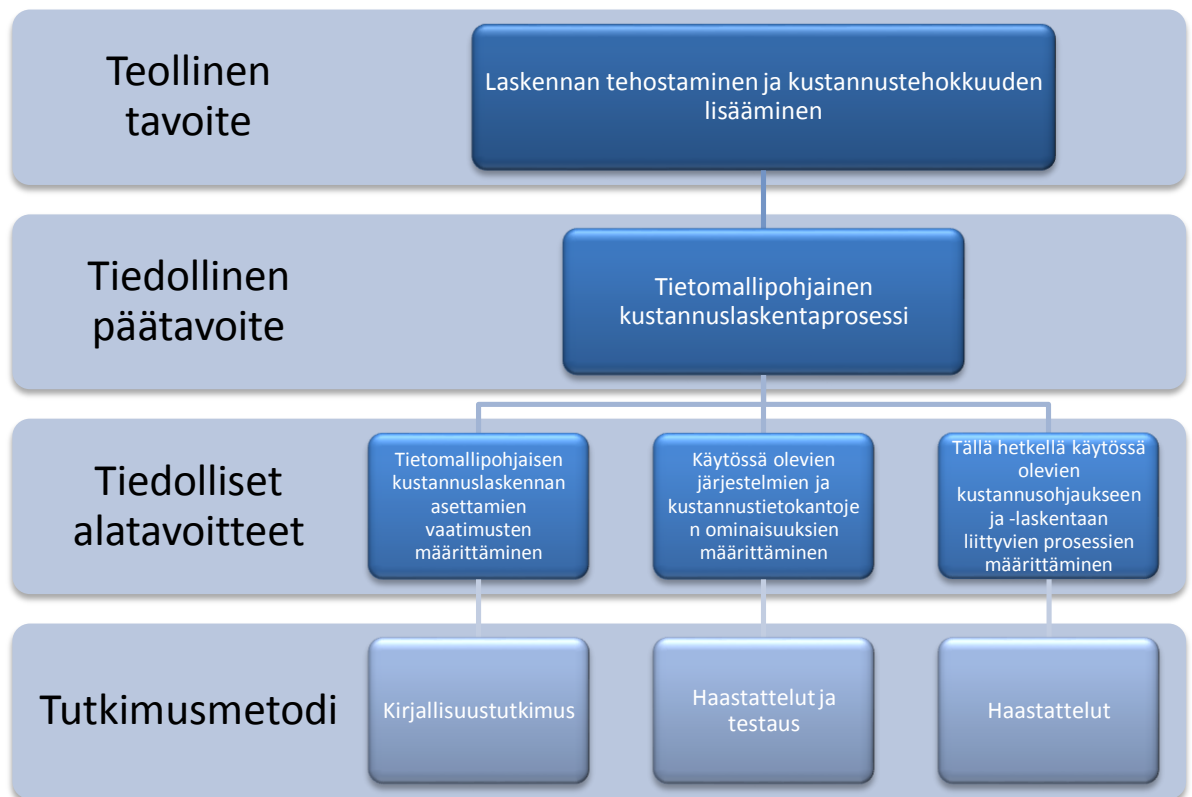
1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoite on luoda tietomallipohjainen kustannuslaskennan prosessi. Kustannuslaskennan prosessiin katsotaan sisältyvän myös suunnitteluajallinen kustannusohjaus, vaikka tässä yhteydessä puhutaankin kustannuslaskennan prosessista. Tavoitteena on, että uudistettu kustannuslaskennan prosessi käynnistyisi heti investointipäätöksen jälkeen, jolloin se tuottaisi samalla lisäarvoa päätöksenteon tueksi ja hanketta voitaisiin johdattaa tietoon perustuen. Tutkimuksen päätavoitteen määrittämiseksi vaaditaan lähtötietoja, joilla päätavoite voidaan jakaa kolmeen alatavoitteeseen:

- 1) Määrittää tietomallipohjaisen kustannuslaskennan asettamat vaatimukset tietomalleille ja suunnitteluprosessille.
- 2) Määrittää käytössä olevien järjestelmien ja kustannustietokantojen rakenteet ja rajoitteet.
- 3) Määrittää tällä hetkellä käytössä oleva prosessi kustannusohjauksen ja kustannuslaskennan osalta.

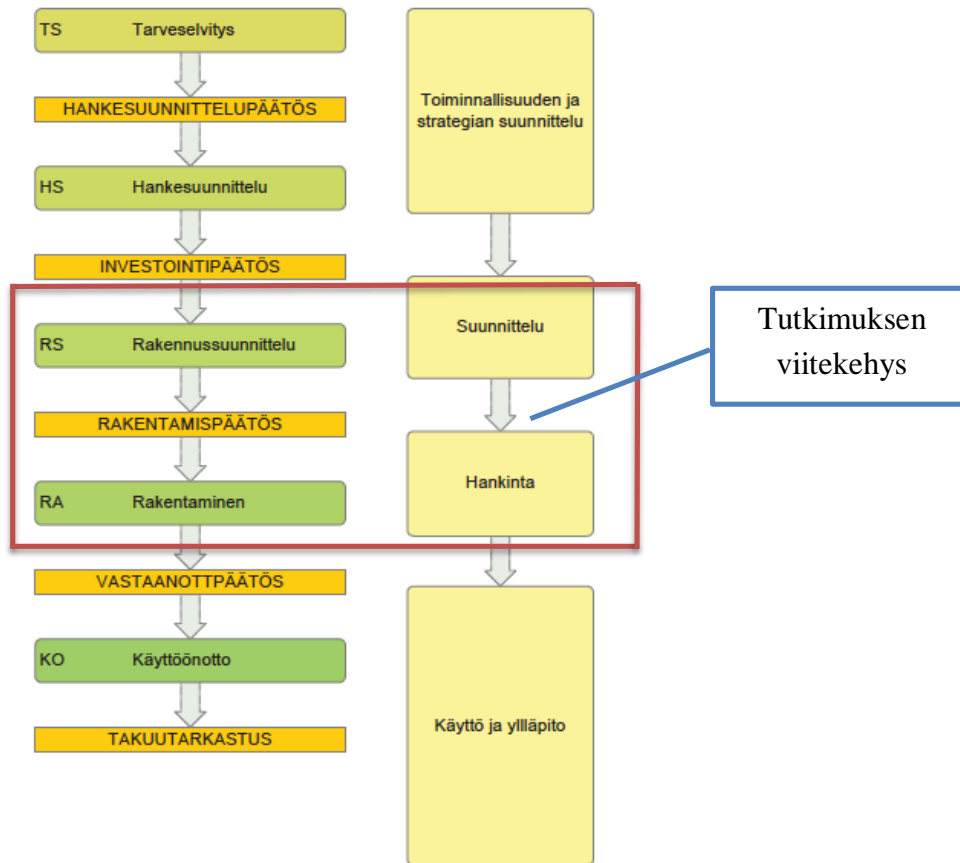
Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa kohdeyritykselle prosessikuvaus uudistettuun kustannuslaskentaan, jossa määrätieto tuotetaan tietomallipohjaisesti ja linkitetään kohdeyrityksen kustannustietokantoihin. Diplomityössä tutkitaan, millaisilla toimintatavoilla tietomallipohjainen määrätieto tuotetaan missäkin hankevaiheessa ja miten se linkitetään kustannustietoon. Tutkimuksen tavoitteena on myös *saada kertaalleen laskettu määrätieto tehokkaammin hyödynnettyä ja jaettua eteenpäin, eri hankkeen vaiheissa ja hanke-tehtävissä*. Sama määrätieto lasketaan moneen kertaan eri henkilön toimesta hankkeen eri vaiheissa ja toiminnoissa, koska kohdeyrityksessä ei ole käytössä selvästi määriteltyä toimintatapaa lasketun määrätiedon jakamiseen ja hyödyntämiseen. Samoihin suunnitelmiin perustuvaa määrätietoa käytetään kustannusarvion laskennan jälkeen vielä ainakin hankinnoissa ja työmaan tuotannosuunnittelussa.

Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksen tavoitteet hierarkiamuodossa. Näiden tavoitteiden avulla on muodostuneet työn tutkimuskysymykset, jotka on esitetty luvussa 1.4. Tutkimuskysymyksiin vastaamalla saavutetaan siis tutkimuksen tavoitteet.



Kuva 1. Tutkimuksen tavoitteet esitettynä hierarkiamuodossa

Diplomityö tullaan rajaamaan rakennusyrityksen kustannuslaskentatarpeeseen tarjousvaiheessa ja kustannusohjaukseen rakennussuunnittelu vaiheessa eli viitekehys kattaa rakennushankkeen vaiheet rakennussuunnittelu ja rakentaminen. Tutkimuksen viitekehys tulee siis rajautumaan aikaan, jossa investointipäätös on jo tehty, ulottuen aikaan ennen vastaanottopäätöstä. Kuvassa 2 on esitetty diplomityön ajallinen rajautuminen yleisten rakennushankkeen vaiheiden mukaisesti. (Rakennustieto 1989)



Kuva 2. Työn rajautuminen ilmaistuna rakennushankkeen vaiheiden avulla (muokattu lähteestä, Vakkilainen 2009)

1.4 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen pääkysymys on: **Millainen on tietomallipohjainen kustannuslaskenta-prosessi?** Kysymyksellä selvitetään toimintatapoja toteuttaa tietomallipohjasta kustannuslaskentaa, jotta voidaan kuvata yhtenevä ja toimiva toimintamalli tietomallipohjaiselle kustannuslaskennalle. Tutkimuksen pääkysymys jakautuu neljään alikysymykseen, joiden avulla vastaus pääkysymykseen saadaan muodostettua:

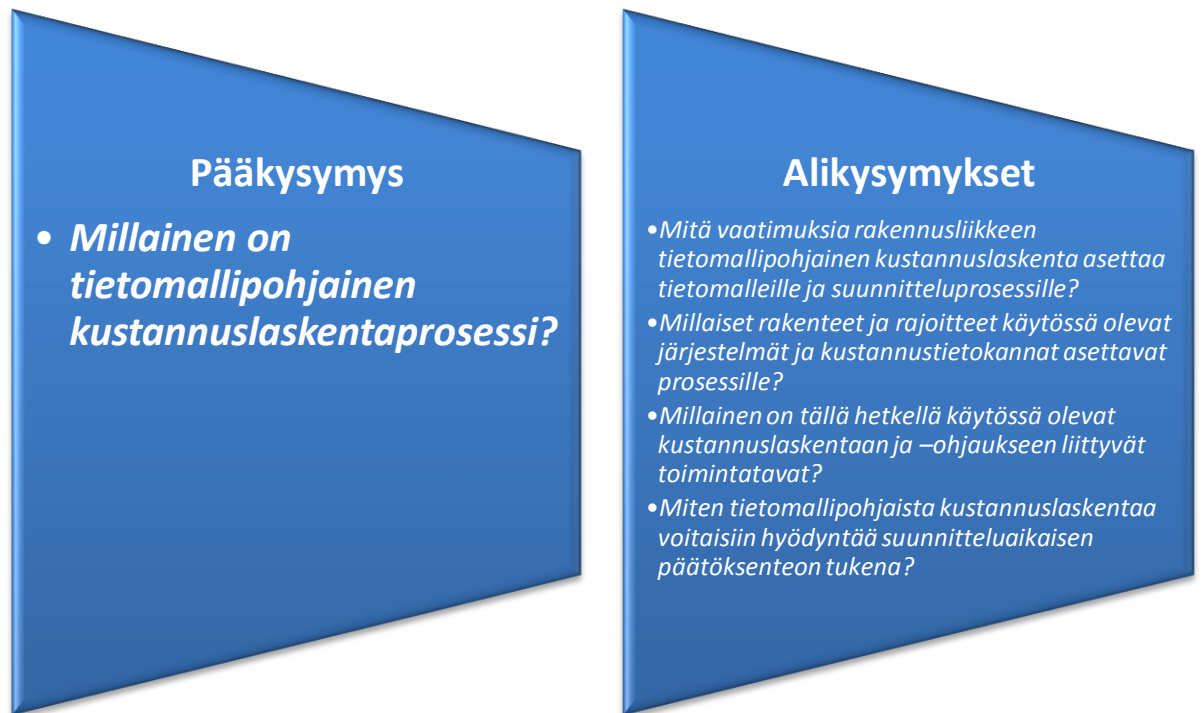
Mitä vaatimuksia rakennusliikkeen tietomallipohjainen kustannuslaskenta asettaa tietomalleille ja suunnitteluprosessille?

Millaiset rakenteet ja rajoitteet käytössä olevat järjestelmät ja kustannustietokannat asettavat prosessille?

Millaiset ovat tällä hetkellä käytössä olevat kustannuslaskentaan ja -ohjaukseen liittyvät prosessit?

Miten tietomallipohjaista kustannuslaskentaa voitaisiin hyödyntää suunnittelun aikaisen päätöksenteon tukena?

Ensimmäinen alikysymys määrittelee valmiudet ja lähtökohdat pääkysymykselle. Toisella ja kolmannella alikysymyksellä pyritään löytämään paras tapa toteuttaa tietomallipohjaisen määrälaskennan ja kustannustietokannan käyttö niin, että se olisi mahdollisimman helposti jalkautettavissa. Neljännellä alikysymyksellä pyritään löytämään suurimmat hyödyt suunnitteluohjauksen käyttöön, jotta prosessi kattaisi koko kustannusohjauksen ja –laskennan tarpeet. Diplomityön pää- ja alitutkimuskysymykset on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Tutkimuksen pääkysymys ja alikysymykset

Tutkimustyö tehdään kvalitatiivisena eli laadullisen tutkimuksena. Tutkimukselle tyypillistä on tekstianalyysi, toimintatutkimus ja keskusteluanalyysi, jossa ei koota isoa joukkoa tietoa standardoidussa muodossa, vaan tutkimusasetelma on vapaampi ja tutkittava on usein itse enemmän toiminnan subjektina. (Vaismaa 2009, s. 7)

Tutkimus jakautuu kolmeen vaiheeseen ja tulosten testaukseen. Ensimmäiseksi määritetään lähtötilanne eli nykyisen suunnitteluprosessin eteneminen ja tietomallien tarkkuus-taso hankkeen eri vaiheissa. Toisessa vaiheessa tutustutaan kohdeyrityksen kustannustietokantaan ja kustannuslaskentameteodeihin, jotka määrittävät tietynlaiset rakenteet ja rajaehdot seuraaville vaiheille. Kolmannessa vaiheessa määritetään tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessikuvaus. Määrittäminen tehdään kirjallisuusselvitykseen ja teemahaastatteluiden pohjalta. Lopussa luotua toimintamallia testataan sen määrittämisen jälkeen, kohdeyrityksen todellisella hankkeella tutkijan toimesta.

1.5 Työn rakenne

Diplomityö alkaa kirjallisuustutkimuksella ja lähtötietojen kartoittamisella. Seuraavaksi toteutetaan nykytilanteen määrittäminen ja edellytykset tietomallipohjaisen prosessin käyttöönotolle, tämä tapahtuu teemahaastatteluiden ja teoriaosuuden perusteella. Tämän jälkeen määritetään tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessi ja toimintamalli sekä käytettävä ryhmittely ja kohdistus tuoterakenteille. Viimeisessä vaiheessa suoritetaan testaus määritetyn prosessin ja toimintamallin pohjalta.

Luku 2 käsittelee tutkimuksen taustateoriaa, joka on tuotettu kirjallisuustutkimuksena. Tämä määrittää työn viitekehyksen aikaisemman tutkimustiedon ja kirjallisuuden avulla. Tarkasteltavia teemoja ovat muun muassa tietomallit ja niiden hyödyntäminen, määrälaskenta ja kustannuslaskentametodit sekä kustannusohjaus. Tarkastelemalla kustannuslaskentavaihetta prosessina saadaan määritettyä tietomallipohjaisen kustannuslaskennan toimintamalli, joka on sovellettavissa rakennusliikkeen toimintaympäristöön.

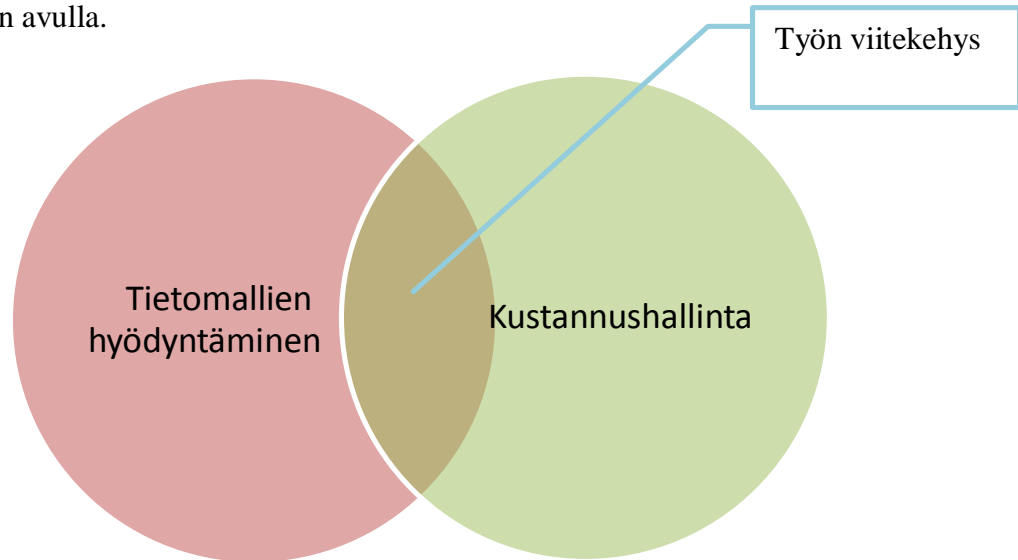
Luku 3 sisältönä ovat tutkimusmenetelmät ja aineisto. Luvussa avataan ja arvioidaan valittuja tutkimusmenetelmiä sekä kuvataan käytettyä aineistoa. Luku 4 käsittelee kohdeyritystä tarkemmin ja sen tavoitteita kustannuslaskennan uudistamiselle sekä tietomallien hyödyntämiselle. Tässä luvussa on esitetty haastattelututkimuksen tulokset, jotka ovat tärkeää lähtötietoa uuden prosessin määrittämisen suhteen. Kohdeyrityksen tavoitteet esitetään puolistrukturoitujen teemahaastattelujen avulla. Haastatteluiden perusteella on kartoitettu kohdeyrityksessä käytössä olevat kustannuslaskentaan ja -ohjaukseen liittyvät toimintatavat, jotta prosessia voidaan kehittää oikeaan suuntaan.

Luvussa 5 esitetään tutkimuksessa kehitetty tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessi ja kuvataan sen vaiheita, ominaisuuksia ja etuja. Luku käsittelee myös saatujen tulosten tarkastelua, luotettavuutta ja soveltamista. Luvussa arvioidaan myös määritetyn prosessin toimivuutta ja vaikutusta kustannustarkkuuteen, läpinäkyvyyteen sekä laskentatehokkuuteen. Tämä arviointi suoritetaan case-kohteen avulla, joka on kohdeyrityksen tällä hetkellä käynnissä oleva projekti.

Viimeisessä luvussa esitetään tutkimuksen johtopäätökset. Luvussa esitellään myös avoimeksi jääneitä kysymyksiä, ehdotetaan tutkimuksen pohjalta heränneitä jatkotutkimusaiheita sekä arvioidaan yleisesti tietomallipohjaisen laskennan kehitystä.

2. TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen taustateoriaa, joka koostuu tietomalleista ja niiden hyödyntämisestä, kustannuslaskennasta, kustannuslaskenta metodeista sekä kustannusohjauksesta. Kirjallisuustutkimuksen viitekehys on esitetty kuvassa 4, Booleaan operaation avulla.



Kuva 4. Diplomityön viitekehys

Tietomallipohjaisella kustannuslaskennalla tarkoitetaan tietomallista tuotettavan määrätiedon hyödyntämistä kustannuslaskennassa. Määrätieto pohjautuu objektien mittatiedoista johdettuihin ominaisuuksiin tai tilapohjaiseen määrätietoon. Tällaisia ovat esimerkiksi pinta-ala, tilavuus, poikkileikkaus ja kappalemäärä.

Rakennuksen tietomallilla (*Building Information Model, BIM*) tarkoitetaan virtuaalista kolmeulotteista rakennusmallia, joka sisältää geometrian lisäksi tietoa materiaaleista, sijainneista, tiloista, mitoituksista, liitoksista ja rakenteista. Rakennuksen tietomallista käytetään myös nimeä tuotemalli, joka on rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tuotetietojen kokonaisuus (Karstila 2004, s. 10). Tuotemalli -nimitys on jäänyt viime vuosina vähemmälle käytölle kansainvälisesti vakiintuneen BIM-käsitteen myötä. Tuotemallin tilalle on syntynyt käsite tietomalli, joka vastaa paremmin kansainvälissä käytössä olevaa BIM-käsitettä (Teittinen 2009, s. 5).

Perinteisessä dokumenttipohjaisen rakennushankeen suunnittelussa, suunnittelutieto on hajallaan eri dokumenteissa, jonka johdosta suunnittelutiedon hyödyntäminen määrä- ja kustannuslaskennassa on melko haastavaa. Perinteisesti määrälaskenta tehdään mittamalla määrät paperidokumentista tai sähköisestä suunnitteludokumentista, jolloin laskennan tarkkuus on riippuvainen määrälaskijan työsuorituksen tarkkuudesta ja järjestelmällisyydestä. (Teittinen 2009, s. 4).

Dokumenttipohjaisen rakennushankkeen rajoitteena on, että tuotettu tieto on pelkästään ihmisten luettavissa ja tulkittavissa. Tietomallipohjaisessa hankkeessa tieto on myös koneiden luettavissa ja ymmärrettävissä. Tietokonepohjaisten analyysien ja laskentatehon lisääntymisen myötä hanke saa huomattavasti enemmän tietoa ja vaihtoehtojen vertailua hankkeen johtamisen tueksi. Merkittävin hyödyntämisen kohde, juurikin koneluettavuuden myötä, on kustannuslaskenta. (Teittinen 2016)

Kustannuslaskennan lisäksi tietomallipohjaista määrätietoa hyödynnetään myös muissa hankkeen vaiheissa eri osapuolten toimesta. Tarjouslaskennan yhteydessä lasketut määrätietoja hyödynnetään myös tuotannosuunnittelussa, kuten aikataulutuksessa ja tuotannonohjauksessa sekä varsinkin hankinnassa. Hankintatoimesta on tullut viime vuosien aikana merkittävä osa yrityksen tärkeimmistä suorituskyvyn ja kilpailukyvyn tekijöistä. Organisaation ulkopuolelta hankitut resurssit, siis monet erilaiset palvelut, materiaalit ja tavarat, muodostavat toimialasta ja liiketoimintamallista riippuen 50–80% kokonaiskustannuksista. Tämä kuvaa hyvin hankintojen suurta merkitystä yrityksen liikevaihdosta. Hankintatoimen voimakas vaikutus yrityksen talouteen on kasvattanut selvästi ymmärrystä hankintatoimen strategisesta merkityksestä. Hankintatoimi on käsitettävä kiinteänä osana yrityksen strategista suunnittelua. (Iloranta et al. 2012)

2.1 Tietomallit ja niiden hyödyntäminen rakennusliikkeessä

Tietomallista voidaan tuottaa kaikki rakennushakkeen aikana tarvittavat piirustukset, luettelot, asiakirjat sekä ohjeet. Tämän lisäksi tietomallin sisältämää tietosisältöä voidaan analysoida eri tietomallia hyödyntävissä ohjelmissa. Näiden ohjelmien avulla voidaan tuottaa lisäarvoa erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten aikataulusuunnitteluun, kustannusohjaukseen, projektinjohtamiseen ja visualisointiin. Tietomalli kostuu tiloista ja rakennusosia kuvaavista objekteista. Kustannuslaskentaa voidaan toteuttaa näiden molempien perusteella. (Penttilä et al. 2006)

Tietomallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, aina suunnittelun alusta rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon asti. Tietomallit mahdollistavat tuen investointipäätöksille parantamalla eri ratkaisuiden toimivuuden, laajuuden ja kustannusten vertailua. Tietomallit mahdollistavat myös tarkemmat energia- ja elinkaarianalyysien vertailun sekä prosessin myötä tiedonsiirto hankkeen osapuolien väillä, laadunvarmistus ja suunnitteluprosessi tehostuvat (BuildingSMART Finland 2012, osa 7 ja osa 1)

Rakennuksen tietomallien avulla määrälaskentaa on mahdollista tehostaa ja määrätietojen käyttöä hyödyntää erilaisissa päätöksentekotilanteissa huomattavasti perinteistä dokumenttipohjaista suunnittelua paremmin. Rakennuksen tietomallilla perinteinen manuaalinen määrien mittaaminen piirustuksista korvataan tietokoneavusteisella määrämitta-

misella suoraan mallista. Tietomalleihin perustuva laskenta tulee muuttamaan määrälaskijan työtä merkittävästi, rutiinityö vähenee ja ammattitaidon vaatimus kasvaa. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7; Rakennustieto 2010)

Tietomallipohjainen rakennushanke kannustaa osapuolia yhteistyöhön, edistää ja tukee avointa tiedonjakoa sekä hyödyntää kaikkia hankkeen osapuolia. Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa prosessit tapahtuvat päällekkäin ja samanaikaisesti sekä tietoa jaetaan avoimemmin ja vapaasti tiedon tarvitsijoille. Hankkeen vetäjältä edellytetään sitoutumista ja halukkuutta panostaa rakennuksen elinkaaren kattavaan mallitiedon hallintaan. Tietomallintamisella saadaan tietoa monipuolisesti, luotettavasti ja eri vaihtoehtoisia ratkaisuja voidaan analysoida hankkeen operatiivisen ja taloudellisen päätöksenteon tueksi. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7; Rakennustieto 2010)

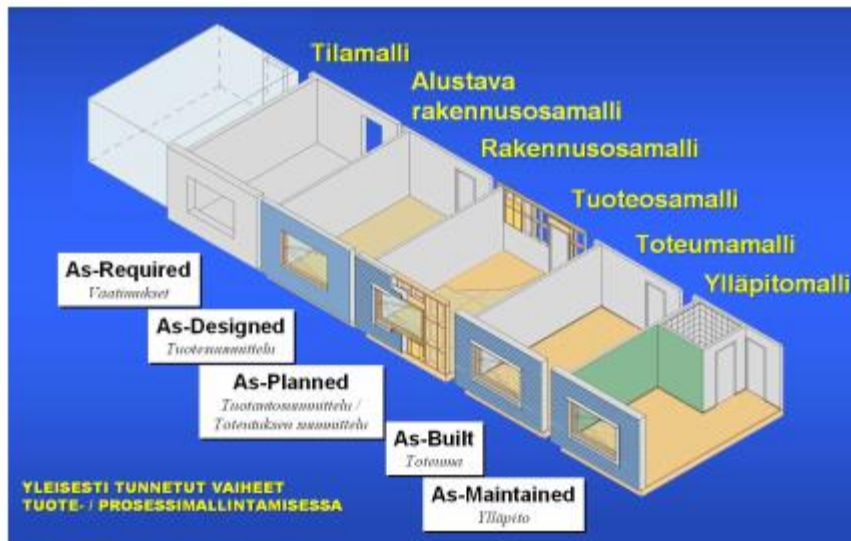
Tietomallien hyödyntäminen voidaan jakaa kolmelle eri tasolle, riippuen aina hyödynnettävän tiedon määrästä. Nämä kolme eri tasoa ovat sisäinen käyttö, suunnittelun koordinaatio ja tietomallien analysointi. Sisäisessä käytössä suunnittelu tehdään hyödyntäen rakennuksen tietomalleja, mutta tiedonsiirto hoidetaan perinteisesti piirustusten ja muiden dokumenttien avulla. Dokumentaatio on tällöin ristiriidatonta ja muutokset mallissa päivittyvät myös kaikkiin näkymiin. Erilaisten vaihtoehtojen tutkiminen on mahdollista, sillä muutoksia on nopea ja helppo tehdä sekä visualisointeja saa helposti ulos ohjelmasta ja ne ovat suunnitteluratkaisujen mukaisia. (Teittinen 2016)

Suunnitelmien koordinoinnissa suunnittelijat tekevät tietomalleja ja ne annetaan myös muiden suunnittelijoiden käyttöön. Eri suunnittelijoiden malleista tehdään yhdistelmämalli ristiriidattomuuden tarkastamista varten. Tällöin eri suunnittelijoiden on helpompi ymmärtää toistensa malleja ja antaa palautetta jo varhaisessa vaiheessa. Työ tehdään vain kerran ja suunnittelijat voivat aloittaa oman työnsä toisen suunnittelijan mallin pohjalta eli esimerkiksi rakennesuunnittelijan ei tarvitse ensin mallintaa arkkitehdin piirustuksista rakennuksen lähtötietoja. Suunnitelmat ovat myös ristiriidattomampia ja sitä kautta viime hetken kompromissit poistuvat, lisä- ja muutostyöt vähentyvät sekä aikatauluista tulee luotettavampia. (Teittinen 2016)

Tietomallien analysointi -tasolla suunnittelijat tuottavat tietomalleja ja niitä käytetään suunnitteluratkaisuiden monipuoliseen analysointiin, kuten kustannuksiin, energiaan, valaistukseen jne. Tällöin päätökset perustuvat tietoon ja analyysit tuottavat tietoa päätöksenteon tueksi, kun mallista saadaan esimerkiksi näkyviin lattiamateriaalin kustannus kokonaiskustannuksiin. Suunnitteluratkaisut on tehty asiakkaan tavoitteiden mukaisesti ja suunnitteluratkaisuja voidaan verrata tavoitteisiin. Tällä tasolla asiakas tietää päätöksensä vaikutukset ennen päätöksen tekoa. (Teittinen 2016; Rakennustieto 2010)

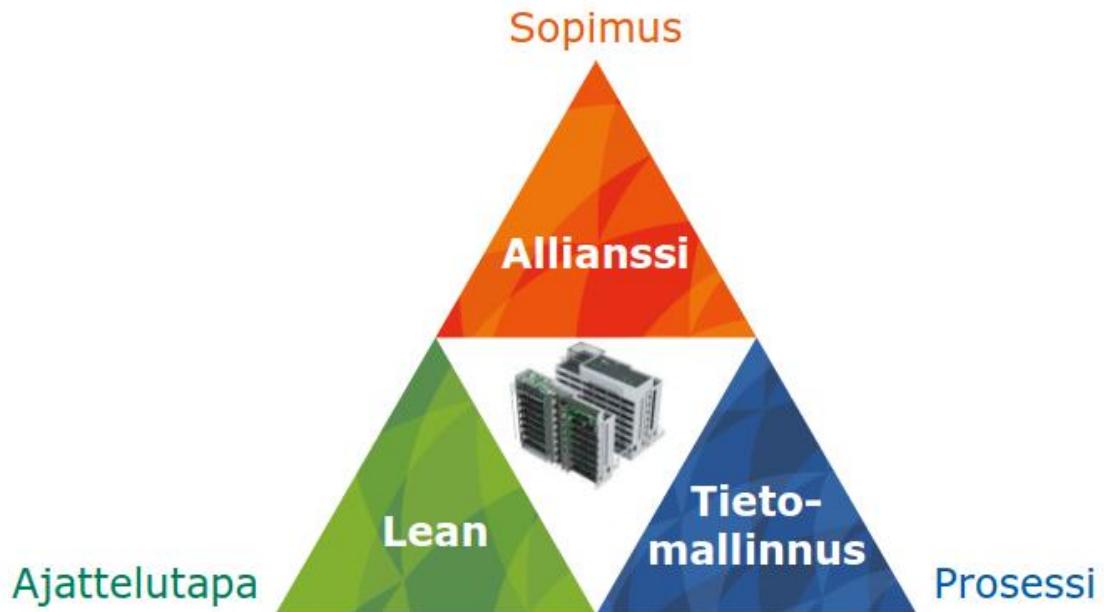
2.1.1 Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi

Tietomallipohjaisen suunnittelun myötä koko rakennushanke ja sen aikaiset prosessit muuttuvat merkittävästi. Suunnittelun tilaajalta odotetaan osaamista tietomallipohjaisen suunnittelun tilaamisesta ja suunnittelunohjauksesta perinteistä suunnittelua enemmän. Tilaajan tulee osata tilata tietomallipohjainen suunnittelu täsmällisesti ja tietää tietomallien hyödyntämisen mahdollisuuksista koko hankkeen ajalla. Rakennushankkeen kaikissa vaiheissa osapuolilla on tarve määritellä entistä täsmällisemmin mitä ja miten mallinnetaan. Mallinnuksen onnistumisen kannalta on tärkeää määritellä tavoitteet ja painopistealueet mallinnukselle ja sen hyödyntämiselle. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)



Kuva 5. Tuotemallintamisen vaiheet (Penttilä et al. 2006)

Tietomallipohjaisen suunnittelun myötä rakennushankkeen yhteistyö lisääntyy ja ajattelutavat muuttuvat. Tämän johdosta esimerkiksi allianssimallinen sopimustekniikka ja rakennushankkeen muoto ovat yleistyneet tietomallien myötä. Tietomallipohjainen rakennushanke luo hyvät lähtökohdat hankkeiden tehokkaammalle läpiviennille ja hukan poistamiselle, jonka johdosta rakentamisen Lean-filosofiaa on jalkautettu entistä enemmän kaikkiin hanketehtäviin. Rakentamisen tehokkuus on muuta teollisuutta jäljessä huomattavasti, eikä tehokkuus ole kehittynyt sitten elementtirakentamisen yleistymisen jälkeen. Tietomallien myötä koko rakennusteollisuus tulee muuttumaan prosessien, sopimusten ja ajattelutavan osalta. (Merikallio 2013; Rakennustieto 2010)

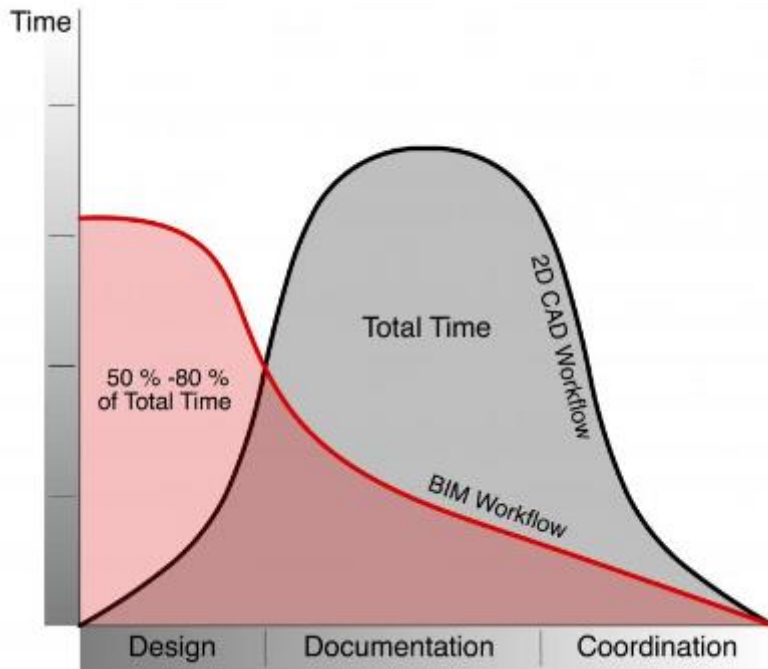


Kuva 6. Rakennushankkeen kolme tukijalkaa (Järvinen 2013)

Lean -rakentaminen ja tietomallintaminen ovat lähentyneet viime vuosina toisiaan ja monesti ne mielletään sisältyvän toisiinsa. Tietomallipohjainen rakennushanke tukee monelta osin Lean -filosofian perusajatuksia. Hukan poistaminen, jatkuva parantaminen, imuohjaus ja arvon maksimointi asiakkaalle ovat Lean-ajattelun peruspilareita, jotka kuvaavat myös hyvin tämän tutkimuksen lähtökohtia. (Merikallio 2013) Tässä työssä emme kuitenkaan tämän syvällisemmin paneudu Lean- filosofiaan, mutta on tärkeää tiedostaa, että nämä arvot ovat yleisesti tietomallintamisen prosessien ja kehittämisen taustalla.

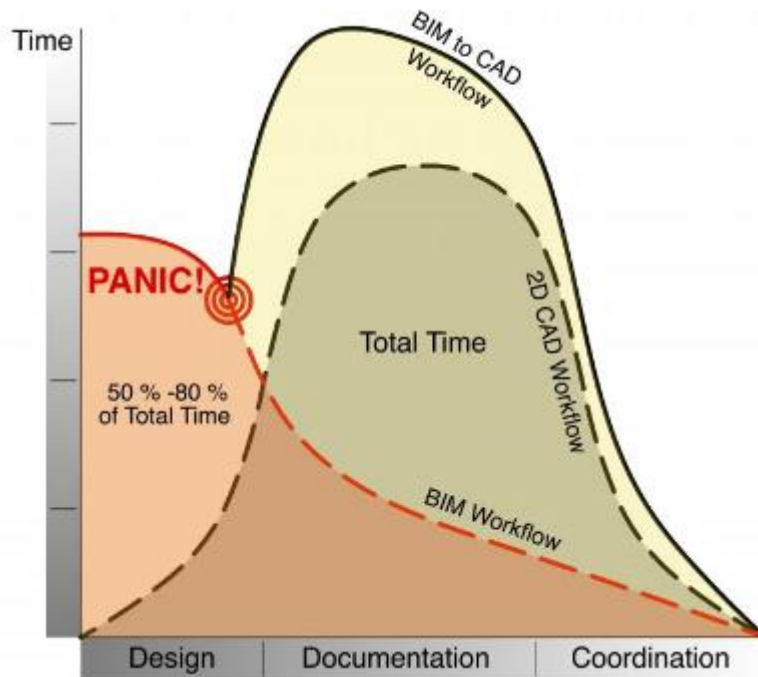
Tietomalleja hyödyntävän prosessin edellytyksinä on, että tietomalleihin perustuva tiedonsiirto on tietomalleihin perustuvan yhteistyön perusta. Tiedonsiirto suunnittelijoiden välillä ja tiedonsiirto analyysiin on tapahduttava tietomallipohjaisesti. Jos suunnittelu tehdään tietomalleilla, mutta tieto siirretään piirustuksina, menetetään suurin osa hyödyistä. Tietomalleihin perustuvan yhteistyön edellytyksiä on yhteinen tiedonsiirtoformaatti. Rakennushankkeisiin tulee sisältyä tiedonsiirtoa tukevat prosessit ja on huomioitava, että sopimukset ohjaavat prosesseja. (Teittinen 2016)

Suurimpana ongelmana tietomallipohjaisten toimintatapojen ja prosessien käyttöönotossa nähdään sen vaiheittainen kehittyminen. Suunnittelun alussa tietomallintaminen tulee aiheuttamaan perinteiseltä tapaa enemmän työtä ja uusien prosessien sekä toimintatapojen sisäänajo vaati tietenkin myös oman panostuksensa. Monesti tietomallien hyödyntämistä ei viedä loppuun asti vaan, jossain kohtaa hanketta siirrytään tekemään asioita perinteisellä tavalla, jolloin moni asia joudutaan tekemään useaan kertaan ja työmäärä lisääntyy. (Banks 2015; Rakennustieto 2010)



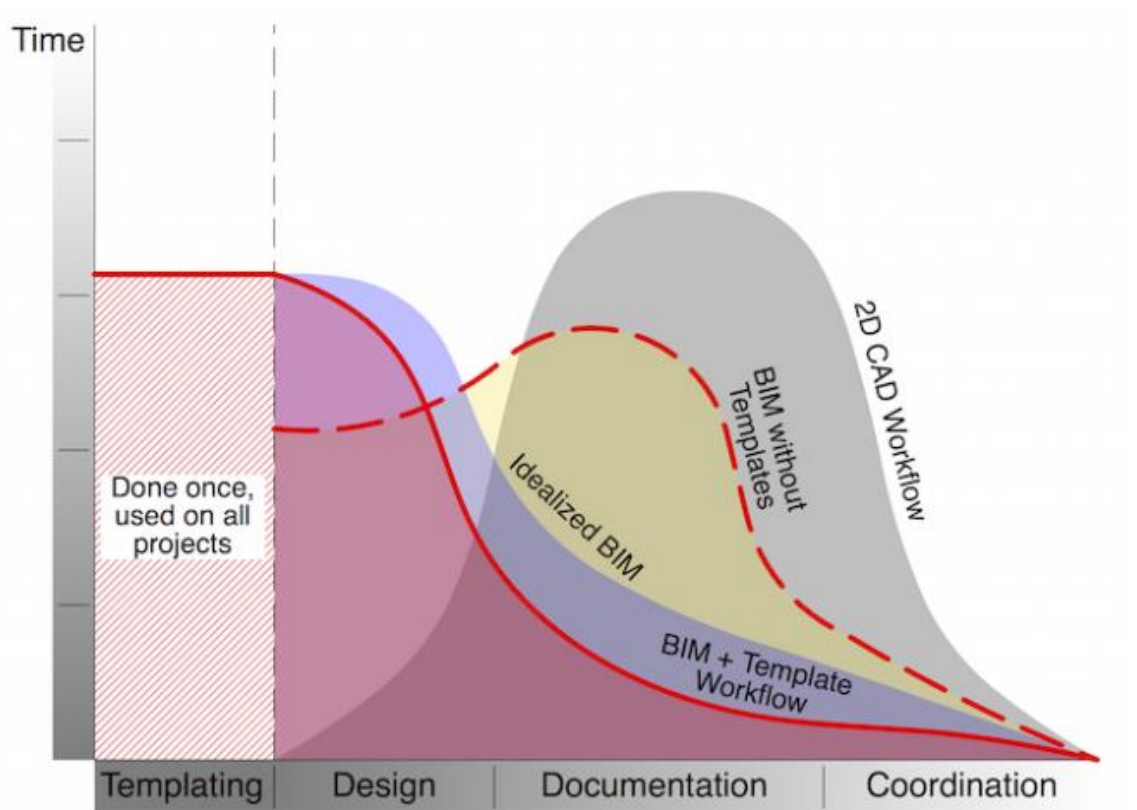
Kuva 7. Työmäärän kertyminen ja jakautuminen perinteisessä dokumenttipohjaisessa hankkeessa verrattuna tietomallipohjaisesti toteutettuun hankkeeseen (Banks 2015)

Perinteisessä dokumenttipohjaisessa hankkeessa suurin työmäärä ajoittuu hankkeen keskivälille, dokumentoinnin ja koordinoinnin vaiheisiin. Tietomallipohjainen toimintatapa siirtää työmäärän painopisteen suunnittelun alkuun, jonka jälkeen työmäärä pienentyy hankkeen edetessä. Hankkeen ja suunnittelun etenemistä mitataan yleensä kuitenkin dokumenttien tuottamisen tehokkuudella, joten hyvin usein suunnitteluvaiheen lopussa iskee paniikki, koska valmiudet dokumenttien tuottamiselle ei olekaan yhtä hyvät kuin perinteisellä toimintatavalla. Tässä tilanteessa ei juurikaan osata ottaa huomioon sitä, että laadukkaan suunnittelun johdosta dokumenttien tuottaminen tietomallipohjaisessa prosessissa nopeutuu ja helpottuu huomattavasti. Näin ollen dokumenttien tuottamiselle ei tarvita kaikkea varattua aikaa, mutta todennäköisesti sitä ei päästä aloittamaan yhtä nopeasti kuin perinteisessä hankkeessa. (Banks 2015; Rakennustieto 2010)



Kuva 8. Yleinen tilanne tietomallipohjaisessa hankkeessa, jossa alkuun tarvittavaa ajallista panostusta ei ole osattu ottaa huomioon. (Banks 2015)

Myös rakennusliikkeessä tulisi muistaa, kuinka suuri merkitys valmiilla sapluunoilla ja malleilla on työtehon suhteen. Ohjelmistojen käyttö ja dokumenttien tulostus varsinkin tietomallipohjaisessa hankkeessa vaatii nykypäivänä tarkasti määritetyt ja tuotetut sapluunat eli templatet. Etukäteen tuotetuilla ja lähes loppuun asti mietityillä sapluunoilla voidaan vaikuttaa aikaisemmassa kuvassa ilmenevään paniikkitilanteeseen, jossa prosessi ikään kuin lähtee raiteiltaan ja ryhdytään tekemään tuplatyötä. Sapluunoiden avulla dokumenttien tuottaminen helpottuu ja nopeutuu, joten paniikkitilannetta ei pääse syntymään. Tarkasti tuotettujen sapluunoiden avulla tietomallipohjaisen hankkeen työmäärä vähenee koko prosessin ajalta ja se sujuvoittaa suunnittelun, dokumenttien tuottamisen ja koordinoinnin vaiheita ja suunnittelun vaiheesta toiseen siirtymistä. Optimaalisimmassa tilanteessa, sapluunahallinnan ansiosta, prosessit itseohjautuvat seuraavaan vaiheeseen ilman ulkoista vaikutusta. (Banks 2015)



Kuva 9. Valmiiden sapluunoiden etukäteen tuottaminen pienentää työmäärä tietomallipohjaisessa hankkeessa. (Banks 2015)

2.1.2 Tietomallinnus hankkeen vaiheissa

Senaattikiinteistöjen tietomallivaatimukset (BuildingSMART Finland 2012, osa 1) määrittelevät tietomallipohjaiset suunnittelun vaiheet kuuteen eri osaan:

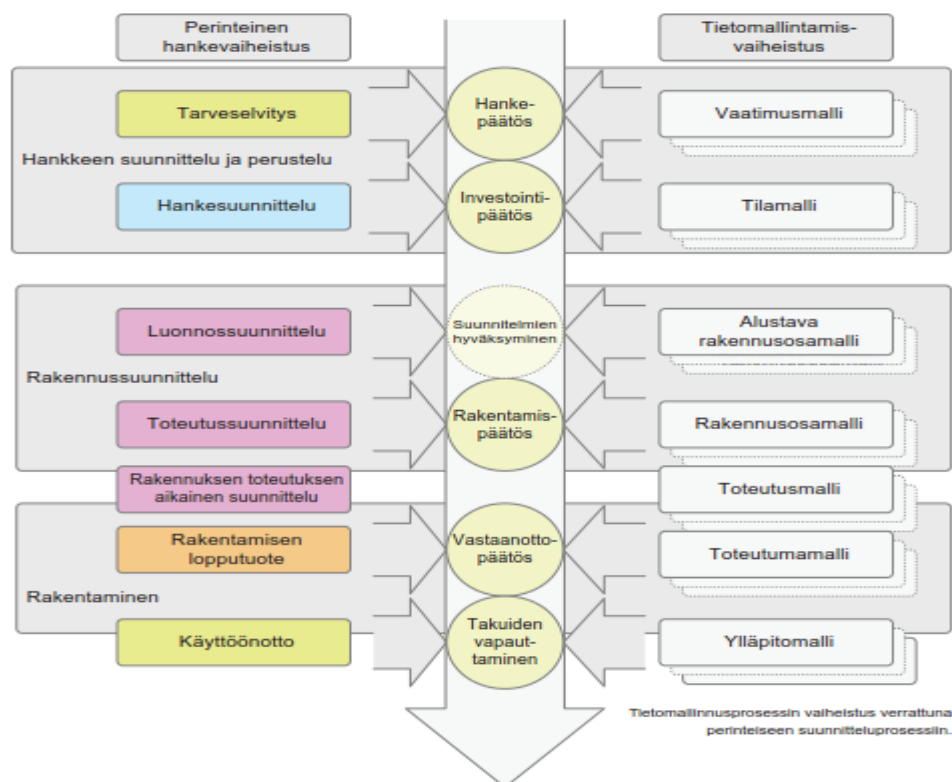


Kuva 10. Tietomallivaiheet tietomallivaatimusten mukaan (BuildingSMART Finland 2012, osa 1)

Inventointimalli tuotetaan uudisrakennuskohteissa pitäen sisällään rakennuspaikan mallin. Korjausrakentamisessa inventointimalli pitää sisällään olemassa olevien rakennuksen mallinnuksen. Inventointimallinnus tehdään paikallatehtävien mittausten, inventointien ja tutkimusten perusteella. Näitä täydennetään vanhojen piirustusten ja muiden dokumenttien pohjalta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1, BuildingSMART Finland 2012, osa 2)

Tilaryhmämallissa tilat on mallinnettu tilaryhmissä, jolloin tilojen välisiä kulkuja ja vierekkäisten tilojen suhteita on helpompi havainnoida. Tilamallissa kaikki tilat on mallinnettu niille paikoille ja niissä laajuuksissa kuin ne lopullisesti tulevat olemaan. Tilamallin avulla saadaan tuotettua erilaisia analyysejä kuten energia- ja kustannusanalyysyjä. Alustavassa rakennusosamallissa on vielä karkeasti mallinnettu rakennuksen runko ilman liitoksia ja tarkkoja rakennusosia. Rakennusosamallissa rakenteet ovat tarkentuneet niin, että malli sisältää kantavan rungon kaikki mallinnettavat rakennusosat. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1, BuildingSMART Finland 2012, osa 2)

Toteumamalli eli niin sanottu as build – malli sisältää mallinnetun rakennuksen siitä muodossa ja niillä rakenteilla kuin se on työmaalla toteutettu. Mikäli suunnitelmiin on tullut muutoksia rakennusosamallin jälkeen tai työmaalla on jotkin ratkaisut tehty eri tavalla kuin suunnitelmissa, tulee ne mallintaa toteumamalliin niin kuin ne rakennukseen on oikeasti tuotettu. Toteumamalli on paras lähtötieto ylläpidon aikaiseen tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1)



Kuva 11. Tietomallinnusprosessin vaiheistus (Vakkilainen 2009)

2.1.3 Tietomallien yleinen laadukkuus

COBIM – kehityshankkeen myötä on määritetty kattava kuvaus tietomallipohjaiselle suunnittelulle sekä mallien hyödyntämiselle. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 pitää sisällään 14 osaa, jotka antavat perusteet tietomallihankkeiden laadukkaalle toteutukselle eri hankkeen vaiheissa ja eri suunnittelualoille. Yleisille tietomallivaatimuksille on laadittu myös neljä täydentävää lisäosaa, jotka käsittelevät tietomallipohjaisen suunnittelun tilaamisen ohjeita ja talotekniikan täydentäviä ohjeita prosessin ja määrälaskennan osalta. YTV 2012 osat 7 käsittelee määrälaskennan hyödyttämistä tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja määrittelee perusedellytykset tietomallipohjaiselle suunnittelulle, määrälaskennan näkökannasta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tietomallinnukselle tulee olla määriteltynä selkeä tarve ja käyttökohteet. Tilaamalla pelkästään ”tietomallinnettua kohdetta”, aiheutuu suunnittelijoiden välillä epätietoisuutta, sillä monesti eri alan suunnittelijat käsittävät asian eri tavalla. Tietomallinnuksen yhteinen kieli on vielä kovin vajavaista ja siitä puuttuu tarkat määritelmät sekä speksit. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Määrälaskennan kannalta tärkein ominaisuus tietomallintamiselle on sen johdonmukaisuus. Kaikki rakennus- ja tekniikkaosat mallinnetaan projektin vaatimusten mukaan ja mallinnustapa raportoidaan kattavasti tietomalliselostusten avulla. Tietomallintamisen tarkkuustaso tulee määrittää tarkasti suunnitelmien tilauksen yhteydessä ja nämä tarkkuustasot tulee kuvata eri suunnittelualoille mallinnusvaatimuksissa. Mallin tarkkuustaso tulee määrittämään mallista saatavien määrien tarkkuustason ja näin määrätiedon oikeellisuutta voidaan arvioida yksiselitteisesti. Kun arkkitehti-, rakenne- tai talotekniikkamalli on mallinnettu samalle tarkkuustasolla, määrälaskenta on selkeää ja määrätietoa voidaan arvioida suhteessa mallin tarkkuustasoon. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7; BuildingSMART Finland 2012, osa 6;)

Oleellisinta määrälaskennan kannalta on, että mallinnus on toteutettu sellaisilla mallinnustyökaluilla, joiden avulla pystytään tuottamaan tarvittava mittatieto. Määrälaskennan kannalta tärkeää on, että jokainen tietomallissa oleva tila, rakennus- ja tekniikkaosa voidaan tunnistaa yksilöllisesti. Esimerkiksi seinien rakennetyyppi tai talotekniikan laitetunnukset pitää tunnistaa yksilöllisesti, jotta erityyppiset rakenteet ja osat voidaan määrälaskennassa jaotella jokainen omakseen. Selkein tunnistustieto esimerkiksi rakennusosissa on rakennetyyppi, sillä paksuuden tai korkeuden mukaan jaotellaessa arkkitehdin näkökulmasta seinät voivat olla samaa tyyppiä, mutta määrälaskennan kannalta eriävät rakenteet vaikuttavat kustannusarvion tarkkuuteen. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Vuoden 2016 alusta julkaistiin YTV2012 osille 3 ja 5 tarkentavat lisäosat suunnittelun tilaamiseen. Lisäosat ilmestyivät osille arkkitehtisuunnittelu ja rakennussuunnittelu ja ne pitävät sisällään tarkat ohjeet tietomallien tietosisällölle eri tarkkuustasoilla ja hankevai-

heissa. Lisäosat toimivat yhteisenä ohjeistuksena tilaajille, jonka avulla on helppo määrittää, mitä tietosisältöä IFC-tiedostomuotoiset mallit tulee sisältää, jotta niitä voidaan käyttää kattavasti hankkeen analyysiin ja tiedonsiirtoon. (Rakennustieto 2016)

Lisäosat eivät määrittele millään tasolla käytettäviä mallinnusohjelmia vaan määrittelyt on tuotettu ainoastaan mallin tietosisällölle. Taulukossa on listattu kaikki Talo 2000 – nimikkeistön mukaiset rakennusosat ja jokaisen osan kohdalle on merkattu IFC-tiedoston kappaleiden tietosisältö. Mallinnuksen tarkkuus on jaettu neljään eri tasoon ja taulukkoon on listattu tarvittavia tietosisältöjä kuten nimi, profiili, kerros, materiaali, tunnus, status-tieto, lohko, luokittelu, juokseva numerointi, ylimmät ja alimmat korkeusasemat myös globaalina sekä perus mittatiedot. Kyseinen taulukko on esitettyä liitteissä 3 ja 4. (Rakennustieto 2016)

2.1.4 Tilapohjainen mallintaminen

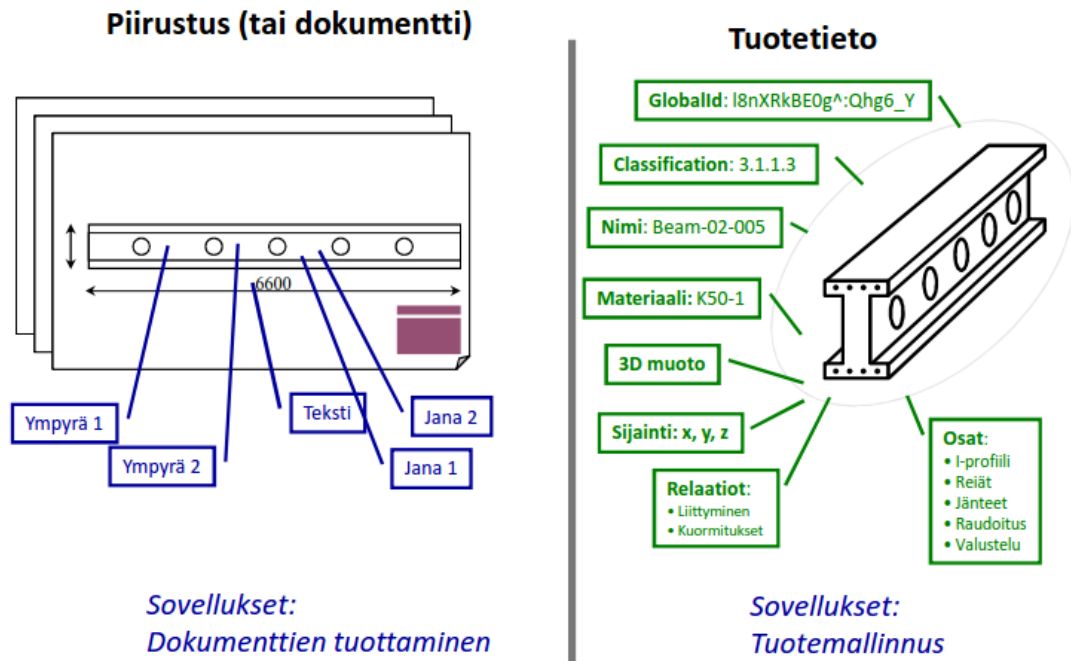
Tietomalli sisältää objektien lisäksi tiloja, jotka kuvaavat lopullisen käyttötarkoituksen tilavarauksia. Tilapohjainen kustannusarvio tuotetaan yleisesti hankesuunnitteluvaiheessa investointipäätöksen tueksi. Tilapohjaiseen kustannuslaskentaan on vakiintunut monia eri toimintatapoja ja ohjelmia kuten esimerkiksi Haahtelan Taku® ohjelma, joka sisältää tavoitehintamenettelyn uudis- ja korjauskohteiden budjettien laskemiseen. Historiallisen kustannustiedon perusteella tiloille voidaan määrittellä hintoja sen käyttötarkoituksen mukaan. Tilapohjainen kustannuslaskenta on nopea ja helppo tapa määrittellä hankkeen kustannuksia isossa mittakaavassa. Tilapohjainen hinnoittelu on kuitenkin lopullista rakennusosalaskelmaa huomattavasti epätarkempaa. Siitä johtuen tilapohjaista kustannusarviointia käytetään pääosin hankkeen alkuvaiheessa, kun rakennusosa mallia ei ole vielä saatavissa. (Mäenpää 2014; Haahtela 2016; Haahtela 2015)

Tilat voidaan mallintaa ohjelmistosta riippuen monella eri tavalla. Yleisin menetelmä varsinkin arkkitehtisuunnittelussa on, että ohjelmistot muodostavat tilat automaattisesti sen mukaan, miten seinät ja laatat ne rajaavat. Tiloja voidaan vielä muokata ja jakaa tästä tarvittaessa. Tilat tulisi nimetä Talo 2000 – tilanimikkeistön mukaan, jotta tilojen erittely sekä tilaohjelman ja tilahintalaskelman muodostaminen hankkeessa olisi selkeää. Tietomallissa olevat tilat voidaan linkittää tilapohjaiseen kustannuslaskentaohjelmaan, joko automaattisesti jolloin ohjelmasta saadaan entistä pienemmällä työllä tuotettua kohteen tavoitehintaa, tai tilat voidaan syöttää ja hinnoitella käsin. (Mäenpää 2014)

2.1.5 Objektipohjainen mallintaminen

Rakennusosat mallinnetaan parametriseinä objekteina, joissa parametrit sisältävät tarkkaa tietoa rakennusosan ominaisuuksista muun muassa sijaintitiedot, materiaali, relaatiot, luokat ja profiilitiedot, joiden perusteella osat yksilöidään ja ryhmitellään. Näistä parametreista käytetään myös määritelmää attribuutti tai attribuuttitieto. Tietomallit koostuvat

tilojen lisäksi objekteista, jotka mallinnetaan aina käyttötarkoitukseen sopivilla mallinnustyökaluilla. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)



Kuva 12. Dokumenttietieto verrattuna tuotetietoon (Karstila 2002)

Jokainen tietomallinnusohjelmisto sisältää hieman toisistaan eroavat työkalut objektipohjaiseen parametrikseen mallintamiseen. Jokaisella ohjelmalla on omat objektiluokkansa, joiden käyttäytyminen voi vaihdella objektista ja ohjelmistosta riippuen. Sovellusten ohjelmat voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan, joista tärkeimpänä ovat objektit jotka ovat interaktiivisessa suhteessa muihin tietomallin objekteihin. Nämä tietomalliohjelmien perusrakennuspalikat muodostuvat yleensä palkeista, pilareista, laatoista ja seinistä. Toinen luokka sisältää objektit, joilta ei vaadita määriteltyä parametrissa käyttäytymistä, tällaisia ovat esimerkiksi kalusteet ja osa ovista sekä ikkunoista. Kolmanteen ryhmään kuuluvat kaupalliset tuotteet, jotka ovat räätälöity vastaamaan yksittäisten rakennushankkeiden tai rakennustuotteiden tarpeita. (Eastman et al. 2011)

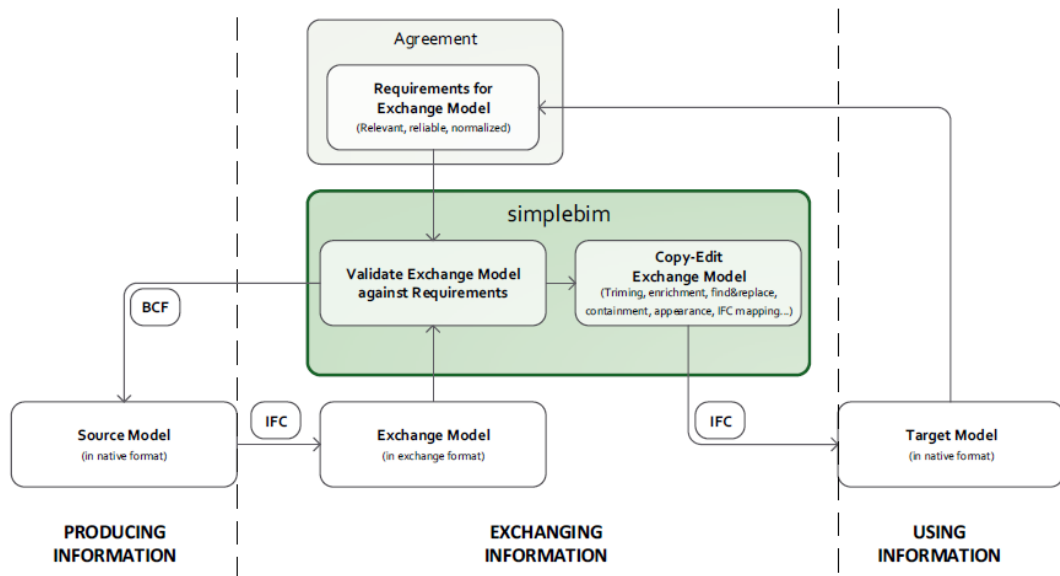
2.1.6 Tiedonsiirto ja -standardointi

Tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon on kehitetty valtakunnallinen standardi, joka helpottaa tiedonsiirtoa hankkeen aikana eri osapuolten ja ohjelmien välillä. Hankkeessa käytettävien ohjelmien ja tiedonsiirron toteutus vaikuttaa määrälaskennan luotettavuuteen. Määrälaskennassa voidaan käyttää sekä suunnitteluohjelmiston alkuperäisessä tiedostomuodossa ja IFC-tiedostomuodossa olevaa tietomallia. Mallin tietosisältö on täydellisempää alkuperäisessä tiedostomuodossa olevassa mallissa. Suunnittelijan tekemää alkupeleistä mallia on suositeltavaa käyttää määrälaskentaa varten, mikäli se on saatavissa. IFC-muotoista tiedostomuotoa käytettäessä, laskijan on varmistettava, mitkä rakennusosat on luettu mukaan natiivitiedostosta IFC-tiedostoon ja miten määrälaskennassa käytettävä

ohjelmisto pystyy käsittelemään IFC-tiedoston rakennusosia. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Keskeinen IFC-standardin kehittämisen tavoite liittyy tiedon yhteen toimimisen käsitteeseen eli tietoa on kyettävä siirtämään ja käyttämään ohjelmien välillä ohjelmariippumattomasti. IFC-tiedostomuodon periaate on, että tietoa tuottava ohjelmisto esikäsittelee tiedot ohjelman omasta tiedostomuodosta IFC-muotoon, ja vastaanottava sovellus käsittelee vastaavasti tiedon IFC-muodosta ohjelmiston omaan sisäiseen muotoonsa. IFC-standardin kehitys ei ole vielä täysin valmis, sillä tiedostomuoto ei tue vielä kaikkea rakennusprosessin ja käytönaikaisia tiedonsiirtotarpeita. (Penttilä et al. 2006)

Monesti tietomallipohjaiselle tiedonsiirrolle asetetaan vääränlaisia vaatimuksia. Suoraan tiedon tuottamistavalle ei tulisi asettaa rajoitteita, vaan tavoitteet tulisi asettaa lopputulokselle. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suunnitelmien tilaajaa ei voi vaatia, että tietomallinnettu suunnittelu tulee toteuttaa jollain tietyllä tarkkaan määritellyllä tavalla vaan tilaaja voi asettaa vaatimukset, sille mitä kaikkea tietoa sen kuuluu sisältää ja mihin sitä tullaan käyttämään. (Lehtinen 2016)



Kuva 13. BIM viestintä (Lehtinen 2016)

2.1.7 Tietomallia hyödyntävät ohjelmistot

Tietomallia hyödyntäviä ohjelmia on varsinkin viimeisen muutaman vuoden aikana tullut markkinoille useita. Tietomallia hyödyntävät ohjelmat käyttävät yleisesti IFC-muotoisia malleja, joita voidaan ohjelmien avulla katsella, muokata ja mallien sisältämää tietoa voidaan erotella sekä hyödyntää eri käyttötarkoituksiin. Yleisimmät käytössä olevat ohjelmat ovat kustannuslaskentaan, energia-analyysihin, aikataulutukseen ja visualisointiin liittyvät ohjelmat. (Eastman et al. 2011)

Tietomallipohjaiset ohjelmat voidaan jaotella karkeasti tietomallien tuottamiseen tarkoitettuihin ohjelmiin ja tietomallia hyödyntäviin ohjelmistoihin. Tietomallien tuottamiseen tarkoitettuja ohjelmia ovat ohjelmistot, joilla varsinainen malli tuotetaan ja tietomallipohjainen suunnittelu toteutetaan. Yleisimpiä ohjelmia tietomallien tuottamiseen ovat arkkitehtisuunnitteluun tarkoitettut Autodesk Revit ja ArchiCad, rakennesuunnitteluun tarkoitettu Tekla Structures sekä talotekniikkaan ja sähkösuunnitteluun käytettävä MagiCad. (Eastman et al. 2011)

MagiCad on yleisin LVI-, sähkö- ja sprinklerisuunnitteluun käytettävä ohjelma. Toinen yleinen suunnitteluohjelma samaan käyttöön on suomalainen CADS Planner. MagiCad ohjelman ehdoton etu on siinä, että suunnittelu tehdään oikeilla tuotteilla, jotka päivittyvät tuotekirjaston mukaan. Ohjelmalla on myös helppo tehdä mitoitukset, tasapainotus sekä laskennat liittyen lämpöhäviöön, painehäviöön ja äänitasoihin. Ohjelmasta saadaan yksinkertaisesti tuotettua määrällistä ja leikkauskuvat. (Kero 2016)

Tietomalleja hyödyntävät ohjelmistot ovat tämän tutkimuksen pääosassa, joten niitä käsittelemme edellistä kattavammin. Tietomallintamista hyödyntävät ohjelmat eivät itse tuota tietomalleja vaan niihin tuodaan muilla ohjelmilla tuotettu tietomalli ohjelman sisään ja sitä analysoidaan sekä muokataan käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmin IFC-tiedostomuotoinen tietomalli avataan kyseisellä ohjelmalla ja tietomallin pohjalta tuotetaan esimerkiksi törmäystarkasteluja, määrälaskentaa tai visualisointia.

Tietomalleja hyödyntäviä ohjelmistoja on markkinoilla tarjolla useita eri käyttötarkoituksiin. Yksi yleisimmistä käyttökohteista on yhdistelmämallien ja törmäystarkasteluiden tuottaminen. Eri suunnittelualojen IFC-tiedostomuotoiset tietomallit yhdistetään yhdeksi malliksi ja suunnitelmien ristiriitoja sekä rakenteiden törmäilyä voidaan havainnoida. Yleisimmin käytössä olevia ohjelmia tähän tarkoitukseen ovat Solibri Model Checker, Tekla BimSight sekä Autodeskin Navisworks. (Eastman et al. 2011)

Monilla edellä mainituista ohjelmistoista voidaan tehdä useampiakin asioita. Esimerkiksi Vico Office ja Autodeskin Navisworks ohjelmistoja voidaan hyödyntää mallien katselun lisäksi tuotannon suunnitteluun, visualisointiin, aikataulutukseen ja määrien hallintaan. Tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaa tarkoitettuja ohjelmia yleisesti Suomessa käytössä olevia on Vico Office ja TocomanBIM, aikaisemmalta nimeltään EasyBIM. Näillä ohjelmilla voidaan kustannuslaskennan lisäksi tehdä myös tuotannon aikatauluja, tehtävuunnittelua ja muuta tuotannon ohjaukseen liittyvää.

Yleinen tapa tietomallien hyödyntämiseen talotekniikan osalta on erilaiset energia-analyysiin liittyvät ohjelmat. Yleisimpiä käytössä olevia tämän osa-alueen ohjelmistoja ovat Riuska ja IDA Ice. Näillä ohjelmilla voidaan helposti analysoida rakennuksen olosuhteita rakentamismääritysten D3 -osan asetuntivaatimusten mukaisesti, tuottaa muun muassa viihtyvyydestarkasteluja ja mitoittaa rakennuksen jäähdytys- sekä lämmitystehoa.

Myös rakennuksen E-luku ja rakennuksen tavoite-energia voidaan määrittää tietomallipohjaisesti. (Suomalainen 2016)

RIB Software AG on saksalainen rakennusalan ohjelmistokehittäjä, jonka iTWO-sovellus on viime vuosina herättänyt suurta kiinnostusta myös Suomessa. iTWO-ohjelmassa yhdistyy suunnittelu, kustannushallinta ja projektihallinta. Ohjelma linkittää suunnittelun ja rakentamisen projektien alusta loppuun sekä täydentää projektivaiheet vuorovaikutuksella ja mallipohjaisella graafisella prosessilla. RIB iTWO ohjelmisto toimii sujuvasti yhteen varsinkin Tekla Structures ja Autodesk Revit ohjelmien natiivitiedostojen kanssa. iTWO ohjelma yhdistää perinteisen rakentamisen ja suunnittelun 5D tietomallien avulla ja tarjoaa tehokkaan projektinhallinnan työkalun rakennusosalalle yhdessä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän tai ERP –ohjelman kanssa. (RIB AG 2016)

Varsinkin IFC-tiedostomuotoista mallia käytettäessä mallin tiedot eivät ole täydellisessä muodossa IFC-tiedostokäännön johdosta, vaan käännettyjä tiedostoja voidaan joutua muokkaamaan ja ryhmittelemään mallin tietosisältöä erillisellä ohjelmalla. Yleisesti käytössä oleva ohjelma on SimpleBIM -ohjelmisto, jolla mallin tietosisältöä voidaan järjestellä käyttötarkoituksen mukaan. IFC käännössä muodostuu tiedostoon niin kutsuttua ”kohinaa”, joka vaikeuttaa oikean tietosisällön lukemista ja soveltamista. Näin ollen tiedonstandardoinnista IFC-tiedostojen osalta on tullut yksi tapa lähestyä tietomallien hyödyntämistä. Tiedonstandardoinnilla tarkoitetaan prosessia, jonka läpi päästetään vain enakkoon määriteltyä tietoa ja se järjestellään vakioidusti aina samoille parametreille.

2.2 Tietomallit kustannushallinnassa

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan tavoitteena on saada laskennasta mielekkäämpää, nopeampaa ja tarkempaa, varsinkin erilaisia suunnitteluratkaisuita vertailtaessa. Tietomallipohjaista määrätietoa voidaan tuottaa niin arkkitehti-, rakenne- kuin talotekniikan tietomalleista sekä näiden yhdistelmämalleista. Yleisimmin käytössä oleva periaate on, että rakennuksen rungon määrätieto tuotetaan rakennusmallista ja pintamateriaalit, joko suoraan arkkitehtimallista tai tilojen pinta-alojen mukaan. Pintamateriaalien mallinnus on vielä nykyisillä mallinnusohjelmilla kovin puutteellista, joka rajoittaa pintamateriaalien ja varusteiden tietomallipohjaista laskentaa.

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta mahdollistaa rakennusosatasoisen määrälaskennan ja hinnoittelun, joko suorite- tai panospohjaisesti. Mallipohjaisessa määrälaskennassa käytettävä mallidokumentaatio sisältää rakennuksen tietomallit, tietomalliselostuksen ja usein myös rakennusselostuksen. Mallidokumentaatiota voidaan täydentää vielä muilla määrälaskennan kannalta oleellisilla dokumenteilla kuten luetteloilla ja piirustuksilla. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Dokumentteihin pohjautuvassa määrälaskennassa tehdään valtavasti manuaalista työtä, joka vaikeuttaa eri suunnitteluvaihtoehtojen kustannusvaikutusten vertailua. Perinteisellä

mallilla tehdyssä kustannusarviossa laskija joutuu myös tekemään melko paljon omia oletuksiaan ja yksinkertaistuksiaan, joista muut hankkeen osapuolet eivät välttämättä ole tietoisia. Tämä lisää laskentavirheiden todennäköisyyttä ja heikentää hankkeen läpinäkyvyyttä. Tietomallipohjainen määrälaskenta lisää rakennushankkeen läpinäkyvyyttä, kun jokaisella linkitetyllä määrällä on olemassa virtuaalinen rakennusosa, josta määrätiedot on poimittu. Tällaisessa tilanteessa määrätiedon lähde on helppo tarkistaa ja tutkia sen oikeellisuutta. (Teittinen 2009) Mallipohjainen määrälaskenta antaa tehokkuutensa vuoksi mahdollisuuden tehdä laskenta perinteistä tapaa useammin ja tutkia enemmän vaihtoehtoja. Suunnittelu- ja rakentamisaikaiset määrämuutokset voidaan näin analysoida, havainnollistaa ja raportoida luotettavammin. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Määrälaskentaa toteutettaessa yhdistelmämallin pohjalta tullaan todennäköisesti saamaan ristiriitaista tietoa rakenteista ja tiloista. Siksi onkin tärkeää määritellä, mitkä määrätiedot lasketaan mistäkin mallista. Yleisenä periaatteena voidaan pitää, ettei määrälaskentaa tuotettaisi ollenkaan yhdistelmämallin pohjalta vaan vain omien suunnittelualojen malleista erikseen laskemalla. Näin siksi, että esimerkiksi arkkitehtimallissa saattaa olla rakenteita ja tekniikkaosia mallinnettu vain niiden tilantarpeen määrittämisen takia eikä arkkitehti ole tietoinen aina parhaimmista ratkaisuista rakenteiden ja tekniikkaosien osalta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tietomallien avulla myös erilaiset tuottojen analysoinnit ja vertailulaskelmat ovat tarkempia ja helpompia toteuttaa. Esimerkiksi isoissa asunto- tai toimitilakohteissa on helppo analysoida rakennettavuus järjestys sen mukaan, mikä on tilaajan investoinnin kannalta tehokkain ratkaisu tai mikä totutustapa alkaa tuottaa tilaajalle nopeimmin arvoa. Myös tietomallipohjainen kustannuslaskenta ja kannattavuuden kehityksen arviointi helpottuvat. (Rytkönen 2016)

2.2.1 Kustannuslaskenta yleisesti

Rakennusyrityksen kustannuslaskenta on yksi ydinliiketoiminnan tukitoimi ja yleisen laskentatoimen operatiivinen osa. Kustannuslaskenta selvittää suoritekohtaisia kustannuksia ennako- ja jälkilaskentaan, vertailee suunnitelmavaihtoehtoja, seuraa hankkeiden kustannuksia sekä kerää kohteista jälkilaskentatietoa. Kustannushallinta on muutakin kuin vain kustannusarvioiden laadintaa. Kustannushallinta perustuu tavoitteen asettamiseen, tuloksen testaukseen ja päätöksiin jatkotoimista. Eri hankkeen vaiheissa tulosten testaus tehdään hankkeen eri vaiheisiin sopivalla kustannuslaskentamenetelmällä. (Enkovaara et al. 2006; Rakennustieto 1989)

Kustannuslaskenta on keskeinen suunnittelunohjauksen, tarjouslaskennan ja tuotannon tavoitelaskelmien lähtötieto. Kustannuslaskentamenetelmiä ovat suoritelaskenta, rakennusosalaskenta, tuoteosalaskenta ja tilalaskenta. Kustannuslaskennan tarkoituksena on

määrittää hankekustannukset. Kustannuslaskennan periaatteiden mukaan kustannuslaskelman on oltava perittävä eli kaikki urakaan ja sen suorituksiin kuuluvat asiat on oltava mukana laskelmassa. Kustannuslaskelmassa ei saa olla päällekkäisyyksiä eli sama asia saa olla mukana vain yhdessä kustannuslaskelman nimikkeessä. Kustannuslaskelma hinnoitellaan päivän hinnan mukaan, ilman arvonlisäveroa. (Enkovaara et al. 2006)

Kustannuslaskenta käynnistyy, kun syntyy tarve tietää hankkeen kustannukset. Tarve voi syntyä esimerkiksi tarjouspyynnön pohjalta päätettäessä osallistua tarjouskilpailuun, tai kun tarvitaan kustannuslaskelma oman tuotannon käynnistämispäätöksen tueksi, tai kun halutaan tarkistaa kustannus- ja laajuuspuutteissa pysyminen. Kustannuslaskenta toteutetaan suorite- tai panospohjaisesti. Suoritteilla tarkoitetaan tietyn rakennusosan tuottamiseen vaadittuja työkokonaisuuksia. Panoksilla eli kuluerillä viitataan suoritteiden sisältöön. Ennen suoritteelle ja rakennusosalle muodostettavaa kustannusarviota on selvitettävä mitkä panokset ovat suoritteen kannalta välttämättömät. Suoritteilla on eri panoslajit, joita kustannuslaskentavaiheessa on käytössä viisi: (Enkovaara et al. 2006)

- Työkustannukset (PL1): Työntekijöiden tunti- ja urakkapalkat
- Materiaalikustannukset (PL2): Aineiden ja tarvikkeiden kustannukset
- Aliurakointi (PL3): Ulkoistetun työn kustannukset
- Omat palvelut (PL4): Yrityksen sisäisten ostojen kustannukset
- Muut kustannukset (PL5): Ennakot eli ennakkovaraukset

Kustannuslaskenta käsittää laskettavan kokonaisuuden rajauksen ja määrittämisen asiakirjoihin perehtymällä, laskentamenetelmän valinnan suunnitelmien ja hankkeen vaiheen perusteella, kustannuslaskelman kokoamisen (määrälaskenta, hinnoittelu, hintatiedustelut, kyselyt epäselvyyksistä) ja kustannuslaskelman tarkastuksen. Hankkeen kustannushallinta on jaettavissa karkeasti: (Enkovaara et al. 2006)

- suunnittelun eri vaiheita palvelemaan kustannuslaskentaan
- rakennusyrityksen tarjouslaskentaan
- rakentamisvaiheen kustannuslaskentaan
 - tuotannon tavoitelaskentaan
 - tuotannon tarkkailulaskentaa
 - jälkilaskentaan
- tietokantojen ylläpitoon (Enkovaara et al. 2006)

Rakennusyrityksen tarjouslaskenta pitää sisällään tarjoushinnan määrittämisen. Vaiheen lähtöaineistona on mm. kustannuslaskelma. Tarjouksen perustana oleva kustannuslaskelma voi perustua kuvauskyvyltään erilaisiin suunnitelmiin ja se voidaan tehdä eri karkeustason kustannuslaskentamenetelmin. Rakentamisvaiheen kustannuslaskenta pitää sisällään tavoitteiden laatimisen tuotannolle valittujen menetelmien ja tarjouslaskelman asettamana kustannuspuutteen pohjalta sekä tavoitteiden toteutusmaisen tarkkailun ja jälkilaskennan. (Enkovaara et al. 2006)

Jälkilaskennan tehtävä on määritellä sekä työvaiheiden että hankkeen lopullisten kustannusten suuruus. Jälkilaskenta käsittää kustannuksiin vaikuttaneiden tekijöiden analyysin sekä taltioinnin käytettäväksi referenssitietona seuraavissa hankkeissa ja rakennusyrittäjien kustannuslaskentajärjestelmän ylläpidossa. Jälkilaskenta suoritetaan työvaiheen tai hankkeen valmistumisen jälkeen. (Enkovaara et al. 2006)

Tietokantojen ylläpito sisältää hintatietojen, menekkitietojen ja menetelmätietojen ylläpidon, rakennusyrittäjien kustannuslaskentajärjestelmän tason sekä tarkkuuden valvonnan. Tietokantojen ylläpidon tarkoituksena on yritystasolla huolehtia, että kustannushallinnassa käytettävä kustannustieto on ajan tasalla ja se kuvaa yrityksen tuotantokykyä. Tietokantojen ylläpito pitää sisällään panoshintojen jatkuvan ylläpidon, joka tapahtuu päivittäin saadun hintainformaation perusteella. Laskentapariaatteiden mukaan kustannuslaskennassa käytettävät panoshinnat ovat nettohintoja eli ne eivät sisällä arvonlisäveroa. Menetelmä- ja menekkitietojen tarkkuuden ja tason valvonnalla seurataan systemaattisesti yrityksen kustannuslaskentajärjestelmän kuvauskykyä toteutukseen nähden. (Enkovaara et al. 2006)

Suoritelaskentaa käytetään kustannuslaskenta menetelmänä rakennussuunnitteluvaiheen lopulla ja rakentamisvaiheessa. Suoritelaskennassa määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan suoritteittain. Rakennusosalaskentaa käytetään rakennussuunnitteluvaiheessa kustannuspuutteen tarkistusmenetelmänä, vertailulaskelmien laadinnassa ja tarjoukseen perustaksi tehtävän laskelman laatimisessa. Rakennusosalaskennassa määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan rakennusosittain. Tuoteosalaskennassa määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan tuoteosittain. (Enkovaara et al. 2006)

Kustannuslaskelma voidaan koota käyttäen vain yhtä kustannuslaskentamenetelmää, esimerkiksi suoritelaskentaa, tai yhdistämällä eri kustannuslaskentamenetelmillä hinnoiteltuja nimikkeitä samaan kustannusohjelmaan. Jälkimmäisessä tapauksessa osa nimikkeistä on hinnoiteltu esimerkiksi suoritelaskennalla, osa rakennusosalaskennalla tai tuoteosalaskennalla. Kustannuslaskentamenetelmä valitaan laskettavan tarkoituksen, käytössä olevien suunnitelmien, laskentaan varatun ajan ja yrityksessä sovittujen toimintatapojen perusteella. Suunnitelma-asiakirjojen tarkkuus vaihtelee hankevaiheittain. Taulukossa on esitetty hankkeen eri vaiheisiin liittyviä kustannuslaskennan kannalta keskeisiä asiakirjoja ja näiden asiakirjojen yhteydessä yleensä käytettävät kustannuslaskentamenetelmät. (Enkovaara et al. 2006)

Taulukko 1. Hankevaiheet ja kustannuslaskentamenetelmät (Enkovaara et al. 2006)

HANKE VAIHEET	LASKENTAMENETELMÄ	SUUNNITELMAT
<u>Hankesuunnittelu</u>	Tilalaskenta	Hankeohjelma sisältäen tilaohjelman
<u>Rakennussuunnittelu</u>		
Ehdotusvaihe	Rakennusosalaskenta	Ehdotuspiirustukset, rakennustapaselostus Luonnospiirustukset, Rakennustapaselostus
Luonnosvaihe	Rakennusosalaskenta, Tuoteosalaskenta	Pääpiirustukset, Työpiirustukset, Selostukset
Toteutus suunnitelmien laadinta	Rakennusosalaskenta, Suoritelaskenta, Tuoteosalaskenta	
<u>Rakentaminen</u>	Rakennusosalaskenta, Suoritelaskenta, Tuoteosalaskenta	Muutospiirustukset, Täydentävät piirustukset, Täydentävät selostukset

2.2.2 Suunnitteluajallinen kustannusohjaus

Tietomallintamisen suurin lisäarvo saadaan suunnitteluajallisessa kustannusohjauksessa, koska suunnitteluratkaisuiden muutosten vaikutusten arvioiminen helpottuu. Rakennusyritys käyttää eri laskenta- ja kustannusohjausmenettelyjä hankkeen luonteen mukaisesti. Omaperustainen tuotanto ja KVR -hanke käsittävät laajasti suunnitteluvaiheiden kustannusohjauksen ja rakennusvaiheen laskelmat. Perinteinen urakointi käsittää tarjouslaskennan, tuotantolaskennan, toteutuksenaikaisen kustannustarkkailun ja jälkilaskennan. Rakennushankkeen investointikustannusten ohjauksen kannalta on merkityksellistä tiedottaa kustannusten määräytyminen hankkeen eri vaiheissa. Rakennuskustannusten määräytymiseen voidaan vaikuttaa voimakkaammin suunnitteluvaiheessa, koska keskeiset hankkeen laajuuteen ja laatuun liittyvät päätökset tehdään juuri suunnittelun yhteydessä. (Enkovaara et al. 2006)

Suunnittelun eri vaiheita palveleva kustannuslaskenta pitää sisällään sisällöltään, karkeudeltaan ja erittelytarkkuudeltaan erilaiset kustannuslaskentamenetelmät. Siinä asetetaan kustannuspuitteet hankeohjelmavaiheelle ja suoritetaan suunnitelmien kustannusohjausta. Tarjouslaskennan ja rakentamisvaiheen kustannuslaskennan lähtöaineiston laadinta on myös osa tätä vaihetta. (Enkovaara et al. 2006)

Tilalaskenta on hankeohjelmavaiheen kustannuspuitteen ja laajuuspuitteen asettamismenetelmä. Puite määritetään rakennettavaksi aiottujen tilojen ja olosuhdetekijöiden perusteella. Määrätietona on pääosin tilojen hyötyala OHM2. Korjausrakentamisessa kustannuspuitteen laskemisessa on tilalaskelman lisäksi laskettava hankkeen korjausaste. (Enkovaara et al. 2006; Rakennustieto 1989)

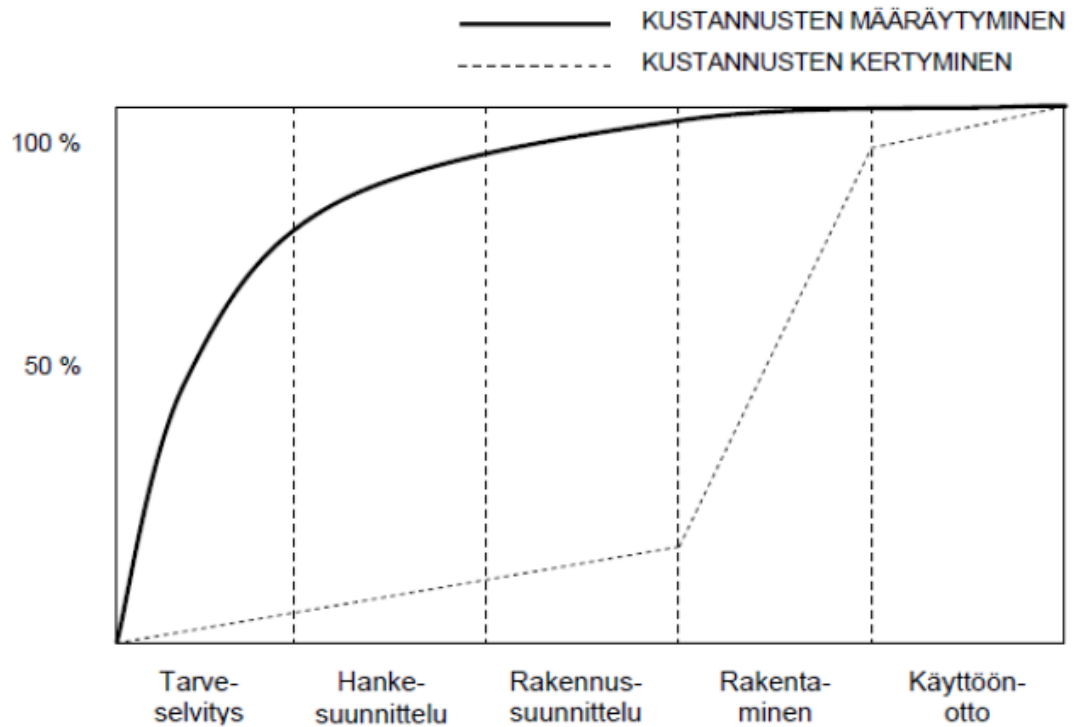
Erot saman laatuisten (pinta-ala, tilavuus) rakennushankkeiden kustannuksissa aiheutuvat:

- erilaisista tiloista, jolloin eri tiloihin liittyvä toiminta edellyttää erilaisia kalusteita ja varusteita, pintarakenteita, runkorakenteita, täydentäviä rakenteita sekä erilaista LVI-tekniikkaa.
- Erilaisesta tilojen sijoittelusta ja erilaisista rakennus- ja laiteosavalinnoista (suunnitteluratkaisuista)
- Rakennuspaikan perustamis- ja tonttiolosuhteista (Enkovaara et al. 2006)

Rakennuksen tilat määritetään hankeohjelmavaiheessa. Hankkeen rakennuskustannukset kiinnittyvät suurelta osin toiminnan vaatimien tilojen määrien ja toiminnan luonteen perusteella. Hankkeen rakennuskustannukset muodostuvat pää- ja työpiirustusvaiheessa määräytyvien rakennusosien ja laiteosien määrän sekä yksikkökustannuksen perusteella lisättyä hankkeen ja työmaan ohjauksessa ja toteutuksessa syntyvillä kustannuksilla. Rakennusosien yksikkökustannuksen suuruuteen vaikuttavat asetetut laatutavoitteet, valittavat materiaalit ja rakenneratkaisut sekä käytettävä rakennusmenetelmä. Perustamis- ja tonttiolosuhteet vaikuttavat tehtäviin rakenneratkaisuihin. (Enkovaara et al. 2006; Rakennustieto 1989)

Rakentamisen menoja aiheuttavat: (Haahtela 2015)

- päätös tilantarpeesta
- tiloissa harjoitettava toimintaa
- olosuhteet
- valitut suunnitteluratkaisut
- ominaisuuksien suhde korjattavaan rakennukseen
- toteuttamismuoto
- toteuttamisaikataulu



Kuva 14. Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen hankkeen eri vaiheissa (Enkovaara et al. 2006)

2.2.3 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan perusteet

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta antaa tehokkuutensa vuoksi mahdollisuuden tehdä laskenta perinteistä laskentaprosessia useammin ja tehokkaammin. Tämä antaa myös mahdollisuuden tutkia enemmän suunnitteluvaihtoehtoja sekä määrämuutokset voidaan analysoida ja havainnollistaa luotettavammin. Tietomallipohjainen laskenta on vähintään neljä kertaa nopeampaa kuin perinteinen laskenta. (Alhava 2013)

Taulukko 2. Tietomallipohjaisen laskennan tehokkuus (Alhava 2013)

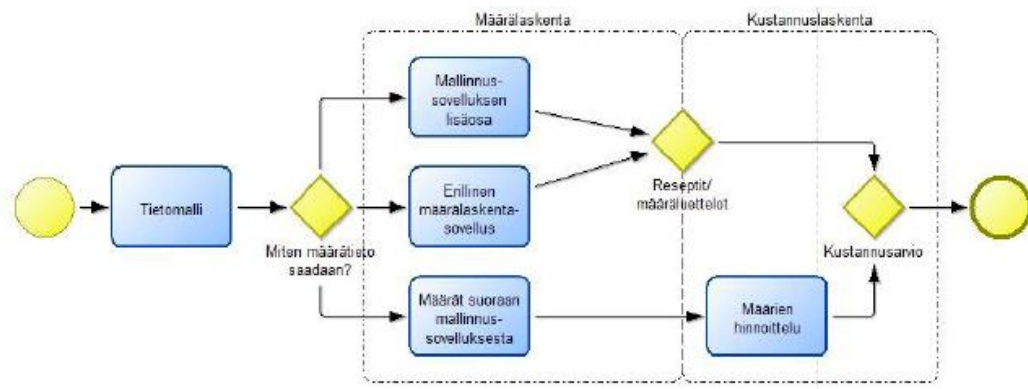
	Mittaviivainlaskenta	Tietomallipohjainen laskenta
Kohteen layout uusiksi	10 tpv	1 tpv
Toistuva tarjous	20 tpv	5 tpv
KVR-vaihtoehtoratkaisu	5 tpv	1tpv
Suhtautuminen suunnitelmamuutoksiin	Laskija vastustaa muutoksien tekemistä	Laskija etsii parempaa ratkaisua asiakkaalle
Yhteistyö	Suunnittelija ja laskija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

Tietomallipohjaista laskentaa voidaan tuottaa:

- Tilapohjaisesti
- Objektipohjaisesti

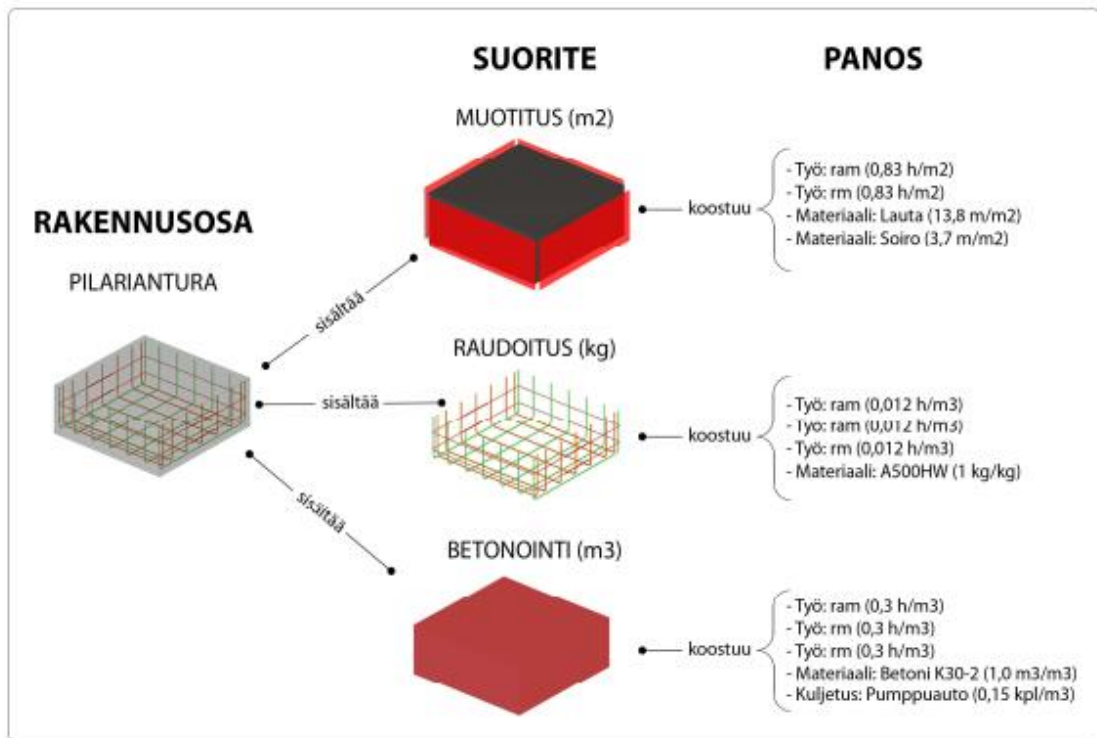
Tietomallipohjaisesta kustannuslaskennasta puhutaan usein myös 5D BIM sanalla, jossa BIM tarkoittaa rakennuksen tietomallia ja 5D sen kustannuslaskentaa. Tutkimuksen viitekehyksenä tietomallipohjainen kustannuslaskenta nähdään määrätiedon linkittämisellä tietomallista kustannusarvioon, jossa se hinnoitellaan suoritteiden mukaan. Tästä löytyy erilaisia näkökantoja. Lähteissä tietomallipohjaista kustannuslaskentaa hahmotetaan myös toiseen suuntaan, jossa kustannustieto linkitetään tietomalliin jolloin esimerkiksi jokainen rakennusosa omaa tietyn kustannustiedon. (Eastman et al. 2011)

Tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan tuottotavat voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri tyyppiin, riippuen miten sovelluksia käytetään tietomallin määrätiedon käsittelyyn. Objektien määrät voidaan tuottaa suoraan alkuperäisestä mallinnohjelma oman työkalun avulla luettelona, jossa määrät hinnoitellaan manuaalisesti. Toinen tapa toimia on siirtää mallin määrätieto erilliseen määrä- ja kustannuslaskentasovellukseen, joka määrittää automaattisesti objektien ominaisuuksien mukaiset määrät kustannuksiin. Kolmannessa toimintatavassa määrät tuotetaan erillisellä määrälaskentaa tarkoittavalla laajennusosalla tai ohjelmassa, josta määrätieto siirretään tuoterakenteiden avulla kustannuslaskentasovellukseen. (Eastman et al. 2011)



Kuva 15. Tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskentaprosessin toteutustavat. (Kaukonen 2012)

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan perusajatuksena on tuoterakennekirjaston hyödyntäminen, josta käytetään myös käsitettä resepti. Rakennusosa sisältää suoritteita, jotka koostuvat panoksista. Panoksille määritetään hinnat, josta muodostuu koko rakennusosan kustannukset. Rakenteiden määrätiedot voidaan tuottaa tietomallista joko rakennusosatai suoritetasolle oheisen kuvan mukaisesti. (Teittinen 2009)



Kuva 16. Tuoterakenteet tietomallista (Teittinen 2009)

Tuoterakenteiden yksilöinti voidaan toteuttaa esimerkiksi TALO 80, 90 tai 2000-järjestelmän mukaisesti. Tietomallipohjaista määrälaskentaa voidaan toteuttaa objekti- eli rakennusosapohjaisesti tai tilapohjaisesti. Tietomallipohjainen määrälaskenta suunnitteluvaiheen aikana voidaan toteuttaa monella eri tavalla riippuen laskennan tavoitteista ja hankevaiheesta. Laskenta voidaan toteuttaa suunnitteluvaiheiden aikana tunnuslukujen laskennalla, tilapohjaisella laskennalla ja alustavalla tai tarkennetulla rakennusosalaskennalla. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tunnuslukuihin perustuvassa laskennassa mallista lasketaan tunnettuja perustunnuslukuja kuten rakennuksen bruttoala, tilavuus ja julkisivun pinta-ala, joiden avulla kustannuksia voidaan määrittää pääpiirteissään. Perustunnusluvuilla voidaan muodostaa johdettuja tunnuslukuja, kuten julkisivun ja pinta-alan suhde. Johdettujen tunnuslukujen perusteella voidaan arvioida suunnitteluratkaisuiden tehokkuutta. Tunnuslukuja voidaan laskea rakennuskohtaisesti myös rakenne- ja taloteknisistä järjestelmistä. Tunnuslukulaskentaa voidaan toteuttaa arkkitehdin tilamallin tai alustavan rakennusosamallin pohjalta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tilapohjaisessa laskennassa mallista lasketaan tilaohjelmaan kuuluvien tilojen pinta-aloja laajuuslaskelmana. Tietomallista saatavaa laajuuslaskelmaa ja tilaluetteloa voidaan verrata tilaohjelmaan ja käyttää tavoitehinnan arvioinnissa sekä suunnittelun ohjauksessa. Tilapohjaiselle hinnoittelulle löytyy kattavaa historiatietoa, jonka avulla tiloille voidaan määrittää kustannukset laajuustiedon mukaan. Tilapohjaista kustannuslaskentaa voidaan toteuttaa esimerkiksi arkkitehdin tilamallista. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Alustavassa rakennusosalaskelmassa mallista lasketaan määriä rakennus- ja tekniikkaosien perusteella. Alustavassa rakennusosalaskennassa voidaan laskea määriä esimerkiksi kantavien seinien ja alapohjien osalta sekä talotekniikan osalta keskusosista kuten tulo- ja poistoilmakoneista. Tässä vaiheessa lasketut määrät muodostavat perinteisen rakennusosamääräluettelon. Määräluetteloa voidaan hyödyntää määrämuutosten selvittämiseen, kustannusarviointiin, suunnittelun ohjaamiseen sekä alustavien rakennus- ja tuotantoaikataulujen laadintaan. Vaiheen laskentaan vaaditaan vähintään alustava rakennusosamalli ja taloteknisen suunnittelun mallialueet sekä palvelukaaviot. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tarkennetussa rakennusosalaskennassa mallista lasketaan sen sisältämät rakennus- ja tekniikkaosat. Mallin tietosisältö on rakennusosien, tuoterakenteiden ja talotekniikan järjestelmien osalta täydentynyt alustavasta rakennusosamallista. Tässä vaiheessa on käytössä yleensä arkkitehtisuunnittelun rakennusosamalli, rakennussuunnittelun yleissuunnitteluvaiheen tai hankintoja palveleva rakennemalli ja talotekniikan järjestelmämalli. Alustavan rakenneosamallin tulee täsmentyä tuotetietojen ja tuoterakenteiden osalla tähän vaiheeseen. Arkkitehdin mallista rakennekerrokset tulee olla eriteltävissä ja rakennemallin rakennetyypit yksilöitynä. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Laskenta tarjous- ja rakentamisvaiheessa voidaan suorittaa suoritelaskentana tai laskentana sijainnittani. Suoritelaskenta perustuu täydellisiin tuoterakenteisiin, jotka tuotetaan arkkitehdin rakenneosamallista, talotekniikan järjestelmämallista sekä rakennesuunnittelun toteutusmallista. Mallista lasketaan hanke- tai tuotantonimikkeistön mukaan rakennus- ja taloteknisten osien määrät työsuoritteiden määrittämistä varten. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Kun määrälaskenta toteutetaan sijainneittain, lasketaan määrät käyttäen jotain edellä mainituista menetelmistä ja määrät jäsennetään sijaintiensa mukaan. Sijainneittain laskettuja määriä käytetään tyypillisesti hankinnoissa ja rakentamisen aikataulusuunnittelussa. Yleisimpiä sijainteja ovat lohko, kerros, tila ja tilaryhmä. Mallille asetettavat vaatimukset ovat samat kuin rakennusosalaskennassa, mutta sijainnit tulee olla mainittuna. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

2.2.4 Kustannuslaskennan vaatimukset tietomalleille

Määrälaskennan näkökulmasta tärkein vaatimus tietomalleille on niiden johdonmukaisuus. Rakennus- ja tekniikkaosat tulee mallintaa projektikohtaisten vaatimusten mukaisesti ja tämä kaikki tulee dokumentoida kattavasti tietomalliselostuksessa. Mallintamisen tarkkuustaso tulee määrittää projektikohtaisesti, niin että eri suunnittelualojen mallinnusvaatimukset on kuvattu yksilöllisesti. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Mallin tarkkuustaso määrittää mallista saatavien määrien tarkkuustason. Selkein tilanne on silloin, kun eri suunnittelualojen mallit on mallinnettu samalle tarkkuustasolle koko

rakennuksessa. Tällöin mallista saatavat määrätiedot voidaan arvioida yksiselitteisesti suhteessa mallin tarkkuustasoon. Määrälaskentaan käytettävät mallit tulee tarkastaa sen laadukkuuden osalta ennen niiden käyttämistä laskennassa. Niissä ei saa olla päällekkäisiä rakennusosia ja tarkastusraportti tulee liittää mukaan tietomalliselostukseen. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Jokaiselle tietomallissa mallinnetuille objekteille, tiloille, rakennus- ja tekniikkaosille on annettava sellaiset yksilöivät tunnisteet, että ne voidaan yksiselitteisesti tunnistaa ja ryhmitellä sekä erotella toisistaan. Johdonmukaisesti ja tarkasti mallinnettu tietomalli, jossa jokainen rakennetyyppi on yksilöity omakseen, on jo hyvä lähtökohta, jolla päästään tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa alkuun. Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan asettama minimivaatimus malleille on mahdollisuus erottaa toisistaan laskennan kannalta luotettavat ja epäluotettavat kohdat. Mikäli mallit on tuotettu YTV 2012 tilaajan ohjeiden lisäosien mukaan ja niissä määritetyt tietosisällöt ovat myös mallinnettu, on mallin laadukkuus riittävä ainakin tietomallipohjaista kustannuslaskentaa silmällä pitäen. (Rakennustieto 2016)

2.2.5 Tietomallipohjaisen laskennan rajoitukset

Tietomallipohjainen määrälaskennan myötä perinteisen laskijan rooli ei tule täysin poistumaan, mutta se tulee muuttumaan radikaalisti. Tietomallit kattavat tällä hetkellä ja todennäköisesti myös tulevaisuudessa vain rakenneosien määrät. Detaljitason tiedon määrät kuten liitokset, pellitykset ja kittauksen eivät sisälly tietomallista saatavaan määrätietoon vaan kustannuslaskijan tulee arvioida nämä itse. Esimerkiksi rakenneliitosten mallintaminen on kehittynyt muutaman viime vuoden aikana merkittävästi ja suunnittelijoilla ovat jo yleisimmät liitoskomponentit käytettävissään, mutta kaikkea rakennukseen tulevaa ei vielä ole mahdollista mallintaa. Siispä tietomallipohjaisesta laskennasta ei saada suoraan kaikkia rakennuskustannuksia vaan laskijoiden tulee arvioida nämä kokemuksensa ja historiatiedon avulla. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan asettama minimivaatimus malleille on mahdollisuus erottaa toisistaan laskennan kannalta luotettavat ja epäluotettavat kohdat. Vain havaitsemattomat ongelmat aiheuttavat virheitä laskennan lopputulokseen. Eri suunnittelualojen malleissa tulee oikein toteutettuna olemaan päällekkäisyyttä. Käytettäessä usean suunnittelualan malleja on määrälaskennassa tiedotettava mallien päällekkäisyydet ja päätettävä mistä mallista mitään määriä lasketaan. Lähtökohtaisesti aina rakennussuunnittelijan ja talotekniikan malleissa on tarkempaa tietoa niihin kuuluvista osista ja laitteista kuin arkkitehdin mallissa, jossa kyseiset osat on esitetty lähinnä tilaavuuksina. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Arkkitehtisuunnitteluohjelmistoissa on usein puutteelliset työkalut tilan pintojen mallintamiseen, joten niitä ei useinkaan lasketa mallista erikseen, vaan ne tehdään tilaobjektien pintojen perusteella. Hankkeen alkuvaiheessa tämä tuottaa riittävän tarkkuuden, mutta

suunnitelmien tarkentuessa pintamateriaalien laskenta pinta-alojen perusteella saattaa aiheuttaa ongelmia. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Joissain tapauksissa suunnittelijan käyttämät harvinaisemmat mallinnustyökalut saattavat tehdä tietomallipohjaisen laskennan mahdottomaksi. Tällaisista yleisimpiä esimerkkejä ovat monimuotoiset katot, portaat ja verhoseinät eli curtain wallit, jotka sisältävät vain objektin geometrisiä muotoja eikä niinkään ota huomioon muita parametreja. Nykyisin esimerkiksi portaille löytyy omia mallinnustyökalujaan, joilla portaiden askelmat, kaiteet ja kiinnityksen on helppo tehdä. Nämä työkalut ilmenevät yleensä kokonaisuena objektina eikä portaiden kaiteita esimerkiksi voida laskea erikseen. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

2.2.6 Ryhmittelyn toteutus

Ryhmittelynimikkeistöjen käytöstä on sovittava projektikohtaisesti. Rakennus- ja tekniikkaosatyypit täsmennetään nimikkeistöä käytettäessä julkisella, hankekohtaisella tai yrityskohtaisella tyyppitunnuksella. Yleisten tietomallivaatimusten osasta 7 löytyy selkeä taulukko, jossa on esitetty kaikki Talon 2000 hankenimikkeistön mukaiset rakennusosat sekä minkä suunnittelualan mallista ne tulisi ensisijaisesti esittää ja laskea yleisesti. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa suositellaan yleisesti käytettävän Talon 2000 –nimikkeistöä rakennus- ja tekniikkaosien ryhmittelyyn. Talon 2000 – järjestelmän hankenimikkeistö soveltuu luontevasti käytettäväksi tietomallintamiseen, sillä nimikkeistö kehitystyössä se on nimenomaan otettu huomioon. Keskeinen muutos Talon 80- ja Talon 90-nimikkeistöihin nähden on ollut hankenimikkeistön ylärakenteen uudelleenjärjestely ja erityisesti tuotannon nimikkeistön sisällön uusiminen. (Penttilä et al. 2006)

Talon 2000 – tuotannonimikkeistö on täysin uusi, tosin se muistuttaa vahvasti Talon 90 – työlajinimikkeistöä. Muuten Talon 2000 perustuu Talon 90 – nimikkeistöön. Rakennusliikkeitä käyttävät tietojärjestelmissään edelleen pääasiassa vain Talon 80 – nimikkeistöä, mutta Talon 2000 – nimikkeistön oletetaan vakiintuvan lähivuosina vähitellen käyttöön varsinkin tietomallinnetuissa hankkeissa ja sitä kautta rakennusyritysten määrälaskennassa. Talon 2000 -nimikkeistö koostuu tila- ja hankenimikkeistöistä, joissa hankenimikkeistö pitää sisällään rakennus- ja tekniikkaosat sekä tilanimikkeistön huoneistojen, tilaryhmien ja tilojen erittelyn. Tämän johdosta kyseinen nimikkeistö sopii luontevasti tietomallipohjaisen laskennan nimikkeistöksi. (Penttilä et al. 2006)

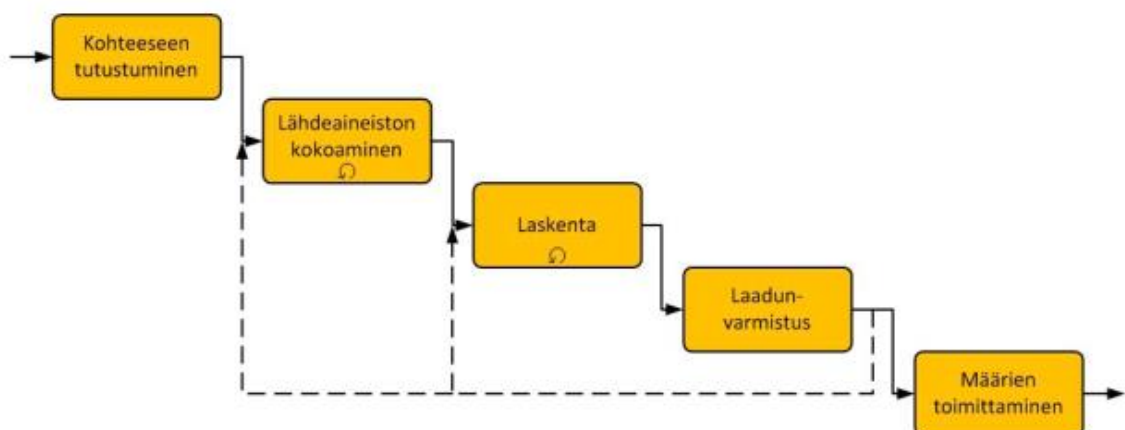
Keskeisin jaotteluperuste Talon 80-nimikkeistössä on hankkeen kustannukset. Karkealla tasolla hankkeen kustannukset jaetaan hankkeen perustamiskustannuksiin, hankintakustannuksiin ja rakennuskustannuksiin. Järjestelmä on hierarkkinen jolloin rakennuskustannukset ovat osa hankintakustannuksia ja hankintakustannukset osa perustamiskustannuksia. (Enkovaara 2006)

Määrälaskennassa käytetään yleisesti seuraavia mittatietoja rakennusosien määrälaskentaan ja ryhmittelyyn. Nämä mittatiedot tulee myös määrälaskettavassa tietomallissa olla selkeästi määritettynä ja parametreihin syötettynä. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

- Kappalemäärä
- Pituusmitta
 - Pituus
 - Piiri
 - Korkeus
- Pinta-ala
 - Nettopinta-ala
 - Bruttopinta-ala
- Tilavuus
 - Nettotilavuus
 - Bruttotilavuus
- Paino
 - Nettopaino
 - Bruttopaino

2.2.7 Kustannuslaskentaprosessin kuvaus lähteistä

Yleisten tietomallivaatimusten osassa 7 kuvataan tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessin perusteet sekä edellytykset tietomallipohjaisen määrälaskennan onnistumiselle. Tietomallipohjainen määrälaskentaprosessi eroaa monin osin perinteisestä laskentaprosessista.

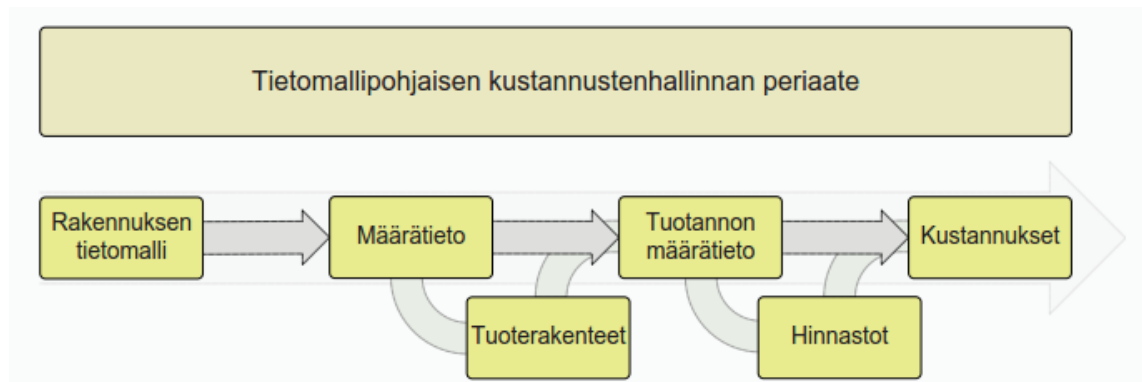


Kuva 17. YTV 2012 Määrälaskennan prosessi (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Prosessin ensimmäisenä vaiheena toteutetaan kohteeseen tutustuminen ennen ensimmäistä laskentaa. Tietomallin avulla kohteen laajuus ja ominaisuudet ovat helpompi ja

nopeampi sisäistää. Mallin lisäksi on tärkeä tutustua muihin dokumentteihin kuten rakennusluokkajärjestelmään ja luetteloihin sekä käydä keskustelua suunnittelijoiden kanssa. Ennen jokaista laskentaa tulee koota lähtöaineisto laskennan suorittamiseksi sekä varmistettava aineiston sisältämän tiedon oikeellisuudesta ja ajantasaisuudesta. Projektikohtaisesti on selvitettävä käytetäänkö laskennassa yhden vai useamman suunnittelualan tietomalleja ja selvitettävä mitä määriä lasketaan kustakin mallista. Lähdeaineiston kokoamiseen liittyen on myös selvitettävä tuotetaanko määrätieto IFC-mallista vai suunnittelijan alkuperäisestä mallista. Alkuperäisestä mallista laskettaessa täytyy varmistua, että aineistosta löytyvät tarvittavat kirjasto-osat ja ulkoiset viitteet sekä varmistettava, että malli avautuu ongelmitta laskijan ohjelmistolla. Määrätiedon kattavuus täytyy selvittää ennen laskennan aloittamista eli mitkä nimikkeet saadaan laskettua mallista ja mitkä on laskettava muilla menetelmillä. Mallia ja rakennusluokkajärjestelmää tulee ennen laskentaa verrata keskenään ja varmistaa, että mallissa on käytetty esimerkiksi samoja rakennetyyppejä mitkä rakennusluokkajärjestelmässä on listattuna sekä suunnitelmamuutokset tulee olla rakennusluokkajärjestelmän liitteenä. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Määrälaskentaprosessin tärkein vaihe on laadunvarmistus, jossa mallien ja muun materiaalin mahdolliset puutteet sekä sisäisten ristiriitojen selvittäminen kirjataan tarkastusraporttiin. Puutteet ja ristiriitaisuudet voidaan hyväksyä, kunhan laskija on tiedostanut ne ennen laskennan aloittamista. Laskija voi myös esittää mielipiteensä siitä onko määrälaskenta mielekästä suorittaa senhetkisen lähdeaineiston pohjalta sekä tulisiko laskenta mahdollisesti siirtää myöhempää ajankohtaan puuteiden takia. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)



Kuva 18. Tietomallipohjaisen kustannushallinnan periaate (Vakkilainen 2009)

Tietomallipohjainen määrälaskenta suoritetaan siihen soveltuvalla ohjelmistolla. Käytettävän ohjelmiston ominaisuudet vaikuttavat vahvasti laskennan lopputulokseen ja siihen, miten luotettavaa ja tehokasta laskenta on versiopäivitysten yhteydessä. Tietomallipohjainen laskenta voidaan suorittaa muutamalla eri tavalla ohjelmistoavusteisesti, riippuen mallin ja ohjelmiston edellytyksistä. Tehokkain ja nopein laskentatapa on ohjattu ohjelmallinen laskenta, jossa mallin tietosisältö ja rakennusosat voidaan tunnistaa ja ryhmitellä ohjelmallisesti ja niistä saadaan luettua määrälaskentaan tarvittava mittatieto. Tämä to-

teutustapa hyödyntää mallia parhaalla mahdollisella tavalla ja määrät voidaan laskea nopeasti ja luotettavasti sekä havainnollistaa mallin avulla. Tässä toteutustavassa laskijan ei tarvitse muuttaa mallia, jotta määrien päivittäminen mallin uuden version avulla on tehokasta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Toinen tapa on määrien johtaminen ja ruutumittaus, jossa mallin tietosisältö ei ole yhtä täydellistä. Määrälaskentaan tarvittua tietoa ei ole suoraan mallissa, mutta tieto voidaan johtaa mallissa olevista muista rakennusosista. Tällainen tilanne voisi olla esimerkiksi anturoiden laskeminen alimman kerroksen kantavienseinien mitalla. Kolmas vaihtoehto on mallin täydentäminen, jossa kaikkia tarvittavia rakennusosia ei ole mallinnettu eikä niitä saa johdettua muiden toimintatapojen mukaan. Tällöin laskija, joutuu itse täydentämään mallia mittatiedon saamiseksi. Tämän toimintatavan ongelmana on, ettei lisätty tieto tule mukaan mallin päivityksen yhteydessä vaan se joudutaan joka kerta tekemään uudestaan, ellei vastaavia muutoksia ole tehty myöhemmin suunnittelumalliin. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)

Määrälaskennan jälkeen laskentatulokset analysoidaan kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta. Laskennassa olevat ostaat visualisoidaan ja sitä verrataan mallin piirustuksiin, jotta varmistetaan kaikkien tarvittavien nimikkeiden olevan laskettuna. Laskentatarkkuutta voidaan arvioida vertaamalla määrällistä esimerkiksi referenssikohteeseen tunnuslukuvertailulla. Laskentatarkkuus arvioidaan suhteessa lähtötietoihin ja laskelmissa tehtyihin oletuksiin. Määrälaskennan lopputuloksena syntyy määräluettelo, joka linkitetään kustannustiedon kanssa. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7)



Kuva 19. Kustannuslaskennan vaiheet yleisesti. (Enkovaara 2006)

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA – AINEISTO

Tässä luvussa esitetään tutkimuksessa käytettyjä tutkimusmenetelmiä ja -aineistoa. Luvussa esitellään työssä käytetyt aineistonkeruumenetelmät ja käsitellään aineiston analysointia.

Diplomityön tutkimusongelmana on suunnitteluajankautaisen kustannusohjauksen sekä tarjous- ja rakentamisvaiheen kustannuslaskennan tehostaminen rakennusliikkeessä. Kustannusohjauksen ja –laskennan tehostamiseksi on tarkoitus kehittää tietomallipohjainen toimintamalli, joka on jalkautettavissa ja käyttöönotettavissa koko hankkeen ajalle. Tietomallipohjainen prosessi kustannuslaskennalle ja –ohjaukselle sujuvoittaisi hankkeiden läpivientiä ja tarkentaisi kustannusarvioita hankkeen eri vaiheissa.

Tutkimus jakautuu kolmeen vaiheeseen ja tulosten testaukseen. Ensimmäiseksi määritetään lähtötilanne eli nykyisen suunnitteluprosessin eteneminen ja tietomallien tarkkuus-taso hankkeen eri vaiheissa. Toisessa vaiheessa tutustutaan kohdeyrityksen kustannustietokantaan ja kustannuslaskentameteodeihin, jotka määrittävät tietynlaiset rakenteet ja rajaehdot seuraaville vaiheille. Kolmannessa vaiheessa määritetään tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessikuvaus. Määrittäminen tehdään kirjallisuusselvityksen ja teemahaastatteluiden pohjalta. Lopussa luotua toimintamallia testataan sen määrittämisen jälkeen, kohdeyrityksen todellisella hankkeella, tutkijan toimesta.

3.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimus on kvalitatiivinen eli laadullinen tapaustutkimus. Tutkimuksessa hyödynnetään konstruktivistista tutkimusotetta, joka tarkoittaa tosielämän ongelman ratkaisemista. Tässä tutkimuksessa on tarkoituksena tuottaa konstruktio aikaisemman toimintamallin perusteella ja lopuksi testata luotua toimintamallia. Oleellinen osa tieteellisestä konstruktivistista tutkimuksesta on sen kytkeminen aikaisempaan teoriaan, kirjallisuuteen ja tutkimuksiin sekä oleellista on osoittaa ratkaisun toimivuus. Konstruktivistisessa tutkimuksessa tutkijan tehtävänä on rakentaa yritykselle teoriaan pohjautuva ratkaisu, jonka toimivuus todetaan käytännössä. (Virtanen 2006; Metodix 2016)

Kvalitatiivisen tutkimuksen tukena on käytetty keskusteluanalyysia asiantutijahaastatteluiden muodossa. Tutkimusmenetelmänä teoreettisessa osassa on käytetty tekstianalyysia eli kirjallisuustutkimusta aiemmin tehtyjen tutkimusten ja julkaisujen perusteella. Tutkimusmenetelmien avulla on tarkoitus saada mahdollisimman kokonaisvaltainen käsitys aiheesta. Laadullisen tutkimuksen tukena on hyödynnetty toimintatutkimusta, joka tapahtuu tapaustutkimuksen yhteydessä, kun uusia toimintatapoja kehitetään. Toimintatutkimuksessa tutkija toimii suoraan muutoksen tekijänä. Tässä tutkimuksessa tutkija on ollut osana molempia tapauksia kehittämässä toimintatapaa. (Virtanen 2006; Metodix 2016)

3.1.1 Aineistonkeruun menetelmät

Taustateorian keräämiseen ja kokonaisuuden hahmottamiseen on käytetty apuna kirjallisuustutkimusta, sillä kustannuslaskenta ja kustannusohjaus ovat kattavasti kuvattuja kirjallisuudessa. Tietomallintamista tutkitaan tällä hetkellä alalla kiivaasti. Kirjallisuustutkimuksen avulla kahdesta isosta kokonaisuudesta on sovellettu tiivis yhdiste, jonka avulla tutkittavaan asiaan saadaan muodostettua kattava lähtötieto. Kirjallisuustutkimus luo lähtökohdat tutkimukselle ja antaa tutkijalle tarvittavat lähtötiedot aiheesta.

Aineistoa on kerätty myös teemahaastatteluiden avulla. Haastateltavat valittiin tarkasti osaamisen ja aikaisempien tehtävien perusteella. Teemahaastatteluissa on tärkeää, että haastattelija ja haastateltava tuntevat tutkittavan asian kattavasti. Haastateltavien valintaan kiinnitettiin erityistä huomiota ja haastattelija perehtyi tutkimuksen kirjallisuuteen sekä aikaisempiin tutkimuksiin kattavasti ennen haastatteluiden pitämistä. (Tilastokeskus 2016)

3.1.2 Kirjallisuusselvitys

Kirjallisuustutkimus toteutettiin kahden vallitsevan teeman avulla. Tutkimuksen kaksi tärkeintä osa-aluetta oli tietomallien hyödyntäminen ja kustannushallinta rakennusliik-
keessä. Näiden kahden ison kokonaisuuden yhdisteestä muodostui kirjallisuustutkimuksen ydin.

Kirjallisuustutkimuksessa käytiin järjestelmällisesti läpi aiheeseen liittyvät tieteelliset tutkimukset ja julkaisut. Valtaosa kirjallisuustutkimuksen lähteistä olivat tieteellisiltä internetsivuilta, johtuen aiheen tuoreudesta. Tietomallintamiseen liittyvät julkaisut ovat pääosin 2000- ja 2010-luvulta eikä siitä aikaisemmin julkaistuja aineistoja juurikaan ole. Tietomallintamisen kehittyminen on ollut myöskin hyvin nopeaa, joten kaikki kirjallisuustieto ei ole täysin pysynyt kehityksen mukana vaan osa tiedoista on hieman vanhentunutta.

Rakennusalan kustannushallintaan liittyviä julkaisuja on julkaistu ainakin 1960-luvulta lähtien eikä asia ole kovin radikaalisti muuttunut. Kustannushallintaan liittyvää kirjallisuutta oli helppo löytää. Tästä syystä kustannushallintaa liittyneet lähteet olivat pääosin tieteellisiä kirjoja ja perinteisiä dokumentteja, kun taas tietomallintamiseen liittyvät lähteet olivat monimuotoisempia.

Kirjallisuustutkimuksessa käytettiin sekä suomenkielisiä, että englanninkielisiä lähteitä. Kustannushallintaan liittyvät lähteet olivat pääosin suomenkielisiä ja Suomessa julkaistuja, koska käytettävät nimikkeistöt, panosrakenteet ja toimintatavat eroavat muiden maiden toimintatavoista. Tietomallintamiseen liittyvät lähteet olivat osin suomenkielisiä, osin englanninkielisiä.

3.1.3 Haastattelut

Tutkimuksen empiirisenä osana toimivat teemahaastattelut. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituna eli haastattelun pohjalle oli tuotettu kysymykset, joita ei kuitenkaan käytetty haastatteluissa järjestelmällisesti lävitse vaan ne toimivat aiheeseen ja ongelmiin johdattavina. Haastatteluiden tulokset analysoitiin teemoittain (Liite 5). (Virtuaali ammattikorkeakoulu 2016)

Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelu, jolle ominaista on, että jokin haastattelun näkökohta on lyöty lukkoon, mutta ei kuitenkaan kokonaisuutta. Teemahaastattelu sijoittuu formaaliudessaan lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun välimaastoon. Haastattelu ei etene tarkkojen ja valmiiksi muotoiltujen kysymyksien kautta, vaan väljemmin kohdistuen tiettyihin ennalta suunniteltuihin teemoihin. Teemahaastattelua edeltävässä vaiheessa on suoritettava asiaongelman ja tutkimusongelman pohdiskelua. Teemahaastattelussa esiin nostetut teemat ovat tarkkaan edeltä käsin pohdittuja. Teemahaastattelut eivät yleensä kulje tarkassa teemojen käsittelyjärjestyksessä vaan keskustelun luonteva kulku saa määrittää haastattelun rakenteen. (Virtuaali ammattikorkeakoulu 2016, Tilastokeskus 2016)

Teemahaastattelu on keskustelua, jolla on etukäteen päätetty tarkoitus ja fokus. Teemahaastattelu ei kuitenkaan ole tavallista arkikeskustelua vaan on erittäin tärkeää, että haastattelun kulku on haastattelijan hallinnassa. Teemahaastattelun onnistumisen kannalta on tärkeää valita haastateltavat tarkasti. Tutkimuksessa on erikseen perusteltava ja kuvattava ne periaatteet, joiden mukaan haastateltavat on valittu. (Tilastokeskus 2016)

Tutkimusta varten haastateltiin 11 NCC:n henkilöstöön kuuluvaa ja yhtä yliopiston erikoistutkijaa. Haastateltavaksi valittiin henkilöitä, jotka ovat olleet mukana kehittämässä uusia työkaluja tai toimintatapoja sekä henkilöitä, jotka toimivat vahvasti kustannuslaskennan tai -ohjauksen tehtävissä. Alalla vallitsevaa nykytilaa sekä tulevaisuuden kuvaa varten haastateltiin yhtä Tampereen teknillisen yliopiston erikoistutkijaa. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina, joista kaikki ensin nauhoitettiin, jonka jälkeen niistä tehtiin kirjalliset muistiinpanot. Haastattelutilaisuuksissa käytettiin kaikilla haastateltavilla samoja kysymyksiä, mutta riippuen haastateltavan kokemuksesta ja osaamisesta keskityttiin aina syvällisemmin tiettyyn teemaan ja osa-alueeseen.

Teemahaastatteluiden tulokset on listattu teemoittain liitteessä 5. Teemahaastattelun tuloksia on kuvailtu tarkemmin luvussa 4.3. ja 4.4.

3.1.4 Toimintamallin testaus

Konstruktivisen tutkimuksen yksi tärkeimpiä ominaispiirteitä on konstruktion eli tuodun ratkaisun käytännön testaaminen. Tämän tutkimusvaiheen vuoksi konstruktivinen tutkimusote eroaa tyypillisestä analyttisestä mallinnuksesta, jossa kehitetyt konstruktiot

usein vain rakennetaan ilman että niiden testaamista. Vaiheessa konstruktioita ei testata vain teknisesti vaan tutkimusprosessin toimivuus testataan kokonaisuudessaan. Tässä vaiheessa tutkijan on tunnettava tutkittava aihe syvästi ja omistauduttava innovoidulle konstruktioille sen onnistumiseksi. Kehitetty ratkaisu täytyy yleensä aktiivisesti ”myydä” kohdeorganisaatiolle muun muassa tarjoamalla ohjeistuksilla ja koulutuksilla. (Metodix 2016)

Tutkimuksessa määritetty konstruktio testataan todellisen kohdeyrityksen hankkeen avulla. Kohteesta on vaatimukset täyttävät tietomallit, joista saatua määrätietoa kohdistetaan kustannusarvioon. Tavoitteena on testata luotua ratkaisua kohdeyrityksen järjestelmissä, organisaatiossa ja toimintatavoissa. Käytännössä tämä tapahtuu testauskohteen pohjalta tehdyllä kustannusarviolla, jossa suunnitelmat tarkentuvat kustannusarvion edetessä ja arvio tarkentuu saumattomasti suunnitelmien mukana.

3.2 Tutkimusmenetelmien arviointi

Tutkimus jakautuu kolmeen vaiheeseen ja testaukseen, jolloin kahdessa ensimmäisessä vaiheessa rajataan tutkittavia kokonaisuuksia ja toimintatapoja sekä seulotaan parhaimpia kohdeyritykselle sopivimpia mahdollisia ratkaisutapoja. Tutkimuksessa käytetään laajasti eri tutkimusmetodeita aina kirjallisuustutkimuksesta, teemahaastatteluihin sekä käytännön soveltavaan testaukseen.

Lähimpänä tutkittavaa aihetta ovat kansalliset julkaisut liittyen tietomalleihin ja niiden hyödyntämiseen kustannushallinnassa sekä kansalliset julkaisut kustannuslaskentaan ja kustannusohjaukseen liittyen. Nämä olivat usein opinnäyte- tai seminaariesitystasoisia. Näissä kansallisissa julkaisuissa käytettävät nimikkeistöt ja ohjelmistot vastaavat parhaiten diplomityön tavoitteita ja kohdeyrityksen järjestelmien ominaisuuksia. Kansainvälisen tutkimustiedon, joka on toteutettu tietyn maan toimintatapojen ja ohjelmistojen kanssa, hyödyntäminen on haasteellista sellaisenaan.

3.3 Testauskohteen esittely

Tutkimuksessa toimintamallin testaaminen suoritetaan todellisen kohteen avulla. Testattava kohde on yksi NCC:n kehittämistä Semmi-konseptitalohankkeista. Kohde on Nummelaan rakennettava A-kruunu Vihdin Tuusankaari asuinkerrostalo. Kohteesta on jätetty tarjous 27.11.2015, joten voidaan olettaa, kustannustason pysyneen yleisesti samalla tasolla. Kohteen rakennustyöt on aloitettu 1.2.2016. (NCC 2016)

Kohdeyritys on kehittänyt itselleen konseptitaloja, joissa käytetään vakioituja suunnitteluratkaisuita. Konseptitaloissa pyritään saavuttamaan tiettyjen hyväksi todettujen ratkaisuiden ja vakioinnin kautta saatavaa hyötyä. Konseptitalohankkeista saataviksi hyödyiksi voidaan nähdä muun muassa suuren volyymin, teollisen esivalmistamisen ja nopeamman aikataulutuksen hyöty. (Korhonen 2016, s.54)

Kohde sijaitsee osoitteessa Tuusankaari 4, 03100 Nummela. A-Kruunu Vihdin Tuusankaari on viisikerroksinen kaksiportainen, yhteensä 63 huoneistoa käsittävä asuinkerrostalo Vihdin Nummelassa. Asuinhuoneistoala on 2848 m², kokonaisala 4083,5 m² ja käytetty rakennusoikeus 4012,5 m². Tontin pinta-ala on 3573 m². Kohteen julkisivu toteutetaan betonisandwich-elementeillä, parvekkeet ovat teräsulokeparvekkeita ja kylpyhuoneet toteutetaan tehdasvalmisteisilla, tyyppihyväksytyillä tilaelementeillä. (Optiplan 2015)

Kohteen tietomalli on tuotettu laskennan vaatimusten mukaisesti. Kohteelle on laskettu perinteisen pdf-ruutumittaus ja kolmioviivain mittauksen avulla kustannusarvio, johon voidaan verrata tietomallipohjaisen prosessin tuloksia sekä tutkia tulosten luotettavuutta tällä tavalla. Kohteen luonnoskuva on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Luonnoskuva A-Kruunu Vihdin Tuusankaaresta (Optiplan 2015)

4. KOHDEYRITYS JA SEN TAVOITTEET

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen kohteena oleva yritys syvällisemmin sekä kuvataan sen tavoitteita ja strategisia osa-alueita vuosien 2016-2020 osalta. Tutkimus on tuotettu NCC:n asuntorakentamisen yksiköön, joka on osa NCC-konsernia. Lukua laadittaessa on tarkoituksena ollut saada lukijalle kuvattua yritys, jolle tutkimusta suoritetaan sekä pyritty muodostamaan mahdollisimman selkeä kuva yrityksen ominaisuuksista ja tavoitteista.

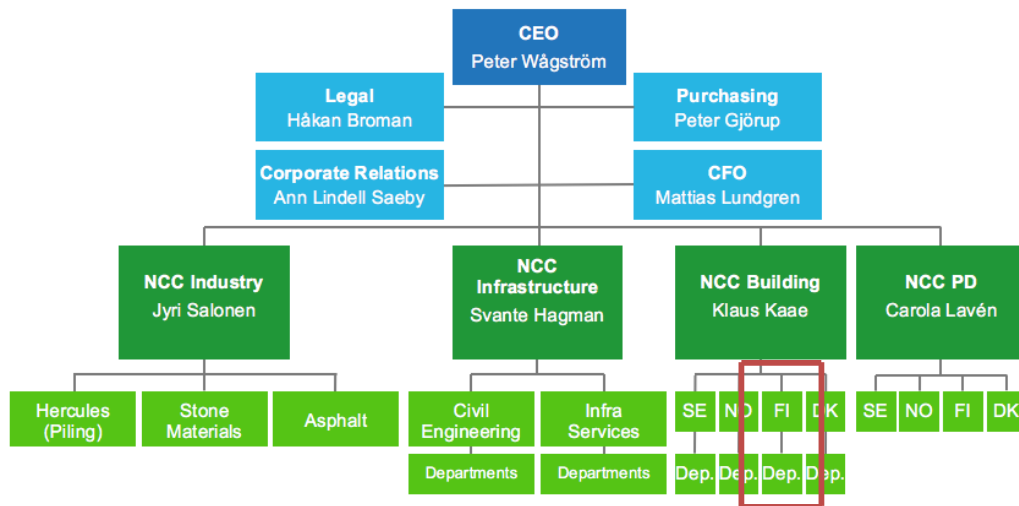
Ensimmäisessä alaluvussa esitellään NCC-konsernia, liiketoiminta-alueetta NCC Buildingia konsernin osana yleisesti, Asuntorakentaminen –yksikön kuulumisen konserniin sekä konsernin strategiaa. Alaluvussa kuvataan kohdeyrityksen tavoitteita ja strategiaa uudistamisen, VDC:n ja digitalisaation osalta. Toisessa alaluvussa kerrotaan NCC Suomelle aikaisemmin toteutetuista tieteellisistä tutkimuksista. Alaluvussa kuvataan aiheeseen liittyvät tutkimukset ja niiden keskeisimmät tulokset. Kolmannessa alaluvussa kuvataan valitseva tilanne kohdeyrityksen kustannuslaskennan ja prosessien osalta. Neljännessä alaluvussa esitellään kohdeyrityksen tavoitteet liittyen laskennan ja kustannusohjauksen tehostamiseen sekä VDC:n ja digitalisaation hyödyntämiseen kustannushallinnassa. Tämä alaluku antaa lähtökohdat ja lähtötiedot uuden toimintamallin kehittämiseksi.

4.1 Kohdeyrityksen esittely

4.1.1 NCC -konserni

NCC on yksi pohjoismaiden johtavista kiinteistö- ja rakennusalan yrityksistä. Pohjoismaat ovat NCC-konsernin kotimarkkina-alueita, mutta toimintaa on myös Saksassa, Baltiassa ja Pietarissa. NCC luo kestävä kehityksen mukaisia työ-, asuin- ja toimitilaympäristöjä. NCC kehittää ja rakentaa asuntoja ja toimitiloja, teollisuustiloja, julkisia rakennuksia, teitä ja infrastruktuuria. NCC:n liikevaihto oli vuonna 2015 6,7 miljardia euroa ja henkilöstön määrä 18000. (NCC 2016)

NCC-konserni jakautuu neljään liiketoiminta-alueeseen. Liiketoiminta-alueina ovat NCC Industry, NCC Infrastructure, NCC Building ja NCC PD. NCC Building liiketoiminta-alueen alla on NCC Building Finland, johon Asuntorakentamisen yksikkö kuuluu. NCC Building Finland liiketoiminta-alueeseen kuuluu Asuntorakentaminen yksikön lisäksi Korjausrakentamisen ja Talonrakentamisen yksiköt. NCC-konsernin organisaatio on esitetty kuvassa 21. (NCC 2016)



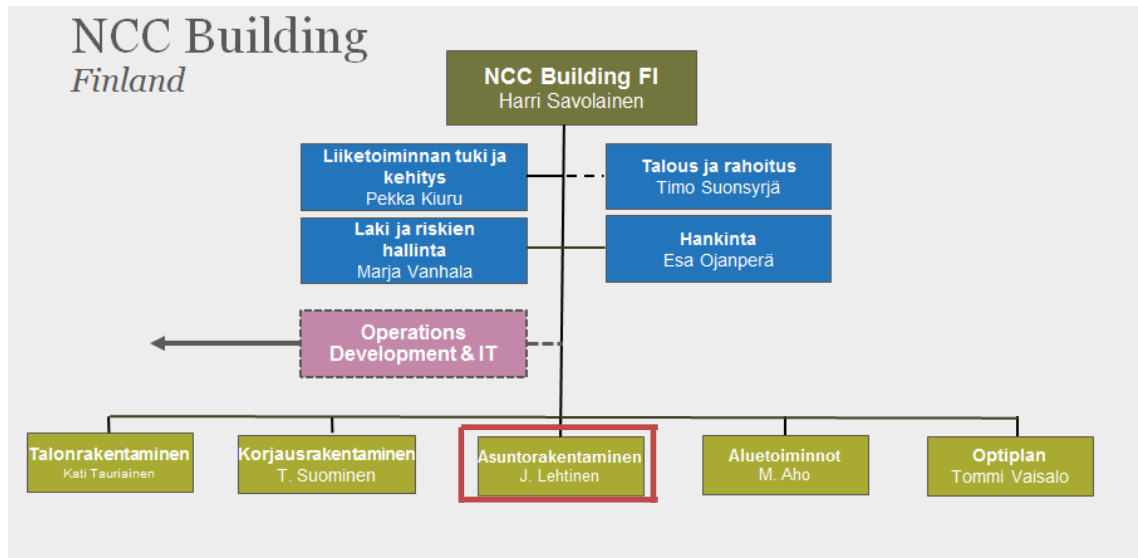
Kuva 21. NCC-konsernin organisaatio 2016. (NCC 2016)

NCC-konsernin visio on: *Uudistaa toimialaansa ja tarjoaa ylivertaisia, kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja.* NCC kehittää Lean-periaatteisiin pohjautuvia toimintatapoja ja digitalisaation hyödyntäminen on yksi sen isoimpia strategisia osia. Myös asiakkaan arvonlisääminen ja kestävän kehityksen mukaisiin ratkaisuihin pyrkiminen on osa NCC-konsernin strategiaa. NCC-konsernin tavoitteena on kehittää lähitulevaisuudessa konsernille täysin digitaalinen prosessi VDC-toimintatavan avulla. (NCC 2016)

NCC:n arvot ovat: *Rehellisyys, kunnioitus, luottamus ja edistyksellisyys.*

4.1.2 NCC Building Finland Oy

NCC Building Finland jakautuu viiteen liiketoiminta-alueeseen: Talonrakentaminen, Korjausrakentaminen, Asuntorakentaminen, Aluetoiminnot ja Optiplan. NCC Building Finlandin organisaatio on esitetty kuvassa 22. Asuntorakentamisen-yksikkö rakentaa asuintaloja pääkaupunkiseudulle ja se toteuttaa asuntotuotannon, hankesuunnittelun ja puhtaan kilpailu-urakan muotoisia hankkeita. (NCC 2016)



Kuva 22. NCC Building Finland -organisaatio. (NCC 2016)

4.1.3 Konsernin strategia vuosille 2016-2020

NCC on uusinnut strategiansa vuosille 2016-2020. Strategia kulkee nimellä: ***Kannattavan kasvun strategia***. Strategia ottaa huomioon tämän hetkiset megatrendit rakennusallalla, joita on viisi: Kaupungistuminen, Kestävä kehitys, Globalisaatio, Taistelu osaajista ja Uudet teknologiat. NCC-konsernin strategia vuosille 2016-2020 on esitetty kuvassa 23. (NCC 2016)



Kuva 23. NCC-konsernin strategiaa vuosina 2016-2020 kuvaava diagrammi. (NCC 2016)

Strategian ydin on konsernin visio eli: *Uudistaa toimialaansa ja tarjoaa ylivertaisia, kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja*. Ytimeistä yksi kehä ulospäin jakautuu kahteen, jotka ovat *Yksi NCC* ja *Ihmiset*. Nämä tarkoittavat sitä, että hyödynnämme osaamistamme, eri liiketoiminta-alueita ja asiakaspohjaa lisäarvon luomiseksi. Tähän kuuluu myös ketterä organisaatio, osaavat ihmiset, johtajuus ja voittajakulttuuri. (NCC 2016)

Uloimmalla kehällä on strategiamme voitettavat osa-alueet: *Operatiivinen erinomaisuus* ja *Markkinaerinomaisuus*, jotka luovat kannattavuuden ja kasvun myötä mahdollisuuden laajenemiselle. Operatiivinen erinomaisuus pitää sisällään neljä voitettavaa asiaa, jotka ovat: Tekninen osaaminen, Toimintatapamme, Digitalisaatio/VDC ja Hankinta. Markkinaerinomaisuus pitää sisällään neljä voitettavaa asiaa, jotka ovat: Asiakkaan yksöisvalinta, Kasvualueet, Kestävät ratkaisut asiakkaille ja Lisäarvon tuottaminen. Näiden osa-alueiden voittamisen myötä luodaan edellytykset kasvulle, yritysostoille ja hankehityksen portfolion muutokselle. (NCC 2016)

4.2 NCC Suomelle tehdyt aiemmat tutkimukset

NCC Suomelle on tuotettu aikaisemmin jo useampia tietomallien käyttöön liittyviä tai aihealueita sivuavia diplomi- ja opinnäytetöitä. Jan Lund tutki 2014 valmistuneessa opinnäytetyössään tietomallipohjaista tehtäväsuunnittelua. Opinnäytetyössä todettiin tietomallin eduksi tehtäväsuunnittelun kustannusarvioinnissa nopeampi määrien laskenta ja tarkemmat materiaalmäärät, joiden myötä hukkamäärät pienevät. (Lund 2014)

Juho Salomäen opinnäytetyössä vuodelta 2014 tutkittiin hankinnan kustannustehokkuuden parantamista. Opinnäytetyössä todettiin yhdeksi suurimmaksi ongelmakohtaksi hankinnan kannalta, määrätietojen puutteellisuudet suunnitelmissa ja muutokset määrissä. Työn haastatteluiden perusteella koettiin myös hankalaksi, ettei määrälaskentaa pystytä helposti kehittämään hankkeissa, joissa määrät ostetaan määrälaskentaliikkeeltä. (Salomäki 2014)

Johannes Kilpeläisen opinnäytetyössä vuodelta 2013 käsiteltiin tietomallipohjaisen määrätiedon tuottamista LVI-kustannusarvion pohjaksi. Työn tuloksena saatiin laskentamalli, joka tehostaa LVI-kustannusarvion laatimista ja helpottaa kustannustehokkaampien suunnitteluratkaisujen laatimista. (Kilpeläinen 2013)

Ani Parkkisen diplomityössä vuodelta 2013 tutkittiin tietomallien hyödyntämisen mahdollisuuksia rakennusliikkeen tuotannosuunnittelu- ja rakennusvaiheessa sekä tuotannonohjauksen pullonkaulojen tehostamisen mahdollisuuksia tietomallien avulla. Tutkimuksen tuloksena saatiin tietomallien käyttökohteita ja kehitysmahdollisuuksia tuotannonohjauksen näkökulmasta. (Parkkinen 2013)

Emma Suokas tutki diplomityössään vuonna 2015 Big Room –menetelmän soveltamista asuntotuotannon hankekehitys- ja suunnitteluprosessissa. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että Lean-filosofiaa ja -ajattelua tulisi jalkauttaa nykyistä enemmän projekteihin ja prosesseihin NCC:llä. Tutkimuksen tuloksena tuotettiin toimintamalli asuntorakentamisen Big Room –menetelmälle ja tutkittiin sen hyötyjä asuntotuotannossa. (Suokas 2015)

Ulla Salminen tutki 2004 valmistuneessa diplomityössään laskennan, hankinnan ja tuotannon yhteistä panosrekisteriä kohdeyrityksessä. Työn tavoitteena oli kehittää kohdeyritykselle yhtenäinen panosrekisteri, jota voitaisiin hyödyntää laskennassa, hankinnassa, tuotannossa ja ylläpidossa. Työn tuloksena saatiin Talo 90-nimikkeistöön pohjautuva työkalu toiminnanohjaukseen. Panosrekisteriä yhtenäistettiin ja organisoitiin toimivammaksi, mutta kartoituksen mukaan sen käyttö oli vielä hyvin vähäistä. (Salminen 2004)

Thoai Len tutki opinnäytetyössään vuodelta 2016 elementtisuunnittelun määrälaskennan ja hinnoitteluprosessin hallintaa. Työssä tutkittiin taloudellisemman ja tarkemman kustannusarvioinnin toteuttamista kohdeyrityksessä runkoelementtien osalta. Työssä vertailtiin kohdeyrityksen kolmen toteutuneen hankkeen kustannuksia runko- ja väliseinäelementtien osalta. Työn tuloksina vertailtiin budjetoitujen ja toteutuneiden kustannusten eroja, jotka johtuivat pääosin elementtien lisä- ja muutostöistä. Työn tuloksena saatiin analyysi kustannuslaskennan ja suunnitelmien puuteiden vaikutuksista kustannusarvioon. (Thoai 2016)

4.3 Nykytilanteen määrittäminen ja tavoitteet uudelle toimintatavalle

4.3.1 Käytössä oleva kustannuslaskentaprosessi

NCC:llä tällä hetkellä käytössä oleva kustannuslaskentaprosessi on melko vaihteleva. Erot yksiköiden välillä ovat ymmärrettävästi merkittävät kustannushallinnan osalta. Asunto-, korjaus- ja toimitilarakentamisessa hankehinnan määräytyminen eroaa toisistaan melko paljon, joten jokaisella yksiköllä on oma tapansa tuottaa kustannusarvio, keskittyen aina omien hankkeiden kustannuksilta kriittisimpiin osioihin. Koko konsernin yhteisen kustannuslaskennan standardin ja toimintatavan määrittäminen tämän työn laajuuspuutteessa olisi liian haastavaa, joten keskitymme tässä osuudessa asuntorakentamisen yksikön kustannuslaskentaprosessiin.

Yleisesti käytettävä kustannuslaskennan toimintatapa asuntorakentamisen-yksikössä on melko yksinkertainen määrittää. Haastatteluiden perusteella (Liite 5) selvisi, että kuitenkin monesti tuosta perusprosessista poiketaan ja astioita tehdään välillä hieman toisella tapaa ja eri järjestyksessä. Haastatteluista tulikin esille, että selkeää yhteistä toimintatapaa

ei ole saatu jalkautettua kustannushallintaan, vaan jokainen kustannuslaskija tuottaa kustannusarvion aina hieman omalla tavallaan ja jokaisen hankkeen kustannusohjaus hoidetaan henkilöstöriippuvaisesti (Törrönen, haastattelu 2016).

Yleensä hankkeen kustannushallinta pitäisi lähteä liikkeelle niin, että hankkeelle tehdään tilavuuteen perustuva hinta-arvio Estimodel ohjelmassa. Estimodel ohjelmaan on valmiiksi luotu hintaryhmiä ja tiloja esimerkiksi omaa asuntotuotantoa varten. Tilavelhoon syötettyjen tilavuus ja laajuustietojen perusteella ohjelma luo kohteen kustannusarvion historiallisen kustannustiedon perusteella ja tuottaa nimikkeistölisan, jossa on Talo 80 tai Talo 2000–nimikkeistön mukaan listattuna kaikki hankkeen rakennus- ja tekniikkaosat sekä näille arvioidut määrät referenssitietojen perusteella. Ohjelma antaa valistuneen arvion mitä rakennus- ja tekniikkaosia rakennukseen tarvitaan ja kuinka paljon (Kerkkänen, haastattelu 2016).

Haastatteluissa tuli kuitenkin esille, että tätä vaihetta ei ole yleensä suoritettu. Tilapohjaisen kustannusarvion tekemistä ei ole joko koettu tarpeelliseksi tai sitä on pidetty liian hankalana (Kerkkänen, haastattelu 2016). Myöskään organisaation toimintatavat eivät ole kannustaneet laskennan ja projektinjohdon yhteistyöhön vaan kustannusinsinöörit ovat tulleet kohteeseen mukaan vasta suunnitelmien valmistuessa (Koivunoro, haastattelu 2016).

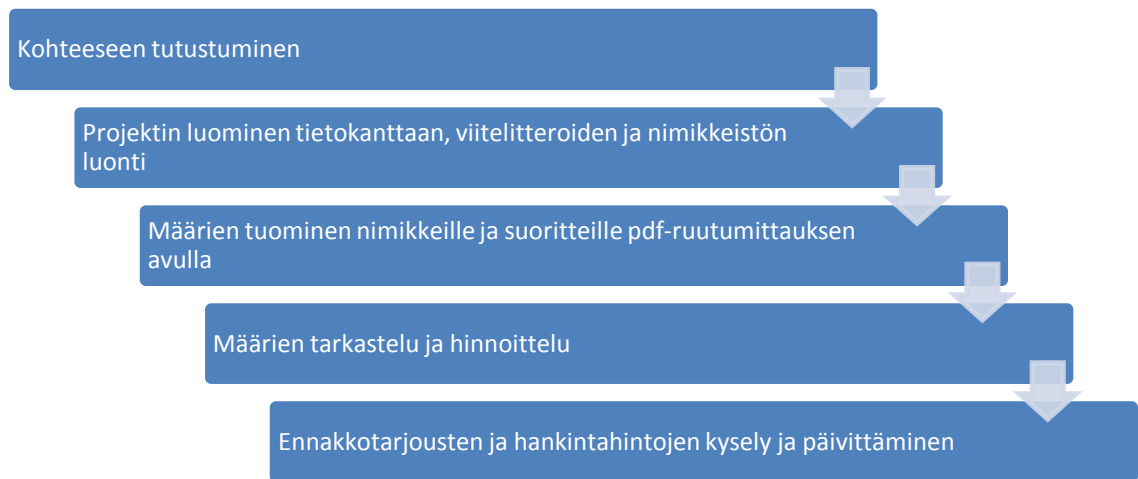
Monesti Estimodel versiota ei nykyisellä toimintatavalla toteuteta kuin yleensä yksi versio ja se unohdetaan hankkeen edetessä. Tästä johtuen myöskään Estimodel arviota ei useinkaan viedä kustannusarvion pohjaksi TCM ohjelmassa. Silloin TCM ohjelmassa otetaan nimikkeistö pohja kopiaimalla jokin toteutunut aikaisempi vastaava kohde ja muokkaamalla sen nimikkeitä, suoritteita, määrä- ja hintatietoja (Penttala, haastattelu 2016). Tällaisessa toimintatavassa tieto ei juurikaan kulkeudu hankkeen vaiheesta toiseen vaan kustannusarvio aloitetaan ilman suunnitteluvaiheen tietoja.

Voidaankin todeta, että jopa yksikön sisällä toimintatapa vaihtelee riippuen henkilöstä eikä käytössä ole varsinaisesti mitään vakiintunutta yhteistä toimintatapaa tai prosessia. Niinpä uuden kustannuslaskentaprosessin toivottiin ottavan paremmin huomioon suunnittelu-aikainen kustannusohjaus ja jatkuvan hankkeen vaiheesta toiseen (Koivunoro, haastattelu 2016).

Yleinen periaate on, että kustannuslaskija laskee pääryhmät 1-7 Talo 80 –nimikkeistön mukaan ja pääryhmät 8 sekä 9 lasketaan yhdessä tuotannon henkilöstön kanssa. Kustannuslaskentaprosessi alkaa TCM ohjelmaan siirryttäessä kohteeseen tutustumisella, kohteen luomisella tietokantaan ja viitelitteroiden sekä nimikkeiden tuonnilla projektille. Tämä jälkeen nimikkeille ja suoritteille tuodaan määriä pdf-ruutumittausta käyttäen. Määrätiedot tuodaan TCM ohjelmaan manuaalisesti käsin tai Excel-tiedoston avulla. Tämän jälkeen suoritetaan määrien tarkastelu, hintojen läpikäynti ja tarkastus sekä ennakkotarjousten ja hankintahintojen kysely sekä päivitys yhdessä hankintaosaston kanssa. Lopuksi

kustannusarvion käydään läpi tuotannon asiantuntijoiden kanssa (Kilpeläinen, haastattelu 2016).

Yleisimmin asuntokohteen lopullisen kustannusarvion laskentaan varataan yhden kustannusinsinöörin kuukauden työresurssi eli noin 20 työpäivää. Yksi kustannuslaskija muodostaa koko kustannusarvion pääryhmätasolla 1-7. Kilpailu-urakoissa määrällistat tulevat lähes aina ulkopuoliselta määrälaskentatoimistolta, jolloin kustannuslaskijalle jää pelkäämään hinnoittelu ja määrätietojen tarkistaminen. Omaperusteisissa ja hankekehityksen kohteissa kaikki määrätieto tulee tuottaa laskijan itse. Talotekniikan hankintahinta määritetään usein vain toteutuneiden hankkeiden tunnuslukujen avulla kohteen laajuuslukuihin perustuen, eikä määriä välttämättä lasketa ollenkaan. Viime vuosina tietomalleja ollaan hyödynnetty kustannuslaskennanprosessissa niin, että NCC:n VDC-tiimi on toimitanut ennakkoon sovitun rakenteen mukaisen määrällistän mallitiedon pohjilta (Kilpeläinen, haastattelu 2016). Käytössä oleva kustannuslaskentaprosessi on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Kustannuslaskentaprosessi asuntorakentamisen yksikössä (Kilpeläinen, haastattelu 2016)

Kohdeyrityksen yleisimpien asuntokohteiden taloteknisissä töissä LVI ja sähkö ovat yleensä omina urakkoinaan. LVI- ja sähköurakoiden määriä on laskettu ulkopuolisella insinöörifirmalla, jotta tarjottujen urakoiden määriä voidaan vertailla. Yrityksen sisältä ei talotekniikan määrien laskentaan ole löytynyt resursseja (Ågren, haastattelu 2016).

Talotekniikan hankinnoissa tarjoukset kysytään yleisimmin paperikuvien ja sähköisten kuvien avulla. Haastatteluiden perusteella usealta urakoitsijalta puuttuu osaaminen laskennan suorittamiseen edes sähköisten dokumenttien pohjalta. Kaikissa tämän hetkisissä talotekniikan hankinnoissa tarjouksen jättävien urakoitsijoiden toimesta lasketaan talotekniikan määrät (Ågren, haastattelu 2016).

Vaikka talotekniset hankinnat olisikin mahdollista määrittää melko tarkasti referenssi-kohteiden ja laajuustietojen perusteella on sellaisessa toimintatavassa riskinsä. Laajuus-

tietojen vertailu on tehtävä kohteeseen, jossa on käytössä yhtenevät taloteknisetjärjestelmät. Vertailtava kohde pitää osata tunnistaa, mikä on todettu haastateltavan mukaan hankalaksi, muuten arvio ei ole luotettava (Ågren, haastattelu 2016).

Käytössä olevat kustannushallinnan menetelmät kohdeyrityksessä nähtiin melko ongelmalliseksi ja vanhanaikaseksi. Monen mielestä varsinkin kustannusarvioiden ja kustannushallinnan läpinäkyvyydessä olisi paljon parannettavaa (Lund, haastattelu 2016). Hyvin usein kustannuksiin liittyvä tieto on henkilöillä itsellään eikä se jalkaudu eteenpäin. Tällöin esimerkiksi kustannusarvioiden ymmärtäminen muille kuin laskennan suorittaneelle henkilölle on hankalaa ja kustannusarvion määräytyminen on hyvin henkilöriippuvaista (Heiskanen, haastattelu 2016).

4.3.2 Kustannusohjaus

Haastatteluissa nähtiin selväksi tulevaisuuden kehityskohteeksi suunnitteluajaisen kustannusohjauksen kehittäminen. Monesti projektien ohjaus hankkeiden alkuvaiheessa nähtiin melko hankalaksi, sillä hankkeita suunnitellaan pitkään, mutta tuotannon aloittamisesta ei ole mitään takeita. Suunnitelmien valmistuessa kohde vieään kustannusinsinöörin pöydälle ja vasta kustannusarvion valmistuessa saadaan tietää, onko hanke kannattavaa toteuttaa. Pahimmassa tilanteessa kuukausien suunnittelutyö menee hukkaan, jos hanketta ei ole taloudellisesti kannattavaa toteuttaa (Piira, haastattelu 2016).

Nykyisellä toimintatavalla kustannusarvioiden tekeminen aloitetaan käytännössä vasta, kun kaikki kuvat ja suunnitelmat ovat valmistuneet. Tällöin suunnitteluajaisesta kustannustietoa ei juuri saada ja kustannusohjausta on mahdoton toteuttaa. Monesti suunnitelmat valmistuvat vaiheittain, joka loisi hyvät mahdollisuudet hankkeiden kustannusohjaukselle. Nykyinen toimintatapa ja järjestelmä ei taivu hankkeeseen, jossa kustannusarvio haluttaisiin muodostaa vaiheittain valmistuvilla kuvilla (Koivunoro, haastattelu 2016).

Tämän takia suunnitteluajaiselle kustannusohjaukselle toivottiin varsinkin projekti-päälliköiden ja projekti-insinöörien puolesta toimivaa sekä helppokäyttöistä työkalua tai toimintatapaa. Nykyinen kustannuslaskennan ja -ohjauksen toimintatapaa ei koettu riittävän nykyaikaiseksi ja läpinäkyväksi. Nähtiin, että kustannuslaskennalle pitäisi luoda toimintatapa, jossa tieto siirtyisi paremmin eikä tietoa häviäisi siirryttäessä suunnitteluajaisesta kustannusohjauksesta lopulliseen tarjoushinnan määrittämiseen. Kustannuslaskennanprosessilta toivottiin jatkuvuutta ja nähtiin, että iteroivalle toimintatavalle olisi iso tarve varsinkin hankekehityksen tarpeisiin (Törrönen, haastattelu 2016).

4.3.3 VDC ja sen hyödyntämien

Virtual Design and Construction, jäljempänä VDC, voidaan kääntää suomeksi muotoon virtuaalinen rakentaminen. Tällä tarkoitetaan laajaa digitaalista toimintaympäristöä, johon kuuluu tietomallintamisen lisäksi eri toimijoiden välinen kanssakäyminen ja suunnittelu,

hankkeen seuranta sekä erilliset rakentamiseen liittyvät tehtävät. VDC-viitekehityksen alle lukeutuu erilaisia tekniikoita ja työkaluja, joihin myös tietomallintaminen ajatellaan kuuluvan. Työkaluja löytyy esimerkiksi prosessin, tuotteen ja asennusjärjestyksen suunnittelua varten. Myös VDC tukee Lean-toimintaa. (Suokas 2015)

Kohdeyrityksessä on käytössä VDC-toimintatapa. VDC on Stanfordin yliopiston kehittämä menetelmä hallita, organisoida ja analysoida suunnittelua, projektihenkilöiden toimintaa sekä tuotantoa. VDC on NCC:n tapa toimia tietomallinnusta hyödyntävissä projekteissa. VDC on muutakin kuin tietomallinnus. VDC yhdistää Lean filosofian toimintatavat ja työkalut, uudenlaiset prosessit ja tietomallintamisen. VDC:n filosofia koostuu mittareista, kaikkea mitä tehdään, tulee olla mitattavissa (Lennox, haastattelu 2016).

Tapaan hyödyntää tietomalleja vaikuttaa yritystasoinen näkemys tietomallien hyödyntämisestä – onko tietomallien hyödyntämiseen liittyvä asiantuntijuus keskitetty vai hajautettu. NCC:n valitsemassa toimintatavassa asiantuntijuus on keskitetty VDC-tiimiin. VDC-tiimi luo ja jalkauttaa yrityksen tietomallien käyttöön liittyvät toimintatavat. (Parkkinen 2013)

4.4 Uudistetun toimintamallin ominaisuudet

4.4.1 Vaatimukset uudistetulle kustannushallinnanprosessille

Kohdeyrityksen pääasiallinen työkalu suunnitteluajankaiseen kustannusohjaukseen on Estimodel ohjelma, jossa kohteen laajuustietojen perusteella saadaan määritettyä peittävä kustannusarvio. Ohjelma tekee tilojen perusteella oletuksia tarvittavista rakenteista ja suoritteista, joiden määriä voidaan tarkentaa suunnitelmatiedon päivittyessä (Kerkkänen, haastattelu 2016). Estimodel ohjelman lisäksi jokaisella yksiköllä on omat tuotannon reseptikirjastot TCM ohjelmassa ja osa kustannustiedosta tulee suoraa kausisopimuksista. Estimodel on numeerinen malli, tärkeänä nähtiinkin, että ensin kohdeyrityksessä hyödynnettäisiin numeerista mallintamista ja sen jälkeen tietomallintamista.

Monesti valmiissa tietomallipohjaisissa kustannuslaskentaprosesseissa määrätiedot kohdistetaan tuoterakenteille automaattisesti linkityksen avulla. Tällaisessa tilanteessa kustannuslaskentaohjelma vie valmiiksi ryhmitellyn määrätiedon toisesta ohjelmasta tai tiedostosta (Lennox, haastattelu 2016). Tämän tyyllisen automatisoinnin hyödyntämiseen suhtauduttiin haastatteluissa vaihtelevasti. Osa haastateltavista koki, että pyrkimys on koneluettavaan muotoon, jolloin automaattilinkityksen käyttö ja toimiminen ovat välttämättömiä (Törrönen, haastattelu 2016). Toisaalta taas moni näki tilanteen niin, että kohdistamisen jälkeen tehtävä tarkistus ja valvonta veisi automaattisessa linkityksessä saman tai jopa enemmän aikaa kuin silloin, jos määrät siirrettäisiin manuaalisesti (Penttala, haastattelu 2016).

Varsinkin jo kertaalleen lasketun määrätiedon jakamisessa ja jalostamisessa nähtiin haastatteluiden osalta isoja puutteita. Määrätietoa ei jaeta eteenpäin muille toimioille, jolloin samat määrät lasketaan mahdollisesti saman vaiheen suunnitelmilla useaan kertaan niin hankinnan, laskennan kuin työmaankin toimesta. Tarjousvaiheessa laskettu määrätieto tulisi olla jaettavissa työmaalle ja hankintaa. Monesti laskenta toteutetaan sijainneittain, tavalla josta oli tuotannollekin hyötyä. Varsinkin tietomallipohjaisen laajuustiedon hyödyntämistä työmaiden sisävalmistusvaiheen aikataulutuksessa sekä tuotannon ohjauksessa nähtiin tärkeänä (Heiskanen, haastattelu 2016).

Monen haastateltavan mielestä uusien toimintatapojen käyttöönotossa, varsinkin tietotekniikkaan liittyvissä, ollaan hyvin kriittisiä sen toimivuuden suhteen. Siksipä monien mielestä uudenlainen prosessi pitäisi olla hyvin testattu ja loppuun asti hiottu ennen niiden käyttöönottoa. Toimintatavoista pitäisi olla tuotettuna myös selkeät ohjeet aina ennen toimintamallien käyttöönottoa (Törrönen, haastattelu 2016).

Tavoitteet kustannusprosessin uudistamiselle oli, että prosessi tulisi olemaan jatkuva ja iteroiva prosessi (Törrönen, haastattelu 2016). Monesti myös nähtiin, että kustannuslaskenta tulisi sulauttaa muuhun hankkeenjohtamiseen. Sille tulisiko määrätieto kohdistaa automaattisesti kustannusarvioon nähtiin monimutkaisempana kysymyksenä. Osa vastaajista oli sitä mieltä, että automatisoitu linkitys kustannusarvioon on pakollinen, jotta kustannuslaskennasta saadaan algoritmisen laskentatehon hyödyt irti. Tulevaisuudessa kustannuslaskenta nähtiin yön yli tapahtuvana hinnan päivitysprosessina, jossa analyysit tuotetaan päivän suunnitelmien mukaan automaattisesti (Törrönen, haastattelu 2016). Toisaalta automatisoitu linkitys kustannusarvioon nähtiin riskialttiina, eikä sen uskottu tuovan haluttua hyötyä. Automatisoinnissa nähtiin ongelmana varsinkin laadunvarmistus. Virheelliset linkitykset ja määrätiedot koettiin riskinä automatisoinnissa sekä nimikkeiden tarkistaminen automaattisen linkityksen jälkeen koettiin isotöiseksi (Kilpeläinen, haastattelu 2016).

Kohdeyrityksellä on tällä hetkellä käytössään kolme kustannuslajia: omatyö-, aliurakointi- ja materiaalikustannukset. Haastatteluissa tuli ilmi, että neljännen kustannuslajin käyttöönotto voisi olla perusteltua rakenteiden suojauksen, työmaiden jätehuollon ja rai-vauksen kustannuksille. Näin ollen kustannuksia voitaisiin kohdistaa tehtäville, jolloin kustannusarvioinneista ja myös kustannusseurannasta tulisi huomattavasti helpompaa ja läpinäkyvämpää, kun kustannukset kohdistuivat tietyille tehtäville (Törrönen, haastattelu 2016).

Kustannushallinnan prosessilta toivottiin avoimuutta, läpinäkyvyyttä ja jatkuvuutta. Tulevaisuuden kannalta tärkeänä nähtiin, että kustannushallinta tukisi parhaimmalla mahdollisella tavalla avoimen rakentamisen periaatteita ja olisi sovellettavissa kohteisiin, joissa rakennetaan kiinteä perusosa ja muuttuva tilaosa erikseen (Törrönen, haastattelu 2016).

Yhtenä tärkeänä näkökohtana asiaan liittyen nähtiin määrälaskennan jalostaminen kustannuslaskentaprosessin yhteydessä panostasolle saakka. Monesti määrätieto lasketaan vain suoritteille asti, jolloin laskettua määrätietoa on hankala käyttää suoraan tuotannon suunnittelussa ja työmaan aikataulujen laadinnassa (Törrönen, haastattelu 2016). Kun määrätiedot on laskettu panoksille asti, tiedetään suoraan eri työvaiheiden suorittamiseen kuluva aika ja osataan arvioida esimerkiksi taloteknisten töiden vaatimia aikoja huomattavasti tarkemmin (Ågren, haastattelu 2016).

Tärkeimpänä asiana uuden prosessin käyttöönotossa nähtiin määrätiedon oikeellisuus. Määrätiedon tulee olla oikein, aina. Mikäli tietokoneen laskeman määrätiedon oikeellisuudesta tulee edes epäilyksiä, on uusia toimintatapoja käytännössä hyvin hankala saada käyttöön enää sellaisenaan (Lennox, haastattelu 2016). Yksinkertaisuus, sujuvuus ja keveys nähtiin uuden prosessin tehokkaan käyttöönoton edellytyksinä. Monille haastateltaville tämä tarkoitti esimerkiksi sitä, että rakenneosat olisi ryhmiteltävissä ja jaoteltavissa monella eri tavalla ja määrätieto olisi hyödynnettävissä juuri siinä yksikössä missä jokainen sen haluaa.

Määrätiedon itsenäinen tuottaminen koettiin myös tärkeäksi prosessin sujuvuuden kannalta. Ulkopuolisen toimijan tuottamat määrälisäykset koettiin hankalaksi prosessin sujuvuuden kannalta ja eduksi nähtiin, että jokainen pystyisi itse ottamaan tarvitsemansa määrätiedon suoraan mallista. Näin ollen kustannusarvion laadunvarmistus ja määrätiedon oikeellisuuden arviointi olisivat selkeämpää, kun tiedon tarvitseva osapuoli sen suorittaisi (Penttala, haastattelu 2016).

Suunnitelmamuutosten havaitseminen kustannushallinnan kannalta nähtiin tärkeäksi. Nykyisellä toimintatavalla on vaikeaa todeta tuotantovaiheen suunnitelmien muutokset tarjousvaiheen suunnitelmista. Käytännössä tämän rooli on iso varsinkin kilpailu-urakoissa, jossa kohde lasketaan ja tarjotaan, sen vaiheen suunnitelmien mukaan. Mikäli suunnitelmiin tulee laskennan jälkeen suuria materiaali- tai määrämuutoksia, tulisi myös hinnan muuttua. Kohdeyrityksestä kerrottiin, esimerkkinä että puuikkunoita saattaa muuttua metalli-ikkunoiksi, jolloin rakennusvaiheen lopussa ihmetellään, kun kustannusarvio ei täsmää toteutuneisiin kustannuksiin (Heiskanen, haastattelu 2016).

Uutta toimintatapaa määrittäessä nähtiin tärkeänä, ettei prosessia muuteta liikaa, jotta sen jalkauttaminen olisi mahdollisimman sulavaa. Sopivana mahdollisuutena nähtiin esimerkiksi ratkaisu, jossa uusi tietomallipohjainen toimintatapa sisällytettäisiin alkuperäiseen prosessiin. Tällöin alkuperäistä prosessia muokattaisiin hieman tai siihen lisättäisiin vaihe, joka liittäisi tietomallit mukaan (Törrönen, haastattelu 2016).

Tietomallipohjaisen määrätiedon oikeellisuudessa nähtiin myös tiettyjä ongelmia. Ongelmana nähtiin varsinkin tuntematon tekniikka tietomallintamisen takana ja varsinkin, ettei yleisiä tietomallintamisen periaatteita tunneta riittävän hyvin. Tämä asettaa rajoituksia

tietomalleista saatavien määrätietojen vapaalle käytölle. Riippuen käytettävästä tietomallinnusohjelmasta, kaikki objektien määrätieto ei ole suunniteltua, jolloin määrätiedon käyttäjän tulisi tuntea perusteet tietomallintamisen toimintatavoista. Monesti esimerkiksi arkkitehdin ikkunaobjekteissa on suunnittelematonta määrätietoa, joka tulee osata arvioida ennen sen käyttöä (Lennox, haastattelu 2016).

Tietomallien sekalaisen ja ylimääräisen attribuuttitiedon takia on kohdeyrityksessä päädytty kehittämään tiedonstandardointia tietomallitiedostojen julkaisuiden yhteydessä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jokainen tietomallien IFC-tiedosto käsitellään ennen, kuin niitä annetaan vapaaseen käyttöön tuotantoon. Käsittelyssä IFC-tiedostossa sen sisältämä tieto järjestetään tietyn ennalta määrätyn muotoon mukaan ja vain tietyille attribuuteille päästetään suunnitellussa muodossa tietoa. Näin ollen IFC-tiedostokäännössä syntyvä ”kohina” ja epäjärjestys saadaan poistettua tai järjesteltyä käytettävään muotoon ja taataan käytettävän tiedon oikeellisuus (Lennox, haastattelu 2016).

Kustannusarviointiin käytettävä Estimodel ohjelma nähtiin hyvänä lisänä kustannuslaskennan prosessiin, jossa jatkuvuus tulee toiminnalla, jossa ensimmäisestä kustannusarviosta jalostuu lopullinen tarjousvaiheen kustannusarvio (Lennox, haastattelu 2016). Estimodel ohjelma on numeerista mallinnusta ja sillä kaikki hankkeet tulisi aloittaa. Tietomallintaminen tulee numeerisen mallintamisen jälkeen ja jalostuu matkalla siihen muotoon kuin hanke sen määrittelee (Kerkkänen, haastattelu 2016).

Prosessin muutosjohtaminen ja johtajuus yleisesti nähtiin tärkeänä uuden prosessin käyttöönoton onnistumisen kannalta (Kerkkänen, haastattelu 2016). Moni haastateltava halusi myös nostaa esille, että vaikka prosessia määritetäänkin nyt asuntorakentamisen yksikön tarpeisiin, tulisi sen tukea koko NCC Suomea ja tulisi olla käytettävissä koko konsernin laajuudessa (Lennox, haastattelu 2016).

Uudelta prosessilta ja määrätiedon tuottamistavalta toivottiin paljon muokattavuutta sekä mahdollisuutta ryhmitellä määrätieto jokaiselle haluamallaan tavalla. Joidenkin haastateltavien mielestä nykyinen ajattelutapa, jossa kustannuslaskentaohjelma ja tietomallin määrälaskentaohjelma ovat erillisiä, on nurinkurinen. Tulevalta prosessilta toivottiinkin mahdollisuutta kustannuslaskentaohjelmaan, jossa tietomalli tuotaisiin ohjelman sisään, jolloin kohdistus voitaisiin tehdä molempiin suuntiin. Käytännössä molempiin suuntiin kohdistamisella tarkoitetaan, että tietomallista voidaan viedä määrätietoa kustannusarvion litteroille, mutta myös toiseen suuntaan tämä olisi mahdollista, jolloin kustannusarvion litteran valitsemalla tietomallista maalautuisi siihen määrään kuuluvat rakennusosat (Kilpeläinen, haastattelu 2016).

Aiheeseen liittyen nähtiin tärkeäksi, ettei lähdetä määrittämään tietomallien tietosisältöä liian tarkasti tai vaatimaan suunnittelijoilta tietynlaista tapaa tallentaa suunnittelutietoa attribuutteihin. Jos aihetta lähestytään niin, että tiettyjen tietojen sijaitseminen attribuuteihin.

teissa tulee olla hyvin vahvasti määriteltynä prosessin kannalta, koko prosessi hankaloituu. Prosessia ei pidä virittää niin tarkaksi, että esimerkiksi rakennetyyppitieto tulisi löytyä aina samasta IFC-tiedoston kentästä. Kaikkia suunnittelutoimistoja ja tietomallinnusohjelmia on hankala saada toimimaan niin suunnitellusti (Teittinen, haastattelu 2016).

Lean-periaatteiden mukaisesti tietoa tulisi jakaa eteenpäin aina pienissä osissa sen valmistuessa eikä yhtenä kokonaisuutena, kuten suunnitelmien kohdalla yleensä toimitaan. Kustannuslaskennan kannalta ajateltuna, hankkeessa käytettävät rakennetyypit tulisi saattaa laskijan tietoon jo ennen laskenta-aineiston toimitusta. Näin ollen laskija voisi hinnoitella rakennetyypit jo valmiiksi ja laskea määrät vasta suunnitelmien valmistuessa kokonaan (Teittinen, haastattelu 2016).

Tietomallipohjaisen määrähallinnan mahdollisuudet ovat tärkeitä myös hankintatoimen ja varsinkin taloteknisten hankintojen osalta. Hankkeissa tulisi olla mallinnettuna kaikki talotekniikka jo tarjouslaskentavaiheessa, jolloin määrälliset saataisiin suoraan mallista. Määrälistojen perustella urakat tarjottaisiin, jolloin urakoitsijat vain hinnoittelisivat määrällisten tarjouksessaan. Määrät tarkistettaisiin vielä urakkaneuvotteluissa uudestaan. Tällaisella toimintatavalla hankintatoimi pystyisi määrittämään talotekniikan teknisen hinnan määrällisten avulla. Talotekniikan massalisten laskenta pitäisi saattaa panostasolle asti, jolloin tarvittavat työtunnit tiedettäisiin ja aikataulus helpottuisi. (Ågren, haastattelu 2016)

Kokonaisuudessaan uudistetun kustannuslaskennan prosessi tulisi olla jatkuva alusta loppuun. Alkuun tehtävästä karkeasta-arviosta voitaisiin saumattomasti jatkaa suunnitelmien edetessä. Tämä edellyttää myös sitä, että suunnittelunohjauksesta, projektinjohtamisesta ja kustannuslaskennasta vastaavien henkilöiden tulisi toimia tiiminä ja tehdä asioita yhdessä. Kustannusinsinöörit pitäisi ottaa mukaan hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa, jolloin laskennassa ei tarvitsisi tehdä niin paljon oletuksia (Koivunoro, haastattelu 2016).

4.4.2 Haasteet toimintamallin käyttöönotossa

Uuden toimintatavan jalkauttamisessa nähtiin isoimpana haasteena vanhojen toimintatapojen muuttaminen. Muutosjohtaminen nostettiin useasti esiin tärkeänä osana silloin, kun halutaan muuttaa totuttuja prosesseja ja toimintatapoja (Kerckänen, haastattelu 2016). Tietomallipohjaisen kustannushallintaprosessin suurimpina esteinä nähtiin ihmiset, prosessit ja toimintatavat. Henkilöstön tietotekninen osaaminen nähtiin osittain merkittäväksi ongelmaksi toimintatavan jalkauttamisen kannalta (Lennox, haastattelu 2016).

Tietomallinnuksen tilaamista ja tavoitteiden laatimista tietomallintamiselle pidettiin myös hienoisena ongelmana, vaikka tietomallinnuksen tilaamisen määrittäminen ja mallintamisen aloituspalaverien vastuu ovatkin aina VDC-tiimillä. Yhteisten ja riittävän

tarkkojen tietomallinnusohjeiden puuttuminen on pitkään ollut yksi isoimmista ongelmista juuri tietomallipohjaisen laskennan kannalta, mutta vuoden 2016 alussa ilmestyneiden mallinnusohjeiden myötä tämän uskottiin muuttuvan (Lennox, haastattelu 2016).

Esteenä uusien toimintamallien käyttöönotolle nähtiin yksiköiden ja osastojen väliset erot kustannushallintaan liittyvissä toimintatavoissa. Laskenta on hyvin yksikkö-, osasto- ja henkilöriippuvaista eikä varsinaista yhteistä standardia tai toimintatapaa ole kohdeyrityksessä saatu käyttöön halutussa laajuudessa (Törrönen, haastattelu 2016). Joidenkin haastateltavien mielestä laskentaprosessi on jo tarpeeksi tarkka eikä sitä pystyttäisi enää kehittämään. Joidenkin mielestä toimivan työkalun kehittäminen veisi niin paljon resursseja ja rahaa ettei sellaista kannata itse kehittää vaan odottaa, että markkinoilla on tarjota valmis kohdeyritykselle sopiva ohjelmisto (Penttala, haastattelu 2016).

Joidenkin haastateltavien mielestä tietomalleja ei ole riittävän aikaiseen saatavissa tai ne eivät ole riittävät kustannuslaskentaa silmällä pitäen (Kerkkänen, haastattelu 2016). Valtaosan kohdeyrityksen haastateltavien mielestä kuitenkin tietomalleja on riittävästi ja riittävällä tarkkuudella saatavissa kustannuslaskennan tarpeisiin. Yksittäisenä ongelmana nähtiin puhtaat kilpailu-urakat, joissa mallien saatavuus riippuu täysin tilaajasta. Monesti urakkakilpailukohteissa tilaaja on saattanut vaatia tietomallin käyttöä rakennesuunnittelun osalta, mutta tietomalli ei aina ole tarjouta tekevien käytössä tai mallit ovat joko liian keskeneräisiä (Lund, haastattelu 2016). Tämän takia haastateltavat kokivat, että uudistetun toimintatavan tulisi tukea myös puhtaita urakkakohteita, joissa tarjoukset täytyy ainakin vielä lähitulevaisuudessa tehdä dokumenttipohjaisesti. Moni haastateltava uskoi, että urakkakohteissakin olisi kattavat tietomallit saatavissa eri suunnittelualoilta lähivuosina. Tilaajat eivät yleisesti myöskään sitoudu tietomallien määrätietoihin, koska malleihin ei luoteta. Tämä nähtiin ongelmana sen takia, että tietomallintamista ei tunneta riittävän hyvin eikä malleihin yleisesti vielä luoteta. Tämän kuitenkin uskottiin parantuvan lähivuosina yleistyvän käytön myötä (Koivunoro, haastattelu 2016).

Haastatteluissa tuli ilmi, että kohdeyrityksen hankinta- ja laskentayksiköt käyttävät eriäviä nimikkeistöjä ja pansrakenteita, joka aiheuttaa huomattavia ongelmia yksiköiden väliselle yhteistyölle ja tiedonsiirrolle. Nähtiinkin tärkeäksi tutkia, miten nimikkeistöt voitaisiin mahdollisimman sulavasti yhtenäistää lähitulevaisuudessa (Ågren, haastattelu 2016).

Joidenkin haastateltavien mielestä muutosvastarinta on merkittävää uusia toimintamalleja ja varsinkin tietomalleja kohtaan. Toisaalta taas joidenkin mielestä osaaminen ei ole vielä riittävää, mutta tahtotila uudistumiseen on kova. Monien haastateltavien mielestä uudistuminen ja tietomallien hyödyntämisen käyttöönotto varmasti parantaisi kustannustehokkuutta. Monien haastateltavien mielestä kaikilla, jotka haluavat ja osaavat tietomalleja hyödyntää, tulisi siihen olla mahdollisuus, koska todennäköisesti silloin omaa työtään voisi tehostaa ja helpottaa (Lund, haastattelu 2016).

Asiaan liittyen nähtiin myös tärkeänä, ettei prosessia lähdetä määrittelemään liikaa vain yhden ohjelmiston avulla, vaan muutos ja sen ominaisuuksien määrittäminen tapahtuisi prosessi edellä. Tietomalleihin liittyvien ohjelmistojen vaihtuvuus nähtiin suureksi, uusia ohjelmia tulee markkinoille nopealla tahdilla, jolloin osa vahoista pitkään käytössä olleista ohjelmistoista poistuvat käytöstä. Yhden ohjelman avulla ei ratkaista kaikkea problematiikka tietomallipohjaisen kustannuslaskennan osalta vaan asiat pitää hahmottaa prosessin kautta (Lennox, haastattelu 2016).

Kriittisyys uusia toimintatapoja kohtaan nähtiin merkittävän haastatteluiden perusteella. Tietotekniikkaan ja uusiin toimintamalleihin suhtaudutaan usein kriittisemmin, jolloin toimintamalli sekä käytettävä tuote tulisi olla käyttöönotettaessa täysin valmis tai se hylätään nopeasti. Uusissa tuotteissa ja toimintamalleissa ei suvaita samalla tavalla puutteita kuin jo käytössä olevissa ja sisäistetyissä toimintatavoissa (Lennox, haastattelu 2016).

Suurimpina ongelmina toimintamallien jalkautuksessa nähtiin eriävät nimikkeistöt, standardit ja toimintatavat sekä tietotekninen osaaminen ja tahtotila. Joidenkin haastateltavien mielestä koko henkilöstö ei pysty ottamaan käyttöön uusia toimintatapoja tehokkaasta, mutta sitä ei nähty niin suurena ongelmana, koska uusi sukupolvi on jo lähtökohtaisesti osaavampi tietoteknisten ratkaisuiden kanssa. (Liite 5)

4.4.3 Tietomalleista saatavan määrätiedon osuus

Kaikkien haastateltavien mielestä tietomalleista on mahdollista saada noin 60-80% kaikesta tarvittavasta määrätiedosta. Asian suhteen oltiin hyvinkin yksimielisiä eri haastateltavien kesken (Liite 5). Kirjallisuustutkimuksen lähteissä puhuttiin myöskin 80/20 suhteesta, jossa 80% rakennushankkeessa laskettavasta määrätiedosta on mahdollista saada tietomallista ja 20% määrätiedosta tulee johtaa tai laskea muista dokumenteista. Tämä arvio esiintyi kirjallisuustutkimuksessa käytetyissä lähteissä ja samaa sääntöön myös haastatteluissa viitattiin, joten tutkimuksen perusteella voidaan olettaa arvion pitävän melko hyvin paikkansa.

Joidenkin haastateltavien mukaan saatavaan määrätiedon suuruuteen ei saisi liikaa kiinnittää huomiota. Haastatteluissa tuotiin esiin esimerkkisi näkökohta, jossa mallista saataisiin 60% kaikesta määrätiedosta. Jos määrätiedon tuottamiseen tietomallista menisi, puolet siitä ajasta, mitä perinteisellä tavalla laskettuna, saataisiin silti laskentaan käytettävää aikaa merkittävästi lyhyemmäksi. Vaikka manuaalista työtä jäisikin eikä tietomallista saataisi kaikkea määrätietoa, prosessi tulisi silti kokonaisuudessaan tehostumaan huomattavasti (Teittinen, haastattelu 2016).

Haastatteluiden perusteella tilanteeseen vaikuttaa aina se, miten tietomallit on tilattu ja kuinka tarkasti ne on mallinnettu. Haastateltavien mielestä, vaikka 80/20 pitää melko hyvin paikkaansa, riippuu tilanne aina loppujen lopuksi siitä, kuinka tarkasti mallintaminen

on tilattu. Kustannusarvion pääryhmiä 1, 8 ja 9 on hankala saada mallista suoraan. Pääryhmät 8 ja 9 ovat työmaan käyttö- ja yleiskustannuksia, joita ei varsinaisesti suunnitelmien perusteella suoraan lasketa. Ensimmäiseen pääryhmään liittyvät maa- ja pohjarakenteet ovat yleensä hankala saada mallista suoraan, koska niitä ei juurikaan mallinnetta. Kohdeyritykseen on viimevuosina ollut tapana mallintaa itse kallionpinnat, louhintasyvyudet ja pohjarakenteet perinteisten dokumenttien avulla ja laskea mallista louhintaja täyttömääriä. Tämä on koettu erittäin hyödylliseksi, sillä monimuotoisten tonttien ja vaihtuvien kallionpintojen takia määriä on muuten hyvin epätarkkaa ja hidasta laskea (Lund, haastattelu 2016).

Haastatteluissa tuli esille muutamia konkreettisia asioita, joiden kanssa on vielä hankaluuksia tietomallipohjaisessa määrälaskennassa. Tällaisia ovat esimerkiksi väliaikaiset rakenteet, joita hyvin harvoin mallinnetaan, detaljitason asiat ja liitokset, sähköasiat ja –kotelot, varusteet ja kalusteet, kääntökivet sekä ikkunoihin liittyvät rakenteet (Jäkärä, haastattelu 2016). Käytännössä kuitenkin kaikki mikä on mallinnettu, voidaan hyödyntää laskennassa.

Tärkeimpänä asian mallista saatavan määrätiedon osuuteen nähtiin selkeä määrittely tietomallintamiselle, mihin mallia käytetään sekä mitä mallinnetaan. Varmastikaan kaikkea rakennukseen sisältyvää ei tulla koskaan saamaan mallista suoraan, eikä niin ole ehkä tarvettakaan. Haastatteluista tuli ilmi, että tietomalleista on mahdollista saada paljonkin määrätietoa, mutta etukäteen tulisi miettiä tarkasti, mitä on järkevää mallintaa. Kaikki mallinnettavat tiedot tuottavat lisätunteja suunnittelijoille, josta taas syntyy kuluja. Erittäin tärkeää on miettiä etukäteen, kuinka tarkasti mallintaminen on syytä tehdä, jotta suunnitteluun panostetut resurssit on mahdollista saada takaisin hankkeen muissa vaiheissa (Teittinen, haastattelu 2016).

4.4.4 Tiedonsiirto ja kustannustiedon linkitys

Tietomallipohjaisen kustannushallinnan prosessin isoimpina kompastuskivinä uskottiin, jo ennen tutkimuksen aloittamista olevan tiedonsiirto ohjelmien välillä ja määrätiedon kohdistaminen kustannustietoon. Nämä olivat myös kirjallisuus- ja haastattelututkimuksien perusteella merkittäviä ongelmia, jotka tulisi ratkaista ja tutkia kattavasti ennen toimintatavan käyttöönottoa. Tiedonsiirtoon liittyvät ongelmat ja rajoitteet nähtiin varsin ongelmallisina uuden toimintatavan käyttöönotossa. Mikäli tiedonsiirto eri ohjelmien välillä tai määrätiedon muuttaminen kustannustiedoksi koetaan hankalaksi, jää uuden toimintatavan hyödyt nopeasti tällaisten ongelmien varjoon.

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan osalta pidettiin tärkeänä näkökohtana, että asetetaan vaatimuksia siirrettävälle tiedolle eikä niinkään sille tavalle tai mekanismille, jolla tietoa tuotetaan. Parametrisessa mallintamisessa objektien tietoja voidaan tallentaa eri parametreihin eri tavalla aina ohjelmistosta ja sen tietystä versiosta sekä mallinnettavasta

objektista riippuen. Joissain yhteyksissä asiaa on lähennetty riskialttiilla lavalla, jossa tietomallinnusta tilataan tiettyjen valmiiksi rajattujen mekanismien avulla. Riskialttiiksi tämän tekee se, että tietomallinnusohjelmia on monia ja jokaiselle ohjelmalle on monia erilaisia IFC-kääntöön tarkoitettuja ohjelmia. Mikäli prosessia lähdetään virittämään sille tasolle, että jokin tieto pitää jokaisesta objektista löytyä tietystä ennalta määrätystä kohdasta, tulee prosessista nopeasti melko raskas (Teittinen, haastattelu 2016). Prosessin sujuvuuden kannalta nähdäänkin tärkeänä, että ennakkoon on määritelty mitä tietoa mallista tulee löytyä, mutta tiedonkäyttäjä voi itse järjestellä tiedot juuri sillä tavalla kuin on tarpeellista (Lennox, haastattelu 2016).

Tiedonsiirto ohjelmien välillä nähtiin melko hankalasti yleisesti ottaen, mutta sen koettiin kuitenkin parantuneen merkittävästi viimevuosina. Tiedonsiirtoa ei varsinaisesti nähty enää isoimpana ongelmana vaan ennemminkin tiedon laatua. Aluksi, kun tietomalleja ryhdyttiin hyödyntämään kohdeyrityksessä, juuri tiedonsiirto oli suurin ongelma, mutta IFC-formaatin kehittymisen ja yleistymisen myötä tiedonsiirron osalta menee jo melko hyvin (Törrönen, haastattelu 2016).

Eriäviä mielipiteitä tiedonsiirron toimivuudesta tuli kuitenkin esille haastatteluissa. Osalla haastateltavista oli näkemys, että tiedonsiirto ohjelmien välillä on tällä hetkellä hyvin hankalaa ja kehitettävää riittäisi (Kerkkänen, haastattelu 2016). Tiedot ohjelmat nähtiin aiheuttavan ongelmia moneen asiaan ja monissa yhteyksissä. Yksi tällaisista oli TCM-kustannuslaskentaohjelma, joka nähtiin isoimpana ongelmana määrätiedon tehokkaalle jakamiselle ja tiedonsiirrolle. Tocoman ohjelman nähtiin palvelevan huonosti tämän päivän tarvetta kohdeyrityksessä (Jäkärä, haastattelu 2016).

Haastatteluiden perusteella voidaan päätellä, että tiedonsiirron toimivuus tietomallipohjaiselle laskennalle on vaihteleva. Tiedonsiirto ohjelmien välillä on osittain manuaalista tai tietoa siirretään vähintään erilaisten muuntokaavojen ja Excel-taulukoiden välillä ohjelmasta toiseen. Kuitenkin haastatteluiden perusteella nähtiin, että niin kauan, kuin käytetään IFC-muotoa ohjelmien välillä, ei tiedonsiirron kanssa tule isoa ongelmaa (Lennox, haastattelu 2016).

Perusidea tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa on, että tuodaan määrätietoa mallista ja sitä kytketään tuoterakenteisiin. Ajatuksena tällainen 5D-BIM on melko yksinkertainen, mutta käytännössä määrätiedon ja kustannustiedon yhdistäminen voidaan toteuttaa monella eri tavalla ja se vaikuttaa huomattavasti tiedon käytettävyyteen (Lennox, haastattelu 2016). Määrätiedon ja kustannustiedon linkittämisen toteuttamiseen vaikuttaa, niin käytettävä nimikkeistö, kuin kustannustietokannan rakenne ja laskennan toimintatavat. Haastatteluiden perusteella nähtiin, että uudistetussa prosessissa kohdistus tulisi olla riittävän kevyt, jotta arvion päivittäminen suunnitelmien muuttuessa olisi riittävän sujuvaa (Törrönen, haastattelu 2016).

Tavoitteen alalla on, että kustannusarvioinneista tulisi automatisoituja yön yli tapahtuvia analyysejä, näin ollen konetulkinnan hyödyntämisen edellytyksenä on, että tieto on

koneluettavissa ja aina tietyn kaavan mukaan tuotettua (Törrönen, haastattelu 2016). Osalla haastateltavista oli ajatus, voisiko tietomallien objektit sisältää itsessään kustannustiedon tulevaisuudessa. Valtaosalla haastateltavista oli selkeä näkemys, ettei määrälaskentaa ole suositeltavaa tehdä yhdistelmämallin pohjalta, vaan omien suunnittelualojen malleista erikseen. Kaikki määrätieto tulisi olla laskettavissa sijainneittain, jotta määrätiedon hyödyntäminen tuotannosuunnittelussa olisi tehokasta. Lohkotus ja sijainneittain laskenta ei aiheuta suurta hankaluutta mallintamisen tai laskennan toimintatapoihin, mutta rakennetyypit tulisi olla erikseen tunnistettavissa ja rakenteiden aukot vähennettynä. (Liite 5)

5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa esitellään lopullinen versio kohdeyritykselle laaditusta tietomallipohjaisesta kustannuslaskentaprosessista. Prosessi esitetään asuntorakentamisen hankkeen kulun mukaisesti siirtyen kustannusohjauksen vaiheesta lopulliseen tarjoushinnan määrittämiseen. Ensimmäisessä alaluvussa määritetään itse prosessi ja avataan siihen liittyviä ominaisuuksia kustannusohjauksen, -laskennan, hinnoittelun ja suunnitelmamuutosten osalta. Toisessa alaluvussa kuvataan prosessin testaus ja siinä esiin tulleita prosessiparannuksia. Määritetty toimintamalli tietomallipohjaiselle kustannuslaskennalle ja -ohjaukselle testataan todellisen kohteen avulla ja tutkitaan sen käyttömahdollisuuksia kohdeyrityksen organisaatiossa. Viimeisessä alaluvussa tarkastellaan saatuja tuloksia ja niiden sovellettavuutta.

5.1 Kustannuslaskentaprosessin määrittäminen

Haastatteluiden avulla saatiin muodostettua melko kattava kuvaus uuden kustannuslaskentaprosessin tarvittavista ominaisuuksista. Haastatteluiden myötä huomattiin kuitenkin tutkimusongelman olevan vaativa ratkaistava. Prosessille asetettiin lukuisia ominaisuuksia, joiden helppokäyttöisyys tai sisäistettävyyden on hyvin henkilöriippuvaista. Prosessin määrittämisestä muodostui melko kompleksinen vaihe, jossa prosessin testauksella on suuri merkitys sen arvioinnin kannalta. Varsinkin kohdeyrityksen järjestelmien ja ohjelmistojen keskinäiset eroavaisuudet aiheuttivat sen, että suoraa automatisoitua määrätiedon linkitystä käytössä oleviin järjestelmien olisi hankalaa toteuttaa sellaisenaan.

Tutkimuksen alusta lähtien toiveena oli saada kehitettyä kohdeyrityksen kustannusohjausta ja -laskentaa jatkuvammaksi ja aikaistaa kustannusarvioiden tekemistä. Kohdeyrityksen projekteja ovat KVR tyyppinen suunnittele ja rakenna -hanke, puhtaat urakka-hankkeet, joihin ei suunnittelu- tai kustannusohjausta sisälly sekä omat hankekehityksen neuvotteluhankkeet. Tutkimusta ei lähdetty selkeästi rajamaan tiettyyn hankemuotoon vaan ajateltiin olevan fiksumpaa lähteä liikkeelle hieman kevyemmällä toimintamallilla, joka palvelisi eri tyyppisiä projekteja riippumatta hankemuodosta.

Tavoitteena oli, että suunnitteluohjaukseen tarvittavaa kustannustietoa olisi aikaisemmin saatavilla hankkeen päätöksenteon tueksi sekä kustannusohjaukselle tulisi selvä vaihe hankkeille, jolloin sen hyödyntäminen olisi mahdollista. Nykyisellä kustannuslaskentaprosessilla kustannusohjausta ei ole mahdollista toteuttaa sillä, toimintatapa ohjaa kustannuslaskennan aloittamiseen vasta suunnitelmien valmistuttua. Tavoitteena oli, että prosessia ei lähdettäisi määrittelemään vielä liian tiukasti, jotta se saataisiin sulavasti otettua käyttöön. Tärkeänä ei nähty niinkään määrittellä käytettäviä ohjelmia vaan prosessi ja

ajattelutapa, jolla tietomallipohjainen laskenta saataisiin käyntiin. Työkalut eli tietomalliohjelmit ovat vain väline ajatteluttavan tukemiseen ja tärkeimpänä nähtiin, että prosessit ja ajattelutavat olisi määritettyä oikeaksi ennen, kuin työkaluja määritellään kovin tarkasti.

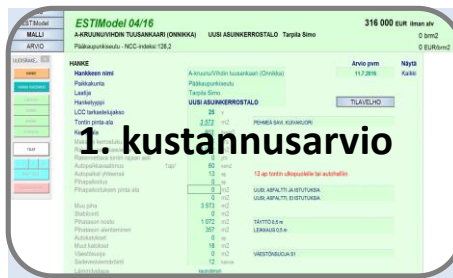
Jatkuvuus kustannuslaskentaprosessiin saadaan luomalla toimintatapa, jossa ensimmäisestä tilapohjaisesta kustannusarviosta jalostuu lopullinen tarjoushinta. Näin ollen varsinkin hankkeen alussa kustannusarviota tulisi pystyä tarkentamaan vain tiettyjen rakenteiden tai nimikkeiden osalta. Tällaisella toimintatavalla mahdollistettaisiin kustannusarvion suunnitteluajallinen tarkentuminen, silloin kun suunnitelmia valmistuu vaiheittain.

Kuvassa 25 on esitetty uudistetun kustannuslaskentaprosessin perusominaisuudet ja rakenteet, jotka määräytyvät kohdeyrityksen organisaation, järjestelmien ja prosessien mukaan. Nämä neljä ominaisuutta asettavat prosessille tietyt rajoitteet ja rakenteet, joiden perustella se muodostuu ja joiden mukaan sen tulisi olla sovellettavissa.



Kuva 25. Kustannuslaskentaprosessin perusominaisuudet

Kuvassa 26 on esitetty kustannuslaskenta jatkuvana prosessina. Tavoitteena on saada hankkeelle tuotetusta ensimmäisestä kustannusarviosta muodostettua eri välivaiheiden ja päivitysprosessien myötä lopullinen tarjousvaiheen kustannusarvio. Kohdeyrityksessä on jo pitkään ollutkin toimintatapa, jossa tarjousvaiheen kustannusarviosta muodostuvat työmaan tavoitearvio. Näin ollen hankkeen ensimmäisestä tiloihin pohjautuvasta kustannusarviosta jalostuu lopullinen tuotannon tavoitehinta ja yksi päivittyvä kustannusarvio kulkee koko hankkeen aja alusta loppuun. Kuvassa esitetyt laajuudet, yksiköt ja rakennusosat ovat suuntaa-antavia ja ne saattavat vaihdella hankkeesta riippuen. Nämä kuvaavat kustannustarkkuuden kehittymistä ja ne toimivat esimerkkeinä.



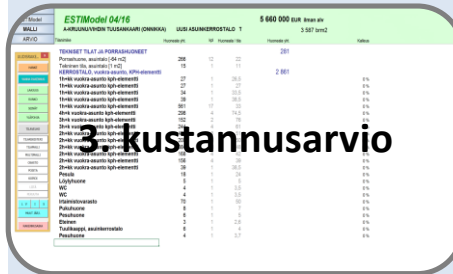
1. kustannusarvio

- Asemakaavan laajuustiedot
- Tontin pinta-ala
- Kerrosala
- Kerrosten lukumäärä
- Rakennusala kaavassa



2. kustannusarvio

- Aikaisemman arvon tarkentaminen tiloilla
- Autopaikkojen määrä
- Piharakenteet



3. kustannusarvio

- Aikaisemman arvon tarkentaminen lopullisella tilaohjelmalla
- Asuinhuoneet
- Tekniset tilat, käytävät, jne.



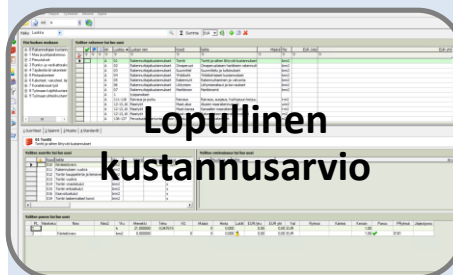
4. kustannusarvio

- Aikaisemman arvon tarkentaminen esimerkiksi julkisivu-, ikkuna- ja perustusmäärillä



n. kustannusarvio

- Aikaisemman arvon tarkentaminen suunnitelmien määrien perusteella



Lopullinen kustannusarvio

- TCM ohjelman kustannustietojen sekä suorite- ja panosrekisterien avulla

Kuva 26. Kustannuslaskenta jatkuvana prosessina

Kohdeyrityksen järjestelmillä tämä tarkoittaisi sitä, että Estimodel ohjelman ensimmäisestä versiosta luotaisiin aina uusia tarkennettuja versioita suunnitelmatiedon perusteella. Prosessin vaihe jatkuisi niin pitkään, kuin kohde halutaan viedä tarjouslaskentavaiheeseen tai suunnitelmat täsmentyvät riittävästi, jotta lopullisen kustannusarvion tuottaminen on mahdollista. Estimodel -ohjelman hinnat ja määrätiedot määräytyvät historiallisen kustannustiedon, referenssikohteiden ja hintaindeksien perusteella. Ohjelman hintataso päivittyy tietyn väliajoin, mutta tiettyjä merkittävimpiä panoshintoja pääsee muokkaamaan ohjelmassa myös suoraan.

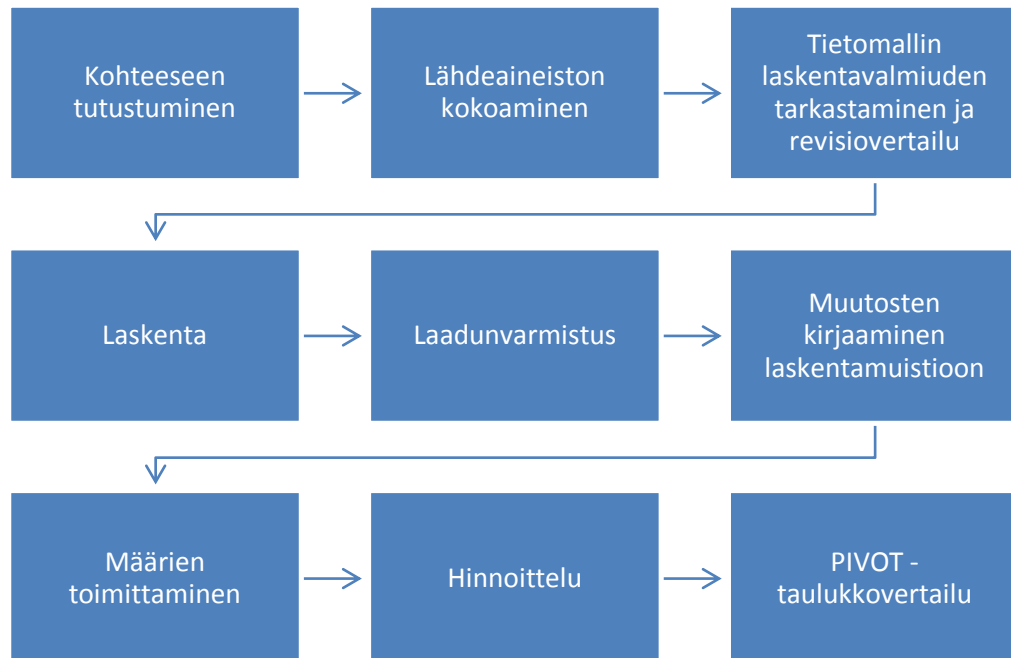
Ensimmäinen kustannusarvio tuotetaan Estimodel ohjelman avulla, jossa ensimmäisessä versiossa kustannusarvio tuotetaan pelkkien laajuus- ja tonttitietojen avulla. Lopullisen tilaohjelman valmistuessa kustannusarviota päivitetään tilojen perusteella. Suunnitelmista saaduilla määrätiedoilla näitä arvioita voidaan tarkentaa, jolloin kustannusarvio pysyy peittävänä ja se päivittyy jatkuvana. Ohjelma ymmärtää nimikkeistöjen välisiä riippuvuuksia ja osaa tehdä älykkäitä oletuksia rakenteista ja olosuhteista, mutta aina ne eivät mene oikein. Siksi on tärkeää, että kustannusarvion tekijä on hyvin perillä laskettavasta kohteesta, tuotannon toteutuksesta ja kustannusarvion laadinnasta, jotta Estimodel ohjelmaa osataan käyttää oikein.

Kun hankkeesta on tuotettu useampi kustannusarvio Estimodel ohjelman avulla, viedään viimeisin Estimodel ohjelman versio TCM ohjelman pohjaksi. Näin ollen TCM kustannuslaskentaohjelman pohjalle saadaan valmis Estimodel ohjelman luoma, peittävä nimikkeistö. Kustannuslaskijan ei enää tarvitse kuin tarkistaa, että kaikki tarvittavat nimikkeet ja suoritteet ovat listattuna sekä tarkentaa Estimodel ohjelmasta tuotuja määrä- ja hintatietoja.

Ehdoton etu juuri tällä tavalla toteutetussa kustannusohjausvaiheessa on, että määrätietoa voidaan päivittää vain tiettyjen merkitsevien rakennusosien ja nimikkeiden osalta, mutta silti kustannusarvio pysyy peittävänä jokaisessa vaiheessa. Näin ollen kustannusarviota voidaan tarkentaa jatkuvana suunnitelmien valmistumisen kanssa samassa tahdissa ja keskeneräisillä suunnitelmilla voidaan tuottaa kohtuullisen tarkka kustannusarvio.

Estimodel versioiden tekemistä jatketaan niin pitkään, kunnes siirrytään tarjouslaskentavaiheeseen. Tarjouslaskentavaiheessa Estimodel ohjelman tuottama kustannusarvio viedään TCM ohjelman pohjaksi, jolloin nimikkeistö on heti peittävä. Kustannusarvioon lisätään puuttuvat nimikkeet, rakenne- ja tekniikkaosista sekä suoritteista. Tämän jälkeen tuoterakenteiden määriä ja hintoja muokataan suunnitelmien ja vallitsevan markkinan mukaan. Näin kustannushallinta toteutetaan päivittyvällä, peittävällä ja jatkuvalla prosessilla.

Kuvassa 27 kuvattu laskentaprosessi perustuu aiemmin selvitettyyn kohdeyrityksen laskentaprosessiin (kuva 24). Laskentaprosessissa on muutama oleellinen eroavaisuus alkuperäiseen laskentaprosessiin verrattuna, kuten tietomallien laskentavalmiuden tarkistaminen ja revisiovertailu.



Kuva 27. Kustannuslaskentaprosessin vaiheet

5.1.1 Kohteeseen tutustuminen ja lähdeaineiston kokoaminen

Kohteeseen tutustuminen käy tehokkaimmin juuri tietomallien avulla. Kohteeseen tutustuminen ja kokonaisuuden hahmottaminen nousevat täysin eri tasolle tietomallien avulla, kuin piirustuksia tulkitsemalla. Tämä tuli myös haastatteluiden perusteella todettua. Kohteeseen tutustuminen kannattaa tehdä jollakin mahdollisimman yksinkertaisella tietomallien katseluohjelmalla. Samalla on tehokasta tutkia käytettyjä rakennetyyppejä erillisestä dokumentista, sillä tietomalleista rakennetyyppejä on hankala hahmottaa nopeasti.

Lähdeaineiston kokoaminen on vaihe, millä yleensä lähdetään kustannuslaskennanprosessissa liikkeelle. Kohdeyrityksessä lähdeaineisto saadaan useimmiten kokonaisuudessaan projektipankista, johon hankkeen osapuolet ovat tallentaneet dokumentteja hankkeen aikana. Projektipankin kautta siirtyy suunnitteluaineisto ja kohteeseen liittyvät dokumentit.

Lähdeaineiston kokoamiseen liittyy myös projektin luominen tietokantaan ja viitelitteroiden nimikkeistöjen luonti. Kun kustannuslaskentaprosessi toteutetaan, kuten aikaisemmassa prosessissa, on tämä vaihe käytännössä tarpeetonta, sillä viitelitteroiden ja nimikkeistöt tulevat mukana projektille Estimodel ohjelman kautta. Estimodel vaiheesta siirtyessä TCM ohjelmaan viedään arvio ohjelman pohjalle, jolloin muodostuu vaadittavat

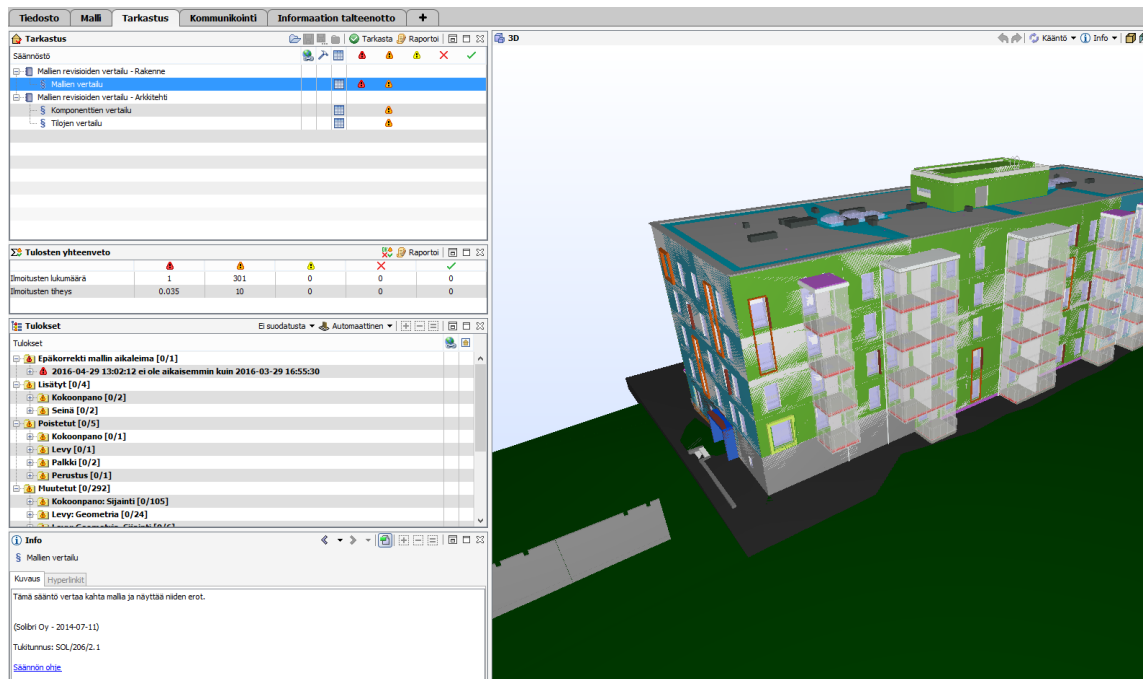
viitelitterat ja nimikkeistöt. Tämä saattaa olla tosin puutteellinen riippuen siitä kuinka tarkasti Estimodel versio on tehty. Näin ollen ennen varsinaisen tarjouslaskennan aloittamista tulisi nimikkeistöä verrata referenssikohteeseen.

5.1.2 Laskentavalmiuden ja suunnitelmamuutosten tarkistaminen

Tietomallin laskentavalmiuden tarkistaminen hoidetaan kohdeyrityksessä pääosin VDC-osaston toimesta, joka käsittelee ja valmistelee IFC-tiedostot ennen niiden käyttöä. VDC-osasto kiinnittää huomiota varsinkin tietomallin teknisiin ominaisuuksiin ja määrätiedon oikeellisuuteen tietomallissa. Näin ollen kustannusinsinööri ei tarvitse kiinnittää huomiota, kuin suunnitelmätiedon laatuun ja oikeellisuuteen. Käytännössä laskijan ei tarvitse kuin varmentaa, että suunnitelmat ovat riittävät tarkat laskennan suorittamiseen, eikä suunnitelmissa oli liikaa ristiriitaisuuksia laskennan suorittamiseksi.

Suunnitelmamuutosten havainnointi ja huomioiminen kustannusarvion päivittämistä silmällä pitäen voidaan toteuttaa usealla eri tavalla riippuen tilanteesta. Muutostyyppien havainnointi ja tunnistaminen voidaan toteuttaa joko visuaalisesti tietomallin tai piirustuksien avulla, tietomalliselostuksen avulla tai ohjelmistoperusteinen revisiovertailulla esimerkiksi Solibri Model Checker ohjelmassa. Visuaalinen tarkastelu on nopea ja kevyt tapa tarkastella suunnitelmamuutoksia, mutta kyseisessä menetelmässä inhimillisen virheen mahdollisuus on melko suuri ja suunnitelmamuutokset voivat jäädä helposti huomaamatta. Tietomalliselostuksesta tietomallien versioiden erot ja muuttuneet rakennusosat tulisi olla helposti määritettävissä, mikäli tietomalliselostus on laadittu riittävällä tarkkuudella. Kohdeyritykselle sopivin toimintatapa onkin näiden kaikkien kolmen tavan yhdistelmä.

Yksi kattava menetelmä on Solibri Model Checker ohjelmasta löytyvä revisiovertailu. Vertailun tulokset jakautuvat lisätyt-, muutetut- ja poistetut-kategoriaan. Ohjelma jakaa vertailusäännöissä erikseen komponentit ja tilat, joten hankkeen alkuvaiheen muutosten havainnointi on helpompaa, kun lopullista tilaohjelmaa ei ole lyöty vielä lukkoon. Tiloista sekä komponenteista on mahdollista saada tulostettua vielä raportti, jossa on kuvattu muuttunut geometria tai sijainti. Samalla tietomallin versiota tulisi verrata muihin suunnitelma-asiakirjoihin sekä tietomalliselostukseen. Solibri ohjelma revisiovertailun aikana voidaan helposti tehdä samalla myös visuaalista vertailua tietomallin ja piirustusten pohjalta. Kuvassa 28 on esitetty Solibri Model Checker ohjelman revisiovertailu.



Kuva 28. Solibri Model Checker ohjelman revisiovertailu.

Solibri Model Checker -ohjelman revisiovertailu perustuu tietomalliobjektien GUID eli Global-id tunnisteesiin. Sen on objektin yksilöivä tunnus, jonka tietomallinnusohjelma luo automaattisesti jokaiselle mallinnetulle objektille. GUID numeroiden muuttuminen kesken suunnittelun aiheuttaa ongelmia, joten yleensä suunnitelma-aikataulussa olisi hyvä aina nimetä päivämäärä, jonka jälkeen GUID -numerot eivät saa muuttua. Kuvassa 29 on esitetty ohjelman Solibri Model Checker revisiovertailun tulosten jakautuminen lisättyihin, muuttuneisiin ja poistettuihin rakennusosiin.

Tarkastus

Säännöstö

- Mallien revisioiden vertailu - Rakenne
 - Mallien vertailu
- Mallien revisioiden vertailu - Arkkitehti
 - Komponenttien vertailu
 - Tilojen vertailu

Tulosten yhteenveto

	1	301	0	0	0
Ilmoitusten lukumäärä					
Ilmoitusten tiheys	0.035	10	0	0	0

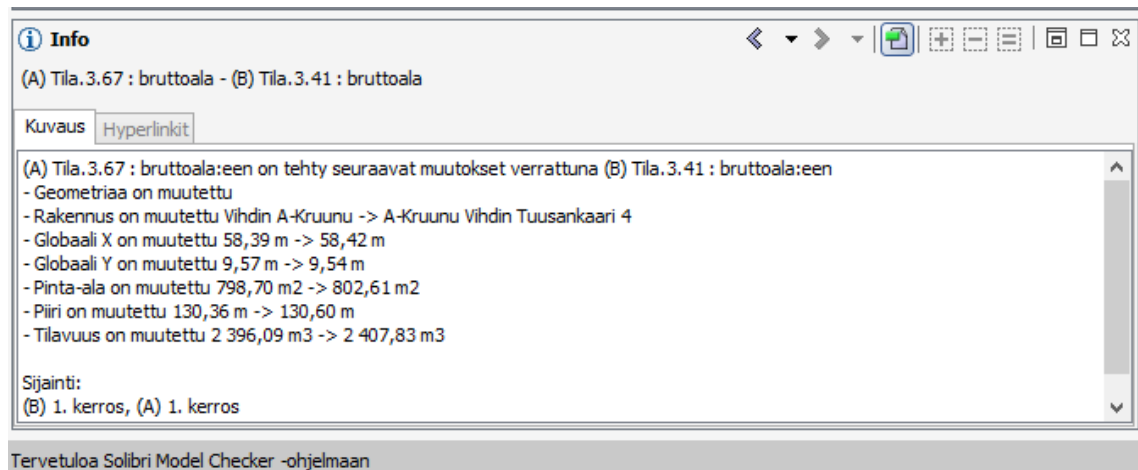
Tulokset

Tulokset

- Epäkorrektti mallin aikaleima [0/1]
 - 2016-04-29 13:02:12 ei ole aikaisemmin kuin 2016-03-29 16:55:30
- Lisätyt [0/4]
 - Kokoonpano [0/2]
 - Seinä [0/2]
- Poistettut [0/5]
 - Kokoonpano [0/1]
 - Levy [0/1]
 - Palkki [0/2]
 - Perustus [0/1]
- Muutetut [0/292]
 - Kokoonpano: Sijainti [0/105]
 - Levy: Geometria [0/24]

Kuva 29. Solibri Model Checker ohjelman revisiovertailu jakaa revisioiden erot lisättyihin, poistettuihin ja muuttuneisiin rakennusosiin.

Suunnitelmamuutoksia voi olla montaa eri tyyppiä riippuen hankkeen ja suunnitelmien vaiheesta. Muutoksia voi tulla tietomalliobjektien ryhmittelyssä, sijainnissa tai määrässä sekä rakennetyyppiä voi vaihtua, poistua tai lisääntyä. Solibri Model Checker ohjelman revisiovertailulla pääosin kaikki nämä muutostyypit pystytään havaitsemaan yhdessä suunnitelmien ja tietomallin visualisoinnilla sekä tietomalliselostuksen avulla. Revisiovertailun info-työkalusta saa listattua suoraan objektin muuttaneet mita- ja tilavuustiedot, joten laskija pääsee heti arvioimaan, millä tavalla muuttuneet objektit vaikuttavat aikaisemman kustannusarvion oikeellisuuteen. Kuvassa 30 on esitetty info-työkalun sisältö.



Kuva 30. Revisiovertailun info- taulusta näkee objektin muuttuneet mitta- ja tilavuustiedot.

5.1.3 Laskenta ja laadunvarmistus

Itse laskenta ja määrätiedon kohdistus tuoterakenteille tietomallipohjaisesti voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Haastatteluiden perusteella haluttiin tässä vaiheessa saada käyttöön mahdollisimman kevyt ja muokattavissa oleva tapa laskennan ja määrien kohdistamisen suorittamiselle. Näin ollen tässä vaiheessa prosessia itse laskennan ja määrätiedon kohdistamiselle valikoitui perinteisempi toimintatapa, jossa määrätiedot saadaan mallista ryhmittelyyn perustuen ja kohdistetaan litteroille manuaalisesti tai valmiin tiedostopohjan avulla.

Määrälaskenta suoritetaan rakennusosittain perustuen objektien attribuuttien avulla toteutettuun ryhmittelyyn tai tilojen perusteella. Tilapohjainen laskenta soveltuu hyvin Estimodel ohjelmalla tehtävään vaiheeseen, kun tiedetään tilan käyttötarkoitus tai nimi ja pinta-ala. Tilat voidaan listata suoraan tietomalliohjelmasta esimerkiksi Excel-tiedostoon tai tietomalliohjelman näkymään ja siirtää Estimodel ohjelman tilarekisteriin.

Tilapohjainen hinnoittelu perustuu tilojen tiettyihin ominaisuuksiin ja varusteluun, jotka on määritelty etukäteen mahdollisimman tarkasti. Estimodel ohjelman tilarekisteriin on tallennettu valmiiksi tietyt tilatyypit, jotka sisältävät määritellyt tilarakenteet, sisäpuoliset pintarakenteet, kalusteet, varusteet, laitteet ja talotekniikan. Tietomallista saatavien tilojen pinta-alan ja Estimodel ohjelmassa olevan kustannustiedon avulla muodostuu tilakohtainen hinta. Kustannusarvioon syötetään kaikkien tilojen kuten asuntojen, yleistilojen ja käytävien kappale- ja pinta-alamäärät, jolloin aikaisemmassa vaiheessa syötetty kerrosala tulisi pysyä samana. Ohjelma määrittää tilatietojen perusteella kohteelle kustannusarvion ja arviot tarvittavista tekniikka- ja rakennusosista sekä niiden määristä.

Rakennusosapohjainen hinnoittelu jakautuu suoritteisiin ja panoksiin. Suoritteiden hinnat muodostuvat panoshinnoista, joita ovat esimerkiksi mittakirvesmiehen työn yksikköhinta sekä materiaalien kuten laudan ja betoniteräksen yksikköhinta. Rakennusosien hinnat taas

muodostuvat suoritteiden hinnoista, joita ovat esimerkiksi raudoitus, betonointi ja holvisuojakaiteet. Kohdeyrityksen TCM ohjelman tietokannassa on tallennettuna tuotannonreseptit kaikille yleisimmille rakennusosille, jolloin tietomallipohjainen määrätieto voidaan ryhmitellä joko rakennusosien tai suoritteiden perusteella.

5.1.4 Hinnoittelu ja referenssivertailu

Hinnoittelu on kustannuslaskentaprosessissa käytännössä automatisoitu. Estimodel ohjelmassa hinnoittelu tapahtuu automaattisesti historiallisen kustannustiedon ja indeksien avulla, mutta hinnoitteluja voidaan muuttaa tarpeen vaatiessa suoraan kustannusarviossa. Koko kustannusarvion hintatasoa voidaan vaihtaa hintaindeksiä muuttamalla paikkakunnan, työn tai materiaalien osalta. Ohjelmassa voidaan muuttaa myös yksittäisten työlajien ja materiaalien hintoja sekä esimerkiksi kate, riskivaraus, yleiskustannukset sekä kustannusten muutoksia rakennusaikana ja sitä ennen. Myös yksittäisten rakennusosien hintoja voidaan muuttaa kustannusarvio kohdassa.

TCM ohjelmassa hintatieto on myös valmiina. Asuntorakentamisen yksiköllä on oma standardi eli reseptinimikkeistö, jossa on tallennettuna jokaiselle yleisimmälle rakennusosalle suoritteet, panokset ja panoshinnat. Näin ollen hinnoittelu käytännössä automaattista, mutta kaikkia panos- ja suoritehintoja on mahdollista muuttaa tarvittaessa. Standardin hinnoittelua päivitetään tietyn ajanjakson välein.

Hinnoittelun tärkein vaihe on kustannusarvion tarkistaminen vertaamalla sitä referenssi-kohteisiin PIVOT –taulukkovertailun avulla. Vertaamalla kustannusarviota toteutuneiden kohteiden kustannuksiin saadaan melko tehokkaasti havainnoitua kustannusarvion epätarkkuudet tai poikkeamat. Kun kustannusarviota verrataan pääryhmätasolla huolellisesti valittuihin referenssikohteisiin, voidaan arvioida kustannusarvion peittävyyttä ja tarkkuutta.

5.1.5 Laskentamuistio ja määrätiedon jakaminen

Haastatteluiden perusteella kohdeyrityksessä määrätiedon jakamisessa on koettu merkittäviä hankaluuksia. Tuotannonsuunnittelussa määrätieto tarvitaan usein kerroksittain tai huoneistoittain ryhmiteltyinä. Määrälaskenta tarjouslaskentavaiheessa voitaisiin toteuttaa huoneistoittain laskien, mutta raportointi tuottaa suurimmat ongelmat. Kustannusarviossa määrät ovat yleensä listattuna suoritteittain koko projektin osalta, jolloin huoneistoittain tehty laskenta ei kuitenkaan toimi kustannusarviossa. Ongelmana on ollutkin, millä tavalla määrätieto tulisi jakaa tuotannon käyttöön, kun pelkkä TCM ohjelmasta tuotettu kustannusarvio ei riitä.

Laskentamuistion avulla kustannusarvio tulisi olla tehtävissä uudestaan eri henkilön toimesta saaden samanlaiset tulokset. Laskennan aikana tehdään valtavasti oletuksia ja yksinkertaisuuksia suunnitelmista tietomallien tarkkuudesta huolimatta. Kaikki laskennan

vaiheet tulisikin koostaa raporttiin, joka jaettaisiin kaikille hankkeen osapuolille ja tuotannon toteutukselle.

5.2 Prosessin testaus

Määritetty kustannuslaskentaprosessi testataan todellisen hankkeen avulla. Kohteesta on vaatimukset täyttävät tietomallit, joista saatua määrätietoa kohdistetaan kustannusarvioon ja samalla testataan määritetyn kustannuslaskentaprosessin toimivuutta kohdeyrityksen organisaatiossa. Laskenta toteutetaan kustannusarvion eri versioihin niin, että suunnitellaikaiseen kustannusohjaukseen tarkoitettua kustannusarvion tuottaminen tapahtuu Estimodel ohjelmassa, jossa myös kohdistaminen ja hinnoittelu tapahtuvat. Tarjousvaiheen kustannusarvio tuotetaan TCM ohjelmalla, jossa kohdistaminen ja hinnoittelu tapahtuvat erikseen.

Kirjallisuuden ja haastatteluiden perusteella määrälaskennan toteutukselle paras tapa on toteuttaa aina oman suunnittelualan mallista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen runkorakenteet ja rakennusosat lasketaan rakennemallin pohjalta, arkkitehtimallista lasketaan tiloihin liittyvät määrät kuten kevyet väliseinät ja ikkunat. Tällöin jokainen yksittäinen rakennetyyppi on havaittavissa ja eriteltynä eikä toisistaan eroavia rakenteita tule samalle tunnistetiedolle.

Prosessin testauksessa käytettiin kustannuslaskenta ja –arviointi ohjelmina Estimodel 0416 ja Tocoman Kustannuslaskenta 4.0 –ohjelmia. Tietomallipohjaiseen määrälaskentaan testauksessa käytettiin Solibri Model Checker v9.5 ja Tekla Structures 21.1 Project Viewer ohjelmia.

5.2.1 Suunnitteluajankaisen kustannusarvion eteneminen

Hankkeen kustannusarvion tekeminen aloitetaan Estimodel ohjelmaan hankkeen luomisella. Aluksi täytetään hankkeen perustiedot kuten paikkakunta, hanketyyppi, kustannustaso ja tarkasteluajanjakso. Syöttämällä rakennuskaavan mukaiset tiedot, kuten tontin pinta-ala ja rakennusala, ohjelma arvioi autopaikkojen tarpeen, kerrosluvun ja kerrosalan automaattisesti. Varsinkin hankkeen alkuvaiheessa näistä ei ole täyttä varmuutta, joten ohjelman tekemiä automaattisia arvioita voidaan muuttaa vapaasti jälkikäteen.

Seuraavassa vaiheessa täytetään hankkeen kaikki tilat tilavelhon avulla. Ohjelma antaa valmiiksi täytetyn tilaohjelman, jossa on oletuksena jo valmiita tiloja pinta-aloineen. Ohjelmaan on tallennettu valmiiksi tiettyjä tiloja, jotka vastaavat yleisimpiä käyttötarkoitusten mukaisia tiloja varusteineen. Päävalikosta valitaan vielä tarkempi hankemuoto, riippuen onko projekti esimerkiksi vapaarahoitteinen, vuokra-asuntokohde tai rakennettu kylpyhuone-elementeillä. Tämän jälkeen taulukkoon täytetään kohteen kaikki tilat ja niiden pinta-alat. Kun tilat on saatu syötettyä taulukkoon, hyväksytään listaus, jolloin oh-

jelma muodostaa numeerisen mallin tilojen perusteella. Tilojen ominaisuudet saadaan näkyville kaksoisklikkaamalla nimeä, jolloin aukeaa valikko tilatyyppin ominaisuuksista. Tilan varusteita ja ominaisuuksia voidaan muuttaa valikon kautta, joka päivittyy suoraan kustannusarvioon. Kuvassa 31 on esitetty Estimodel ohjelman tilavelho-toiminto.

ESTIModel - TILAVELHO

KERROSTALO, vapaarahoitteinen 6000,0

Tilan nimi	Yhteensä	Tilojen lukumäärä kpl	Huoneala / tila
1h+kk+s Tähtikoti	803,0	22,0	36,5
2h+kk+s Tähtikoti	1440,0	32,0	45,0
2h+k+s Tähtikoti	1440,0	24,0	60,0
3h+k+s Tähtikoti	1125,0	15,0	75,0
4h+k+s Tähtikoti	510,0	6,0	85,0
5h+k+s Tähtikoti	0,0	0,0	105,0
Irtaimistovarasto	250,0	5,0	50,0
Ulkoiluvälinevarasto	275,0	11,0	25,0
WC	0,0	0,0	2,0
Pukuhuone	0,0	0,0	7,0
Pesuhuone	0,0	0,0	5,0
Löylyhuone	0,0	0,0	5,0
Kerhotila	0,0	0,0	25,0
Pesula	20,0	1,0	20,0
Kellarin käytävä	64,0	4,0	16,0
Sivousskomero	8,0	4,0	2,0
Kuivaushuone	40,0	4,0	10,0
Eteinen	8,0	2,0	4,0
Tuulikaappi, asuinkerrostalo	16,0	4,0	4,0
Autopaikotus kellarissa, asukaspsyköinti	0,0	0,0	1000,0
	5999,0	134,0	44,8

CANCEL OK

Kuva 31. Estimodel ohjelman tilavelho, johon täytetään kohteen kaikki tilat.

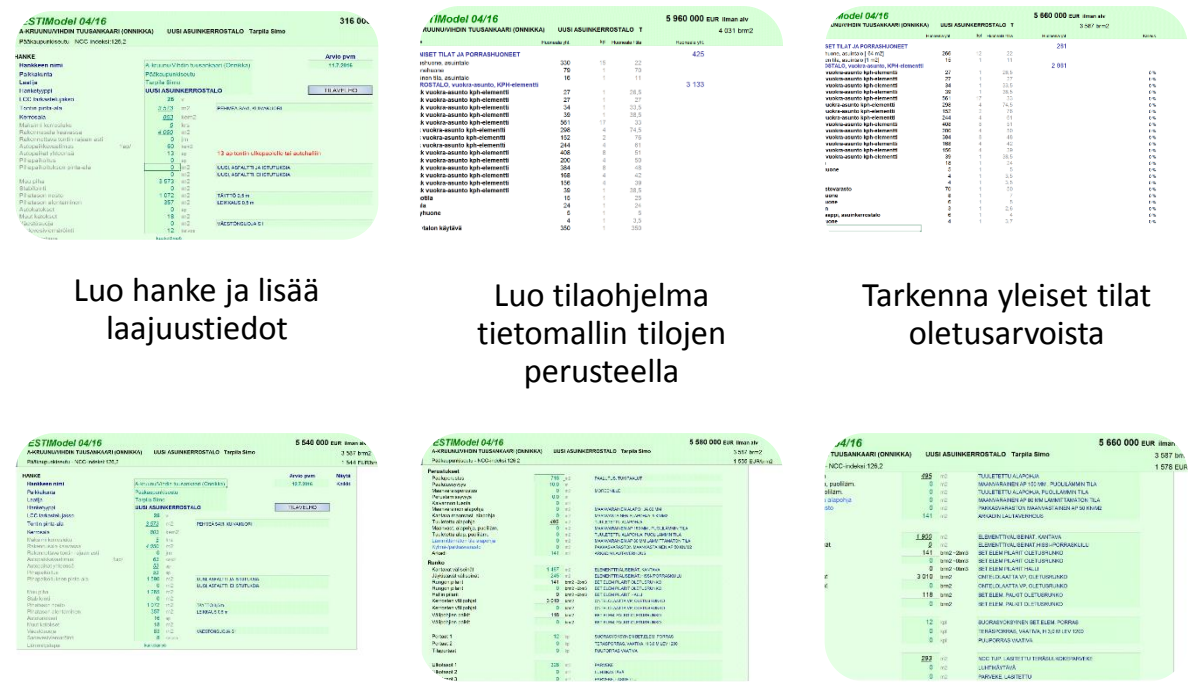
Tilojen täyttäminen tilavelhoon on kovin vaivalloista ja hidasta nykyisellä toimintatavalla. Vanhanaikainen alasveto-valikko on hyvin jäykkä tapa antaa kohteen tilatietoja varsinkin kohteessa, joissa on paljon eri kokoisia huoneistoja ja pohjaratkaisut vaihtelevat kerroksittain. Ohjelma on rakennettu olettamukselle, että esimerkiksi kaikki kolmiot ja kaksiot olisivat keskenään samanlaisia, jolloin voitaisiin vain valita huoneistotyyppi ja samankokoisten asuntojen lukumäärä. Tämän johdosta olisikin erittäin hyödyllistä kehittää jokin toimintatapa, jolla tilat voitaisiin siirtää suoraan tietomallista Estimodel ohjelmaan ilman manuaalista työtä.

Ohjelma arvioi tarvittavat pinta-alat teknisille tiloille ja porrashuoneille, jotka näkyvät käyttäjän syöttämien tilojen yläpuolella. Tekniset tilat ovat oletuksia, joten ne pitää tarkentaa vielä todellisten porrashuoneiden ja teknisten tilojen todellisilla pinta-aloilla. Kun kaikki kohteen tilojen todelliset pinta-alat on syötetty tilaohjelmaan, tulee tämän jälkeen tarkistaa hankkeen perustiedot. Hanke -välilehdellä tarkistetaan, että hankkeen laajuuksiin liittyvät arvot ovat pysyneet oikeina tilojen syöttämisen jälkeen. Samalla tulisi täsmentää stabilointiin, pihaan ja viharakenteisiin liittyvät määrät ja ominaisuudet.

Tilojen pohjalta ohjelma tuottaa numeerisen mallin, joka avulla ohjelma arvio tilojen rakentamiseen tarvittavien rakennusosien määrän. Rakennusosat ja niiden määrätiedot ovat

toteutuneiden hankkeiden historiatietojen perusteella tehtyjä arvioita. Kun tilojen laajuudet on vahvistettu, eikä tilaohjelmaan tule enää muutoksia, voidaan siirtyä rakennusosien tarkentamiseen. Ohjelmassa on omat välilehdet rungolle, seinille ja yläpohjalle, joissa on listattuna rakennusosia, niiden rakennetyyppejä ja määriä. Tietomallista saatavalla määrätiedolla näitä numeerisen mallin avulla tehtyjä arvioita tarkennetaan, jolloin kustannusarvio tarkentuu jokaisen vaiheen myötä.

Tietomallista saadaan melko helposti ja nopeasti otettua tarvittavat määrätiedot aina suunnitelmien tarkentuessa. Kustannusarviota on mahdollista tarkentaa aina vain yhden rakennusosan, rakennetyypin tai määrän osalta. Esimerkiksi ulkoseinien sandwichelementtien arvioitua neliömetrimäärää voidaan tarkentaa, jolloin kustannusarvio päivittyy reaaliaikaisesti. Rakennetyypit saadaan helpoiten tarkistamalla tietomalliohjelman elementti- tai rakennetunnus perinteisestä dokumenttipiirustuksesta. Rakenteiden ja rakennetyypien hintoja voidaan täsmentää tarvittaessa. Kuvassa 32 on esitetty Estimodel ohjelmassa suoritettavan suunnitteluajaisen kustannuslaskennan vaiheet.

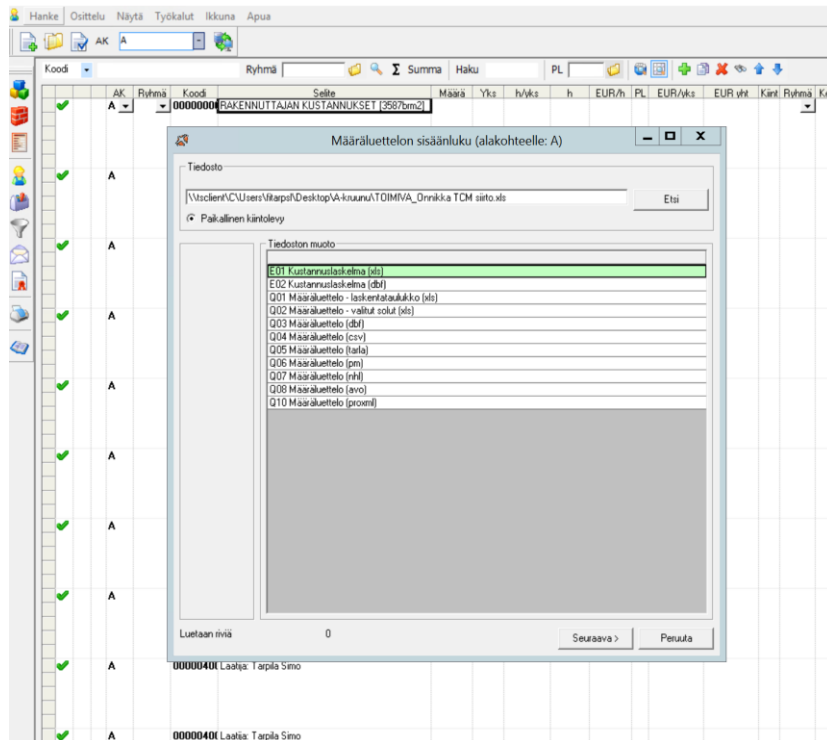


Kuva 32. Estimodel ohjelman vaiheet

5.2.2 TCM ohjelmaan vienti ja lopullinen kustannusarvio

Estimodel ohjelmassa tehdyn kustannusarvion vieminen TCM ohjelmaan tapahtuu muuttaman välivaiheen kautta. Estimodel ohjelman kustannusarvion voi viedä valmiiksi TCM

ohjelmaan sopivaan muotoon, kun valitsee päävalikosta TCM muodon. Silloin ohjelma tallentaa kustannusarvion valmiille ohjelmaan sopivalle tiedostopohjalle. TCM ohjelmassa tämä tiedosto viedään luotuun hankkeeseen samoin tavoin kuin muutkin valmiit määrällistat. Estimodel ohjelman tiedot voidaan viedä TCM ohjelmaan joko kustannusarvio- tai määrällistamuodossa. Kuvassa 33 on esitetty Estimodel ohjelmassa tuotetun kustannusarvion tuominen TCM ohjelmaan.



Kuva 33. Estimodel ohjelmassa tehdyn kustannusarvion tuonti TCM ympäristöön.

Kun Estimodel ohjelmalla tehty kustannusarvio on viety TCM ohjelman pohjalle, on kustannuslaskelma peittävä jo tässä kohtaa. Näin ollen vertailukelpoisempaa kustannustietoa saadaan huomattavasti aikaisempaa toimintatapaa aikaisemmin. Näin nähdään kustannusten muotoutuminen, vaikka kaikkia nimikkeistöjä ei olisikaan laskettuna.

Määritetyllä kustannuslaskentaprosessilla lopullinen kustannusarvion laadinta tapahtuu tästä eteenpäin TCM ohjelmassa käytännössä aivan niin kuin ennenkin. Määrätieto voidaan tuottaa joko IFC-pohjaisesti tietomallista tai 2D-piirustuksista ja kohdistaa litteroille manuaalisesti. Kustannuslaskentaprosessin käyttö ei sido tietyn ohjelman käyttöön, joten työkalujen hakiessa vielä muotoaan ei prosessia tarvitse kuitenkaan muuttaa. Tulevaisuudessa mahdollisesti kehitettävä automaattinen määrätiedon kohdistaminen litteroille voidaan sisältää määritettyyn laskentaprosessiin.

Tulevaisuudessa automatisoitua määrätiedon kohdistamista kustannusarvioon ja vakioitujen tietomallipohjaisten tuoterakenteiden käyttöönottoa, varsinkin konseptihankkeiden kohdalla tulisi harkita vakavasti. Varsinkin konseptihankkeissa olisi mahdollista saada suuri hyöty vakioidusta mallinnusympäristöstä, jossa mallin rakenteet olisi automaattisesti

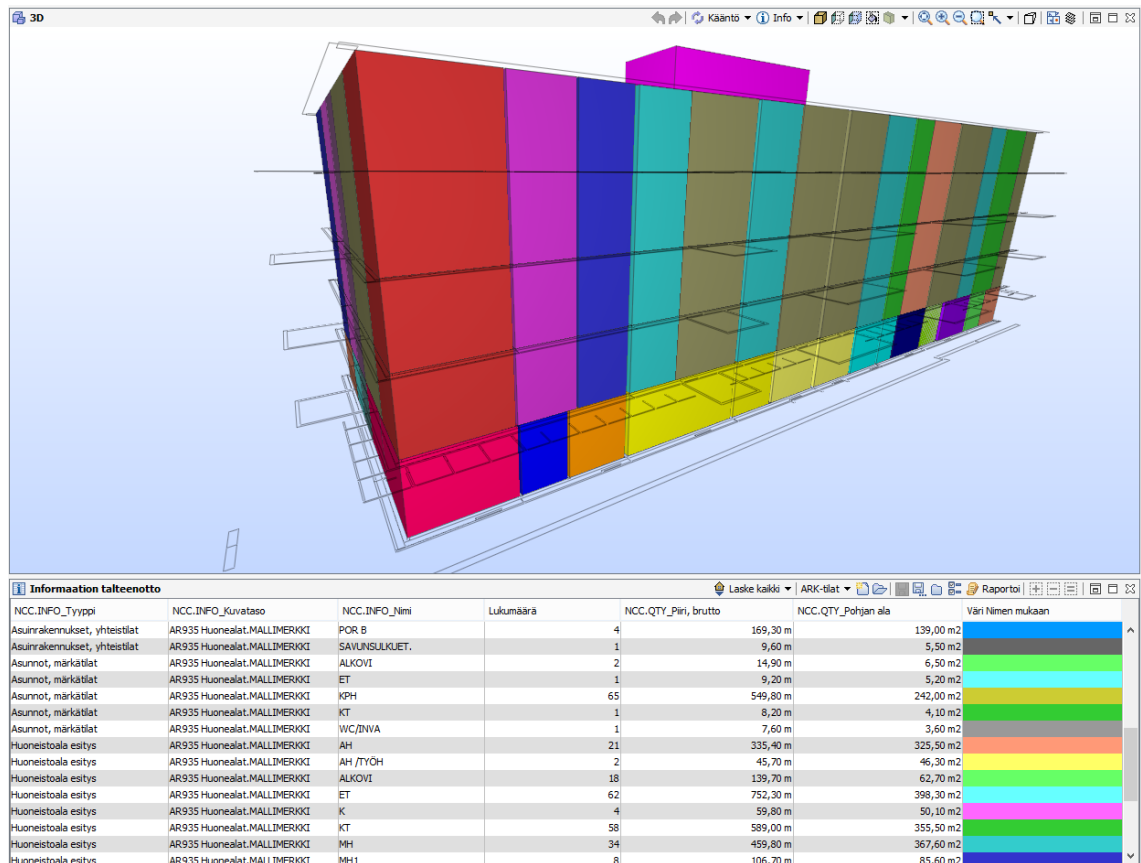
kytkettynä panokselliseen tuotantorakenteeseen TCM ohjelmassa. Automaattisella kohdistuksella prosessia saataisiin tehostettua varsinkin lopullisen tarjoushinnan määrittämisvaiheessa. Tulevaisuudessa konseptihankkeiden kustannusarviointi muodostuisi huomattavasti tarkemmaksi, kun kustannusarviot olisi toteutettu jokaisessa arviossa samalla tavalla.

5.2.3 Arkkitehtimalli

Testauksessa arkkitehtimallista saatiin määrätietoa suunnitteluajankaisen kustannuslaskennan vaiheessa lähinnä tiloista ja ikkunaobjekteista. Tietomallin tilojen perustella saadaan tuotettua tilapohjainen kustannusarvio melko pienellä työllä ja nopeasti, kun taulukko tilojen laajuuksista ja ominaisuuksista viedään kustannusarvio ohjelmaan.

Lopullisen kustannusarvion laskennassa arkkitehtimallista saadaan helposti hyödynnettyä määrätietoa väliseinien, alakattojen, kalusteiden, ovien ja ikkunoista osalta. Monien kustannusarviossa laskettavien täydentävien rakenteiden, pintarakenteiden ja kalusteiden määrätietoa ei saada tietomallista suoraan. Valtaosa on kuitenkin mahdollista laskea tilojen pintojen avulla. Joissakin nimikkeissä määrätieto voidaan johtaa tilojen perustella, kuten esimerkiksi lattioiden pintarakenteet saadaan suoraan tilojen pohjan pinta-alan avulla. Tietomalleissa tilojen laajuustiedot esitetään yleensä pohjan pinta-ala, piirin ja korkeuden suhteena, joten esimerkiksi tapetointi, tasoitus tai maalausneliöt saataisiin tilan piirin ja korkeuden avulla laskettua.

Testauksen perusteella huomattiin, että varsinkin tilojen hierarkkinen ryhmittely sijainteihin tai lohkoihin kuulumisesta helpottaisi varsinkin tilapohjaisen kustannusarvion ja pintarakenteiden laskentaa. Nykyisin tilat kuuluvat johonkin kerrokseen ja lohkoon tai rappuun. Toimitilahankkeissa tämä on varmasti riittävä tarkkuus, mutta asuntorakentamisessa kaikki jaetaan yleensä asunnoittain. Yleensä jokainen asuinhuoneiston tila tai huone on erillinen, eikä ne kuulu tietomallissa varsinaisesti samaan ryhmään. Tilat tulisi tulevaisuudessa ryhmitellä niin että ne saisi hierarkkiseen muotoon rapun, kerroksen, huoneistonnumero ja sitten vasta huoneistotyyppin mukaan. Kuvassa 34 on esitetty periaate, siitä miten tilat tietomallinnettavissa asuntokohteissa yleensä kuvataan.



Kuva 34. Tietomallissa tiloja ei ryhmitellä huoneiston mukaan vaan kaikki kohteen kylpyhuoneet, eteiset, makuuhuoneet ja olohuoneet ryhmitellään keskenään

5.2.4 Rakennemalli

Valtaosa testauksessa käytetystä määrätiedosta saatiin kohteen rakennemallin objekteista. Varsinkin Estimodel ohjelman kustannusarviovaiheessa tarkennettavat rakennusosat ovat kustannuksiltaan merkittäviä kokonaisuuksia kuten, runkoelementteihin, tiloihin ja perustuksiin liittyviä. Esimerkiksi Solibri Model Checker ohjelmassa rakennusmallin objektit on helppo ryhmitellä valmiiden sääntöjen avulla. Ohjelmassa on valmiina rakennosa luokittelu, jolla määrätieto on mahdollista hyödyntää melko kevyesti. Tietenkin kohdeyrityksen valikoidut valmiit ryhmittelysääntöt tekevät määrähallinnasta vieläkin selkeämpää.

Vaikka Solibri Model Checker ei olekaan varsinaisesti tietomallipohjaiseen määrälaskenta varten suunniteltu ohjelma, haettaessa isoja kokonaisuuksia mahdollistavia ohjelmistoja, on se hyvinkin käyttökelpoinen myös määrälaskentaan. Kohdeyrityksessä onkin kehitetty toimintamallia, jossa valmiiksi standardoidussa IFC-mallissa olisi objektien ryhmittely toteutettu jo valmiiksi tarvittavien sääntöjen mukaisesti. Tiedonstandardisointi onkin testauksen perusteella toimiva ominaisuus kohdeyrityksen tietomallipohjaisille prosesseille. Tiedon standardoinnilla saadaan selkeärakenteisia, vakioituja tietomalleja,

joissa on aina tarvittava attribuuttitieto vakioidussa järjestyksessä. Näin ollen tietomalli-pohjaisessa kustannuslaskentaprosessissa ei määrätiedon tuottajan tarvitse käyttää aikaa niin paljon määrätiedon oikeellisuuden tutkimiseen. Kustannuslaskentaprosessi on myös tehokkaammin suoritettava, kun attribuuttitieto on aina tutussa muodossa.

Rakennuksen runko muodostaa usein yli kolmanneksen kustannusarviosta. Runkoelementtien kustannusarvion laskeminen tehdään tyyppielementtien perusteella, mutta lo-pullinen hinta muodostuu aina vasta elementtitoimittajien tarjousten perusteella. Runkoelementtien perushinnan määrittäminen on usein hyvin yksinkertaista elementtitoimittajien tyyppielementtien hintojen mukaan. Kohdeyrityksellä on vuosisopimukset elementtitoimittajien kanssa, jolloin jokaisella elementtityypillä on sopimuksen mukainen perushinta. Perushintojen päälle lasketaan lisähinnat muutoksista ja lisätöistä kuten elementtien sahausista, ylimääräisistä varauskoloista, lisäraudoituksista ja teräsoista.

Kohdeyrityksessä on ollut tapana huomioida runko- ja väliseinäelementtien lisätyöt hinnoittelussa varaamalla lisähintakokonaisuus kustannusarviossa kyseiselle litteralle. Usein lasku lisätöistä on ollut huomattavasti suurempi, johtuen suunnitelmien puuteellisyydestä tai laskennan epätarkkuudesta. Jokaiselle lisätyölle on määritetty vuosisopimuksissa yksikköhinta, joten lisätöiden suuruus oli mahdollista laskea jo kustannusarviossa, jos suunnitelmat sen mahdollistavat. Tietomalliobjektien ryhmittelyn avulla runko- ja väliseinäelementtien lisätöiden arviointia on mahdollista tehostaa. Esimerkiksi ontelolaattojen ne-liömäärät ovat melko yksinkertaista laskea pelkistä pohjakuvista, mutta ontelolaattojen sahauset, laattojen lyhennykset, paksuuden muutokset, reikäsahauset ja kylpyhuoneiden syvennykset ovat haastavia laskettavia perinteisistä dokumenteista. Kuvassa 35 on esitetty ryhmitellyt ontelolaatat niin, että laattojen lisätöiden arviointi olisi mahdollista.

Komponenttityyppi	Tyyppi	Nimi	Kerros	Suurin pituus	Suurin leveys	Suurin laiteus	Tilavuus
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	2,95 m	1,30 m	370 mm	775 l m
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	2,95 m	1,30 m	370 mm	775 l m
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,14 m	4,00 mm	320 mm	225 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,14 m	1,30 m	320 mm	685 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,14 m	1,30 m	320 mm	766 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,63 m	1,30 m	370 mm	865 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,64 m	620 mm	370 mm	472 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,64 m	620 mm	370 mm	480 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,64 m	1,00 m	370 mm	751 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,64 m	1,30 m	370 mm	851 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,64 m	1,30 m	370 mm	865 l
Kokoonpano	ONTELOLAATTA	ONTELOLAATTA	III (E) 1. Kerros	3,64 m	1,30 m	370 mm	865 l

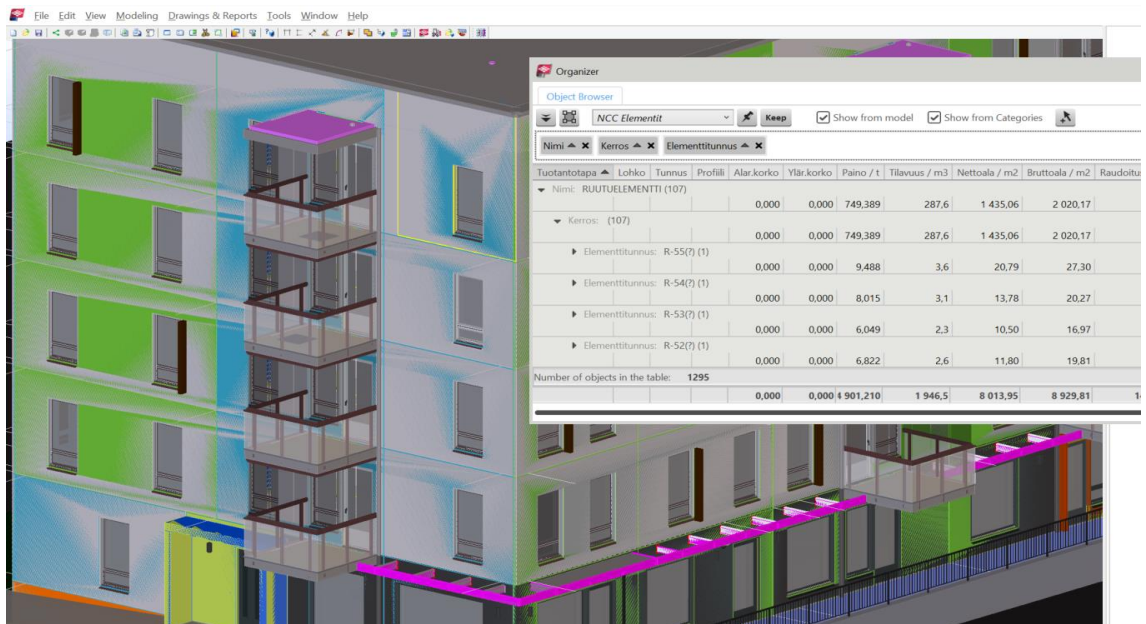
Kuva 35. Solibri Model Checker ohjelmassa ryhmitellyt ontelolaatat, lisätöiden laskemista varten

Ontelolaatat on mahdollista ryhmitellä tietomallissa niiden mittatietojen mukaan. Näin esimerkiksi kavennettavien ja lyhennettävien ontelolaattojen ominaisuudet ja määrät ovat melko yksinkertaista listata. Ryhmittelyn avulla on helppo laskea lyhennettävien, kavennettavien, syvennettävien ja muita lisätöitä vaativien ontelolaattojen määrät. Näin ontelolaattojen lisätöistä aiheutuvia kuluja on tarkempaa arvioida jo kustannuslaskentavaiheessa. Kuvassa 36 on esitetty ryhmiteltyjen ontelolaattojen ominaisuuksia.

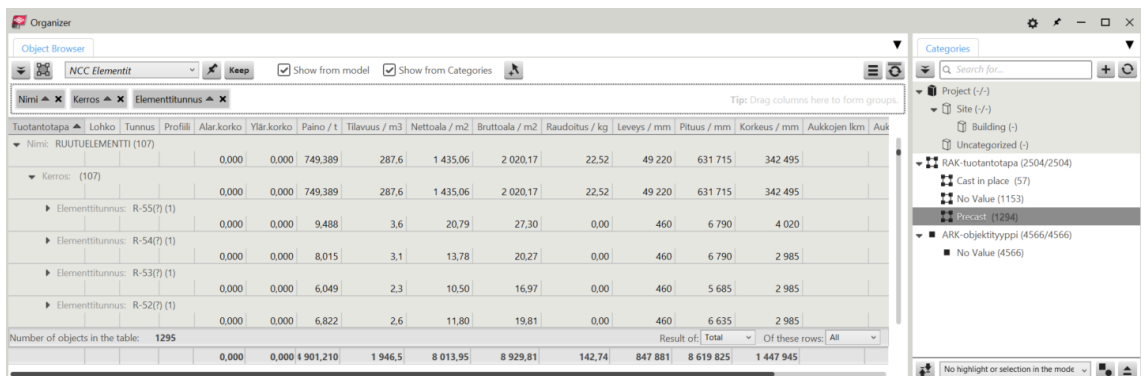
NCC.INFO_Nimi	NCC.INFO_Profiili	NCC.QTY_Paksuus (leveys)	Lukumäärä	NCC.QTY_Elementin nettoala	NCC.QTY_Elementin bruttoala	Väri profiilin mukaan
ONTELOLAATTA	EP37	1,20 m	27	175,30 m ²	175,70 m ²	
ONTELOLAATTA	EP37K	748 mm	1	4,20 m ²	4,20 m ²	
ONTELOLAATTA	EP37K	1,20 m	27	175,60 m ²	175,90 m ²	
ONTELOLAATTA	P32	435 mm	1	1,40 m ²	1,40 m ²	
ONTELOLAATTA	P32	1,20 m	2	7,50 m ²	7,50 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	0 mm	2	0,00 m ²	0,00 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	570 mm	1	1,70 m ²	1,70 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	620 mm	1	3,70 m ²	4,10 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	741 mm	4	22,50 m ²	22,50 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	784 mm	4	22,20 m ²	23,30 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	785 mm	4	19,50 m ²	19,50 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	800 mm	2	11,10 m ²	11,60 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	810 mm	4	20,20 m ²	20,20 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	834 mm	4	30,90 m ²	30,90 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	841 mm	4	31,20 m ²	31,20 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	1,03 m	4	27,10 m ²	27,10 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	1,05 m	4	24,80 m ²	24,80 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	1,10 m	1	7,30 m ²	7,30 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	1,10 m	7	51,30 m ²	51,30 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	1,12 m	5	51,90 m ²	51,90 m ²	
ONTELOLAATTA	P37	1,20 m	171	1 243,80 m ²	1 251,90 m ²	
ONTELOLAATTA	P37K	420 mm	5	14,80 m ²	14,90 m ²	
ONTELOLAATTA	P37K	570 mm	3	11,40 m ²	11,40 m ²	
ONTELOLAATTA	P37K	620 mm	7	22,90 m ²	22,90 m ²	
ONTELOLAATTA	P37K	721 mm	5	20,20 m ²	20,20 m ²	
ONTELOLAATTA	P37K	748 mm	1	4,20 m ²	4,20 m ²	
ONTELOLAATTA	P37K	800 mm	1	16,30 m ²	16,30 m ²	

Kuva 36. Ryhmittelyn avulla on melko yksinkertaista laskea lisätöitä vaativien ontelolaattojen määrät.

Kohdeyrityksessä on kehitetty toimintatapaa tietomallipohjaiselle määrälaskennalle Tekla Structures 21.1 Project Viewerin pohjalle. Tekla ohjelmaan tuodaan sisään käsitellyt IFC-tietomallit, joita voidaan ryhmitellä ja tutkia ohjelman Organizer -työkalun avulla. Tekla ohjelman Organizer -työkalu soveltuu todella hyvin rakennusosien monenlaiseen ryhmittelyyn, koska se on käyttöliittymältään hyvin yksinkertainen. Ryhmittely pohjautuu muista tietomallinnusohjelmista poiketen täysin ”drag and drop” toimintoon, joten ryhmittelyn toteutuksessa ei tarvita yleisesti hankalaksi miellettyjä säännöstöjä. Monissa tietomalliohjelmissa ryhmittely luodaan matemaattisilla säännöillä, jotka ryhmittelevät objektit matemaattisen säännön mukaan. Tekla Organizer työkalu on tehokas määrälaskentaan, sillä se järjestää objektit automaattisesti hierarkkiseen muotoon esimerkiksi nimen, kerroksen ja elementtityypin mukaan. Työkalulla tehdyt ryhmittelyt voidaan tallentaa erikseen ja tuoda ohjelmaan toisaalla pelkkänä ryhmittelynä. Kuvissa 37 ja 38 on esitetty Tekla ohjelmiston Organizer -työkalun käytettävyyttä.



Kuva 37. Tekla Structures 21.1 ohjelman Organizer työkalulla ryhmittelyt voidaan tehdä ”drag and drop” –tyylisesti.



Kuva 38. Organizer on työkalu, jossa kaikkia tietomallissa olevia objekteja voidaan tutkia ja ryhmitellä.

Ryhmittelyt voidaan viedä ohjelmasta erilliseksi tiedostoksi, jolloin valmiiksi tallennettu ryhmittely voitaisiin myöhemmin ajaa suoraan tietomalliin. Organizer lisäosaan voidaan tuoda myös valmiita ryhmittelyjä, joten se avulla voidaan välittää tietoa hankkeen osapuolien välillä. Ryhmittely voitaisiin ohjelmassa tehdä helposti esimerkiksi Talo 80-nimikkeistön mukaisesti, sillä se toimii automaattisesti hierarkkisessa muodossa. Näin ollen kustannuslaskija voisi tallentaa ryhmittelynsä suoraan litteramuotoon, jolloin kertaalleen laskettu määrätieto olisi helposti jaettavissa. Organizer -lisäosan ryhmittely voitaisiin viedä kustannuslaskijan ohjelmasta esimerkiksi projektipankkiin, josta jokainen tarvitseva voisi sen ottaa ja viedä omaan tietomalliinsa. Näin työmaalla voitaisiin nähdä kustannuslaskijan tekemä ryhmittely, jolloin kustannushallinnasta ja litteroinnista tulisi huomattavasti selkeämpää, kun kaikilla olisi sama käsitys mitkä kustannukset tulisi litteroida mihinkin.

5.2.5 Talotekniikan mallit

Talotekniikan määrälaskenta ja hinnoittelu ovat kohdeyrityksessä toteutettu erillisellä hankintaosastolla, joka kilpailuttaa talotekniikkaurakat. Hankkeiden talotekniikan tekninen hinta on hankintaosastolla määritetty tietyn laskentaohjelman avulla, joka muodostaa talotekniikan teknisen hinnan talotekniikan määrälistan perusteella. Talotekniikan määrälaskennassa käytetään ajoittain ulkoistettua erillistä insinööritoimistoa, joka laskee talotekniikan määrät ja tuottaa standardoidun massalistan.

Talotekniikan hankinnoissa tarjoukset kysytään yleisimmin paperikuvien ja sähköisten kuvien avulla. Haastatteluiden perusteella usealta urakoitsijalta puuttuu osaaminen laskennan suorittamiseen edes sähköisten dokumenttien perusteella. Kaikissa tämän hetkissä talotekniikan hankinnoissa tarjouksen jättävien urakoitsijoiden toimesta lasketaan määrät, mutta tarjousten toteutukselle nähtiin parempikin tapa. Haastatteluiden perusteella prosesseja ja urakkahintoja saataisiin kevyemmiksi, kun urakoita voitaisiin kysellä valmiiden määrälislojen avulla. Näin ollen urakkaa tarjoavan tahon ei tarvitsisi, kuin hinnoitella määrät ja tarjota. Saatujen tarjousten perusteella valittaisiin tarjoaja, jonka kanssa jatkettaisiin neuvottuihin. Urakkaa neuvoteltaessa tarjouksen tekijä tarkistaisi vielä määrälislojen oikeellisuuden kuvien perusteella, jos tarjoaja haluttaisiin saada sidottua määriin ja vastuulliseksi niiden oikeellisuudesta.

Tutkimuksen laajuuden puitteissa ei ollut mahdollista perehtyä tarkemmin talotekniikan massalistojen vaatimukseen tai talotekniikan teknisen hinnan laskennan ominaisuuksiin. Talotekniikassa hinnoittelu tapahtuu eri periaatteella kuin muuten rakennushankkeen kustannuslaskennassa, sillä esimerkiksi talotekniikan asennuskorkeus vaikuttaa tuntityön hintaan. Teknisen hinnan määrittämistä varten tehdyt ohjelmat ovat myös hieman eroavia perusteiltaan muista kustannuslaskentaohjelmista. Näin ollen tarkkoja määritelmiä talotekniikan tietomallipohjaisille massalistoille ei voitu määrittää.

Tulevaisuudessa kohdeyrityksessä kannattaisi panostaa myös talotekniikan tietomallipohjaiseen hinnoitteluun ainakin sillä tasolla, ettei talotekniikan määriä laskutettaisi turhaan ulkopuolisella toimijalla, vaan massalistoja otettaisiin suoraan tietomalleista. Käytännössä massalistojen hyödyntäminen suoraan tietomallista ei vaatisi muuta kuin tarkkaan määritellyn rakenteen määrälisloille. Hankintayksikön pitäisi määrittää selvä standardi tai mallipohja, jolla talotekniikan massalista tulisi toteuttaa ja palvelisi parhaiten hankintayksikköä ja urakoitsijoita.

Solibri Model Checker ohjelmalla on melko yksinkertaista tuottaa talotekniikan massalista talotekniikkakomponenttien tyyppin mukaan, mutta varmaankin parhaimman massalistan saisi tuotettua suoraan alkuperäisestä tietomalliohjelman tiedostosta. Kohdeyrityksen VDC-tiimin pitäisi ottaa vastuulleen massalistojen toimittamisen hankintayksikölle,

jotta niillä voitaisiin suoraan kilpailuttaa talotekniikkaurakat. Toimintamalli, jossa jokaisen urakoitsijan pitää laskea talotekniikkamäärät itse, tehdään sama työ moneen kertaan turhaan ja se heijastuu varmasti myös urakkahintoihin.

Tarjousaineiston mukana voitaisiin toimittaa valmis tietomallipohjaisesti laadittu massalista, sekä kohteen piirustukset, jotta urakoitsijat voivat tarkistaa massalistan määrät tai laskea kokonaan määrät itse. Luultavasti alkuun massalistojen oikeellisuuteen ei täysin luotettaisi, mutta ajan myötä luottamus olisi helpompi rakentaa, kun urakoitsijat huomaisivat määrälisöjen oikeellisuuden. Niinpä pitkällä aikajänteellä urakoiden hinnoittelua saataisiin tehokkaammaksi, turhaan laskentaan kuluvan ajan vähenemisen myötä.

5.3 Tulosten tarkastelu

Prosessin testaus suoritettiin todellisella kohteella ja suunnitelmilla, jolloin prosessi pystyttiin testaamaan käytännössä samassa laajuudessa, kuin hankkeissa läpikäytävä kustannuslaskentaprosessi. Kohteelle oli määritetty jo kustannusarvio tuotannon käyttöön, joten testauksen tuloksia pystyttiin vertaamaan perinteisellä toimintamallilla laskettuun kustannusarvioon.

Testauksessa tuotettavaa kustannusarviota verrattiin perinteisellä toimintamallilla laskettuun kustannusarvioon. Kustannusarvio oli laskettu TCM ohjelmalla, valmiilla suunnitelmilla alkuvuodesta 2016. Voidaan näin ollen olettaa, että kustannustaso ei tuona aikana ole muuttunut radikaalista eikä mahdolliset kustannustason muutokset vaikuta vertailun tarkkuuteen.

Testauksessa tuotettu kustannusarvio tarkentui jatkuvasti, suunnitelmia tarkennettaessa, joten voidaan olettaa määritetyn kustannuslaskentaprosessin toimivan ainakin periaatteella juuri niin kuin oli tarkoitettu. Jotta kustannusarvion ja tarkkuuden kehittymistä voitaisiin arvioida aukottomasti ja syvällisemmin pitäisi kustannusarvioita tuottaa useampi erilaisille ja toisistaan poikkeaville kohteille. Myöskään testauksen suorittaneen henkilön kustannustietoisuus tai laskentaosaaminen ei ollut kovin harjaantunut, joten se tulisi ottaa myös huomioon tuloksia tarkasteltaessa.

Kustannusarvion tarkentuminen oli tuloksista päätellen melko säännöllistä ja jatkuvaa. Viimeisimmässä päivityksessä hinta nousi huomattavasti parvekeratkaisun myötä. Muutoksesta tuli huomattava korotus kustannusarvioon. Periaatteessa Estimodel-ohjelman kustannusarvion on mahdollista saada 2% tarkkuuteen, kun laskija tuntee ohjelman, kustannustiedon ja laskennan periaatteet hyvin. Taulukossa 3 on esitetty testausvaiheessa tuotetun kustannusarvion vertailun tulokset suhteessa alkuperäiseen kohteen kustannusarvioon. Taulukossa 4 on esitetty laaditun kustannusarvion ja alkuperäisen kustannusarvion kustannusten suhteen pääryhmätasolla.

Taulukko 3: Kustannuslaskentaprosessin testausvaiheessa tuotetun kustannusarvion vertailun tulokset

	Tarkennetut tiedot:	Kustannusarvion tarkkuus:
1. kustannusarvio	Hankkeen laajuustiedot	+13,7%
2. kustannusarvio	Tilat	+8,0%
3. kustannusarvio	Tilat, ulkoseinä ja ikkunamäärät tarkennettuina	+5,7%
4. kustannusarvio	Perustukset tarkennettuna	+3,6%
5. kustannusarvio	Kantavat väliseinät, jäykistävät seinät, yläpohja ja parvekkeet tarkennettu	+8,1

Taulukko 4: Pääryhmätasolla kustannusten osuus suhteutettuna koko kustannusarvion arvoon piti melko hyvin paikkansa.

Pääryhmä 0:	6,2%	6,0%
Pääryhmä 1:	6,0%	4,3%
Pääryhmä 2:	3,1%	4,8%
Pääryhmä 3:	33,3%	30,3%
Pääryhmä 4:	8,5%	10,6%
Pääryhmä 5:	5,1%	5,9%
Pääryhmä 6:	5,7%	4,0%
Pääryhmä 7:	15,4%	16,4%
Pääryhmä 8:	7,1%	5,8%
Pääryhmä 9:	9,6%	12,0%

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Tulosten analysointi

Yleisesti on arvioitu, että rakennushankkeen aikana samat määrätiedot lasketaan noin seitsemään kertaan eri hankkeen osapuolien toimesta. Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että kustannus- ja määrälaskennan suorituskerrat eivät tule merkittävästi vähentymään tietomallipohjaisen laskennan myötä. Lähtökohtaisesti ei myöskään tule pyrkiä siihen, että kustannus- ja määrälaskennan suorituskerroja vähennettäisiin periteisestä laskennasta tietomallipohjaiseen laskentaan siirryttäessä. Tärkeimpänä näkökulmana laskennan kehittämiseen on kustannuslaskentaan ja -ohjaukseen liittyvien prosessien tehostuminen huomattavasti sekä laskennan tarkkuuden ja läpinäkyvyyden lisääntyminen uusien prosessien myötä. Perinteiseen kustannuslaskentaa liittyen lasketun määrätiedon jakaminen on yksi suurimpia ongelmia. Samoja määriä lasketaan rakennushankkeen aikaan moneen kertaan eri osapuolien toimesta vain siksi, että määrätiedon jakamiseen ei ole yhteistä tai tehokasta toimintatapaa. Perinteisen laskentamuiston tulkitseminen on hyvin aikaa vievää eikä kovin havainnollistavaa.

Tietomallipohjaisen suunnittelun yksi merkittävimmistä hyödyistä on aikaisemmin saatavissa oleva suunnittelutieto, osapuolten parempi yhteistyö ja tietokoneavusteiset analyysit. Tietomallipohjaiseen määrä- ja kustannuslaskentaan kuuluva aika tulee pienentymään yksittäisen laskennan osalta perinteiseen dokumenttipohjaiseen tapaan verrattuna merkittävästi. Kuitenkaan koko hankkeen aikana käytettävän ajan tai resurssien määrä kustannuslaskennan osalta ei tule todennäköisesti väheneämään, sillä laskentakertoja on näin ollen mahdollista toteuttaa useampia. Tietomallipohjaisen suunnittelun ja kustannuslaskennan myötä suunnittelutietoa on aikaisemmin ja kattavammin saatavissa sekä kustannuslaskentaa voidaan siirtää hankkeen aikajanalla aikaisempaan vaiheeseen perinteiseen tapaan verraten. Tämän myötä erilaisten suunnitelmavaihtoehtojen vertailu ja suunnittelu-aikainen kustannusohjaus helpottuu. Laskennan tarkkuus tulee myös kehittymään tietomallipohjaisen laskennan käyttöönoton myötä sekä kustannusarvioiden ja koko hankkeen läpinäkyvyys parantuu.

Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että tulevaisuudessa kustannuslaskenta tulee entistä enemmän sulautumaan muun projektinjohtamisen ja hankkeen eri prosessien kanssa. Tulevaisuudessa kustannuslaskenta tulee tietomallien johdosta muuttumaan huomattavasti vähätöisemmäksi ja todennäköisesti täysin automatisoiduksi. Sen johdosta erillistä tarjouslaskentavaihetta ei tarvitse enää toteuttaa, kun kustannuslaskenta tapahtuu reaaliajassa. Näin ollen kustannuslaskentaa ei kannata tulevaisuudessa enää käsitellä erillisenä yksittäisenä prosessina, vaan se tulee sulautumaan suunnitteluohjaukseen ja muuhun hankkeenjohtamisen toimintaan. Tietenkään kustannusarvion laadunvarmistus ei tule

automatisoinnin myötä täysin poistumaan, vaan laadunvarmistus tulee suorittaa kustannusarvion osalta kustannusasiiantuntijan toimesta.

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suurin hyöty syntyy tiedon siirtymisestä hankkeen aikajanalla. Tietomallien käytön myötä suunnittelu- ja kustannustietoa on aikaisemmin saatavilla ja hankkeita pystytään ohjaamaan tietoon perustuen aikaisempaa aiemmin. Tällä hetkellä tarjouslaskentaan ja lopullisen kustannusarvion luomiseen käytetään keskimäärin kuukausi eli noin 20 työpäivää. Kustannusarvion tekee aina vain yksi henkilö, joka määrittää kaikki kustannukset pääryhmistä 1-7. Vasta tämän prosessin täydellisen toteutuksen jälkeen saadaan kustannuksiin liittyvää tietoa suhteessa suunnitelmiin. Monesti se on liian myöhäistä, jotta suunnitelmia tai rakenteita olisi mahdollista optimoida. Tulevaisuudessa kustannusinsinöörit tulisi sijoittaa projekteihin nykyistä paljon aiemmin, jolloin kustannusohjausta ja suunnitteluajaisia kustannuksia voitaisiin seurata ja arvioida.

Rakennusalalla ja varsinkin hankkeiden johtamisessa on tapahtunut suurta kehitystä viime vuosien aikana avoimempien toimintatapojen myötä. Kustannuslaskennan osa-alue on eittämättä tippunut tästä kehityksestä. Nykyinen toimintatapa ei ole juurikaan kehittynyt vuosikymmeniin ja hankkeiden johtaminen tietoon pohjautuen tuntuu olevan kovin hankalaa. Kustannuslaskentaan liittyvät toimintatavat mahdollistavat nykyisin laskennan aloittamisen vasta riittävän suunnittelutiedon valmistuttua. Kustannusarvioita ei myöskään pystytä juurikaan viemään nykyisillä toimintatavoilla hankkeen rinnalla samassa tarkkuudessa suhteessa suunnitelmiin.

Tietomallien kustannushyödyntämisen suurimmaksi esteeksi näyttää muodostuvan luottamus tietomalleja ja niiden sisältämää määrätietoa kohtaan. Tietomalleja ei uskalleta käyttää tarjouslaskennassa tai niiden määrätietoihin ei sitouduta. Mikäli tilaajalla, kohdeyrityksellä tai suunnittelijalla olisi antaa kohteen tietomalli tarjousmateriaalin liitteeksi, ei sen määriin kuitenkaan sitouduta, vaan kaikki vastuut sidotaan aina perinteisiin dokumentteihin tai veloitetaan tarjouksen tekijän varmistamaan määrätiedon oikeellisuus. Tämä tuottaa myös ongelmaa tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitykselle, kun hankkeen osapuolet eivät halua ottaa vastuuta tietomallien määrätiedon oikeellisuudesta. Perinteisissä dwg-piirustuksiin perustuvissa suunnitelmissa sallitaan tietoisesti määriin puutteita ja vajavaisuuksia, mutta tietomallien kanssa toimiessa suhtautuminen on eri.

Haasteina tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitykselle tutkimuksen perusteella nähtiin myös tietomallien puute. Malleja ei ole riittävän usein tai aikaisin käytettävissä, eikä kaikista kohteista ole malleja saatavissa missään vaiheessa. Tämän ratkaisemiseksi nähtiinkin mahdollisena, että yksikön käyttöön otettaisiin oma tietomallintaja, joka mallintaisi perinteisten dokumenttipohjaisten suunnitelmien avulla yksikön tarpeisiin esimerkiksi rakennemalleja tuotannosuunnittelun ja kustannuslaskennan tarpeisiin.

Tutkimuksen yhtenä tärkeänä näkökulma oli saada tuotettua tilannekatsaus kohdeyrityksen tavoitteista, mahdollisuuksista ja tahotilasta kehittyneemmälle tietomallein hyödyntämiselle. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että kohdeyrityksessä on kova tahotila kehittää prosesseja ja toimintatapoja siihen suuntaan, että tietomallien ja digitalisaation vahvuuksia osattaisiin tehokkaammin hyödyntää. Tietomallipohjainen suunnittelu ja analyysit nähtiin yleisesti erittäin hyödyllisiksi ja tehokkaiksi, mutta hidastavana tekijänä nähtiin tietotekniset valmiudet, ajanpuute kehitystyölle ja kehitystyö organisointi. Myös muutosvastarintaa tietomalleja ja uusia toimintatapoja kohtaan on vielä hie- man havaittavissa, mutta jatkuvasti pienenevissä määrin.

6.2 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Diplomityön tavoitteena oli saada vastattua yhteen päätutkimuskysymykseen ja neljään tarkentavaan tutkimuskysymykseen. Diplomityön päätutkimuskysymys oli: **Millainen on tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi?** Alempana on lueteltu tarkentavat tutkimuskysymykset.

Mitä vaatimuksia rakennusliikkeen tietomallipohjainen kustannuslaskenta asettaa tietomalleille ja suunnitteluprosessille?

Millaiset rakenteet ja rajoitteet käytössä olevat järjestelmät ja kustannustietokannat asettavat prosessille?

Millaiset ovat tällä hetkellä käytössä olevat kustannuslaskentaan ja –ohjaukseen liittyvät prosessit?

Miten tietomallipohjaista kustannuslaskentaa voitaisiin hyödyntää suunnitteluai- kaisen päätöksenteon tukena?

Ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen on vastattu kirjallisuustutkimuksessa luvussa 2. Tutkimuskysymykseen onnistuttiin vastaamaan tutkimuksen teoreettisella viitekehys- sellä hyvin, kun huomioidaan tutkimuksen laajuus. Kustannushallinnan ja tietomallien hyödyntämisen yhdistävän viitekehysten teoreettinen tutkiminen osoittautui tehokkaaksi ja selkeäksi tavaksi hallita kaksi isoa kokonaisuutta. Tutkimuksessa keskeisiksi nähdyt asiat tulivat käsiteltyä, vaikkakin osaa niistä olisi voinut käsitellä laajemmin varsinkin hyödyntämällä enemmän ulkomaankielisiä lähteitä.

Tietomallipohjaiseen kustannushallintaan liittyvää teoriaa lähestyttiin tietomallien ja nii- den hyödyntämisen, tietomallipohjaisen suunnittelun, tietomallien laadukkuuden ja tietoi- sisällön sekä tiedonsiirtostandardien kautta. Tämän jälkeen edettiin kustannushallinnan perusominaisuuksiin ja laskentamenetelmiin, kustannuslaskennan vaatimuksiin tietomal- leille, ryhmittelyn ja kustannustietokannan toteutukseen. Tietomallintamisen historialli- seen kehitykseen ei koettu tärkeäksi tutkimuksessa perehtyä tarkemmin.

Lähteinä käytettiin pääosin kansallisia tutkimuksia ja tieteellisiä aineistoja, jotka muodostivat selkeän kokonaisuuden jo tutkimuksen alussa. Kansallisia tutkimuksia oli selkeä käyttöä tutkimuksen viitekehyyksessä kansallisesti käytössä olevien nimikkeistöjen ja laskentamenetelmien johdosto. Kansainvälisiä lähteitä käytettiin muutamia liittyen lähinnä tietomallien hyödyntämiseen ja tietomallien tekniikkaan ominaisuuksiin. Kansainvälisiä lähteitä olisi mahdollisesti voinut tukia syvällisemmin.

Toinen alatutkimuskysymys käsitteli tarkemmin kohdeyritykselle sopivan toimintatavan ominaisuuksia. Alatutkimuskysymyksen avulla pystyttiin määrittelemään lähtökohdat uudistetun toimintamallin lähtökohdille ja kohdeyrityksessä käytössä oleville järjestelmille. Alatutkimuskysymys tutkittiin teemahaastatteluiden avulla, jossa haastateltiin yhtätoista NCC:n henkilöä, jotka toivat tutkimukseen tärkeää lähtötietoa käytössä olevaista toimintatavoista ja kohdeyrityksen tavoitteista. Haastatteluiden ja kohdeyrityksen käytössä oleviin järjestelmiin tutustumalla saatiin koostettua selkeä kokonaisuus tietomallipohjaisen kustannuslaskentaprosessin vaatimuksille kohdeyrityksessä. Alatutkimuskysymykseen on vastattu luvussa 4.4 ja sen tärkeimmät vaatimuksen on koostettu vielä uudistetun kustannuslaskentaprosessin määrityksen yhteydessä luvussa 5.1.

Kolmas alatutkimuskysymys tutkittiin myös teemahaastatteluiden avulla. Tutkimuskysymyksen tavoitteena oli määrittää käytössä olevat toimintatavat, jotta uudistetun prosessin vaiheet mukailisivat mahdollisimman hyvin käytössä olevia toimintatapoja. Alkuperäinen kohdeyrityksen kustannuslaskentaprosessi on esitelty luvussa 4.3. Tutkimuskysymys saatiin määritettyä kokonaisuudessaan melko kattavasti teemahaastatteluiden avulla sekä keskusteluista kohdeyrityksen henkilöstön kanssa tarpeen mukaan.

Neljäs alatutkimuskysymys tutkittiin teoreettisen viitekehyyksen ja teemahaastatteluiden avulla. Viitekehyyksen avulla saatiin tutkittua melko kattavasti yleisesti määriteltyjä toimintatapoja suunnitteluajakauteen kustannusohjaukseen, jota täydennettiin kohdeyrityksen tarpeilla ja tavoitteilla. Tutkimuskysymys limittyi suurelta osin kohdeyrityksen tavoitteisiin luvussa 4.3 ja uudistetun kustannuslaskentaprosessin määritykseen luvussa 5.1. Vastuksia tähän tutkimuskysymykseen saatiin syvennettyä vielä prosessin testauksen avulla.

Diplomityö tuloksena laadittu tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi on esitetty ja kuvattu luvussa 5.1. Tutkimuksen laajuus huomioon ottaen diplomityö vastasi päätutkimuskysymykseen hyvin. Prosessin testauksella saatiin syvällisempi kuvaus prosessin toimivuudesta kohdeyrityksen organisaatiossa. Jokaisella alatutkimuskysymyksellä oli selkeä rooli päätavoitteen saavuttamisessa, sillä alatutkimuskysymyksien avulla päätavoitteeseen oli ainoastaan mahdollista muodostaa vastaus. Näin ollen voidaan nähdä alatavoitteiden ja päätavoitteen onnistuneen hyvin.

6.3 Tulosten hyödyntäminen ja jatkotutkimus

Kohdeyrityksen tulevia kehityssuuntia suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon, millaisia hankkeita lähitulevaisuudessa halutaan pääosin toteuttaa. Yrityksen sisäiset mallinnusohjeet ja prosessit ovat lähtöisin omaperusteisesta tuotannosta ja toiminnasta, joka soveltuu huonosti silloin kun tilaaja johtaa suunnittelua. Näissä tapauksissa kustannuslaskentaprosessi tukeutuu ja toimii ainoastaan niissä tapauksissa, kun on toimittu yrityksen sisäisen toimintamallin ja mallinnusohjeen mukaan.

Usein tietomallipohjainen kustannuslaskenta ja 5D-BIM ajatellaan määrätiedon linkittämisenä tietomallista kustannusarvioon. Käytännössä kaikki Suomessa markkinoilla olevat ohjelmistot pohjautuvat tähän perusominaisuuteen. Tulevaisuudessa tietomallit toivottavasti tulevat sisältämään kustannustiedon suoraan rakenne- ja tekniikkaosista objektien parametreissa, jolloin tietomalli itsessään ymmärtää mitä mikäkin maksaa. Tietoteknisesti tämä ei tulisi olla kovinkaan hankala toteutettava ominaisuus. Ratkaisu, jossa esimerkiksi rakennusyhtiön kustannustietokanta tai tyyppielementtien yksikköhinnat olisi tallennettuna tietomalliohjelmiston sisäiseen kansioon ja tietomalli itse hakisi rakennusosan kustannustiedon ennakkoon sovitun säännön mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaisi esimerkiksi sitä, että tietomallintaja mallintaisi seinäelementin ja laittaisi sille rakennetyypin mukaisen tunnusteen, jolloin kustannustieto tallentuisi automaattisesti ohjelman sisällä tuon tunnusteen avulla objektin tietoihin. Näin ollen jokaisen mallinnetun objektin ominaisuuksissa olisi sen kustannustieto valmiina, eikä erillistä mallin ryhmitteilyä ja kustannustiedon linkittämistä tarvitsisi suorittaa nykyisessä laajuudessaan.

Valmiiden tiedostopohjien ja mallinnusympäristön merkitystä ei tule sivuuttaa tietomallien hyödyntämistä arvioitaessa. Toimivilla, loppuun asti mietityillä ja standardoiduilla mallinnusympäristöillä ja templateilla saadaan rakennushankkeen tiedonsiirtoa ja sitä myöten käytännössä kaikkia prosesseja tehostettua huomattavasti. Suunnitelluilla templateilla tiedonsiirto on sujuvaa, osapuolten välinen yhteistyö selkeää ja ajankäyttö tehokasta. Varsinkin talotekniikan urakoiden osalta tässä saataisiin iso hyöty tarkasti määritellyillä talotekniikan massalistoilla, jolloin urakat voitaisiin kilpailuttaa täysin tietomallin määriin perustuen. Tämä keventäisi ja nopeuttaisi urakoiden tarjousprosessia ja vaikuttaisi todennäköisesti urakoiden hintoihin, kun määrät olisivat jo tarjousta pyydettyinä tiedossa kaikilla.

Tulevaisuudessa laskenta tulisi tehdä panostasolle asti, jotta tarvittava tarkkuus saavutetaan ja panosmäärien käyttö tuotannossa olisi mahdollista. Panostasolle asti laskettuna, olisi tiedossa määrätiedon pohjalta tuotetut työsuoritukseen kuluvat tunnit, jolloin tuotantoa ja erityisesti aikataulutusta esimerkiksi talotekniikan osalta olisi helpompi ohjata. Myös kustannus- ja panoslajeihin olisi suositeltavaa tehdä pieniä muutoksia. Nyt käytössä olevan kolmen eri kustannuslajin laajentaminen neljään voisi olla perusteltua. Neljäs kustannuslaji helpottaisi ja selkeyttäisi pääryhmien 8 ja 9 rakennetta, kun esimerkiksi työn-aikainen suojaus ja kalusto voitaisiin kohdistaa suoraan tehtäville kustannuslajeissa 4.

Kohdeyrityksessä käytössä olevia nimikkeistöjä ja panosrakenteita olisi varaa selkeyttää. Hankinnan ja laskennan eroava panosrakenne aiheuttaa ongelmia monessa yhteydessä. Nimikkeistöjen käytetään eri toiminnoissa aina vähän eri rakenteella ja panosrakenne vaihtelee hankinnan ja laskennan välillä. Tutkimuksen perusteella suositeltavaa olisi standardoida käytettävät nimikkeistöt ja rakenteet sekä samalla siirtyä käyttämään esimerkiksi tietomallinnettuihin kohteisiin paremmin sopivaa Talo 2000-nimikkeistöä.

Kohdeyrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa yhä enemmän käyttää hankkeissa valmiita vakioituja ratkaisuita, joka antaa myös mahdollisuuden tehokkaammalle tietomallipohjaiselle kustannuslaskentaprosessille. Konseptitalojen perusajatuksena on käyttää vain vakioituja suunnittelu- ja rakenneratkaisuja sekä lisätä esivalmistettujen rakennusosien määrää. Rakenteet ja rakennetyypit halutaan rajata tai vakioida, joka antaa huomattavasti tehokkaammat lähtövalmiudet myös kustannuslaskennalle. Kustannuslaskenta, kustannusarvioiden rakenne ja työmaiden litterointi pitäisi vakioida selkeästi yhteen standardiin, jolloin rakennushankkeiden kustannushallinnasta tulisi huomattavasti nykyistä tehokkaampaa ja tarkempaa. Vakioitujen rakenneratkaisuiden ja rakennetyyppien myötä kustannusarvion laadinnasta olisi mahdollista tehdä ainakin pääryhmien 1-7 osalta käytännössä täysin automaattista.

Talo 2000-nimikkeistö olisi selkeämpi nimikkeistö kohdeyrityksen käyttöön varsinkin tulevaisuudessa, kun tilaelementtejä ja esivalmistettuja elementtejä haluttaisiin käyttää enemmän. Varsinkin tilaelementtien osalta Talo 80-nimikkeistä on hyvin hankala käytettävä, koska tilaelementtien kustannukset jakautuvat ristiin pääryhmien välillä eikä litte-rajako ole selvä. Talo 2000 –nimikkeistössä tilaelementit on mahdollista ryhmitellä omalle nimikkeelle, jolloin kustannusarvion rakenne on helpommin vakioitavissa. Konseptitalojen kehityksen kannalta olisi tärkeää saada vakoitu kustannusarvio, jossa kaikki kustannusten aiheuttajat tulisi jokaisessa konseptitalokohteessa laskea samalla lailla, jotta kohteiden vertailu ja kustannusarviointi olisi yksiselitteistä.

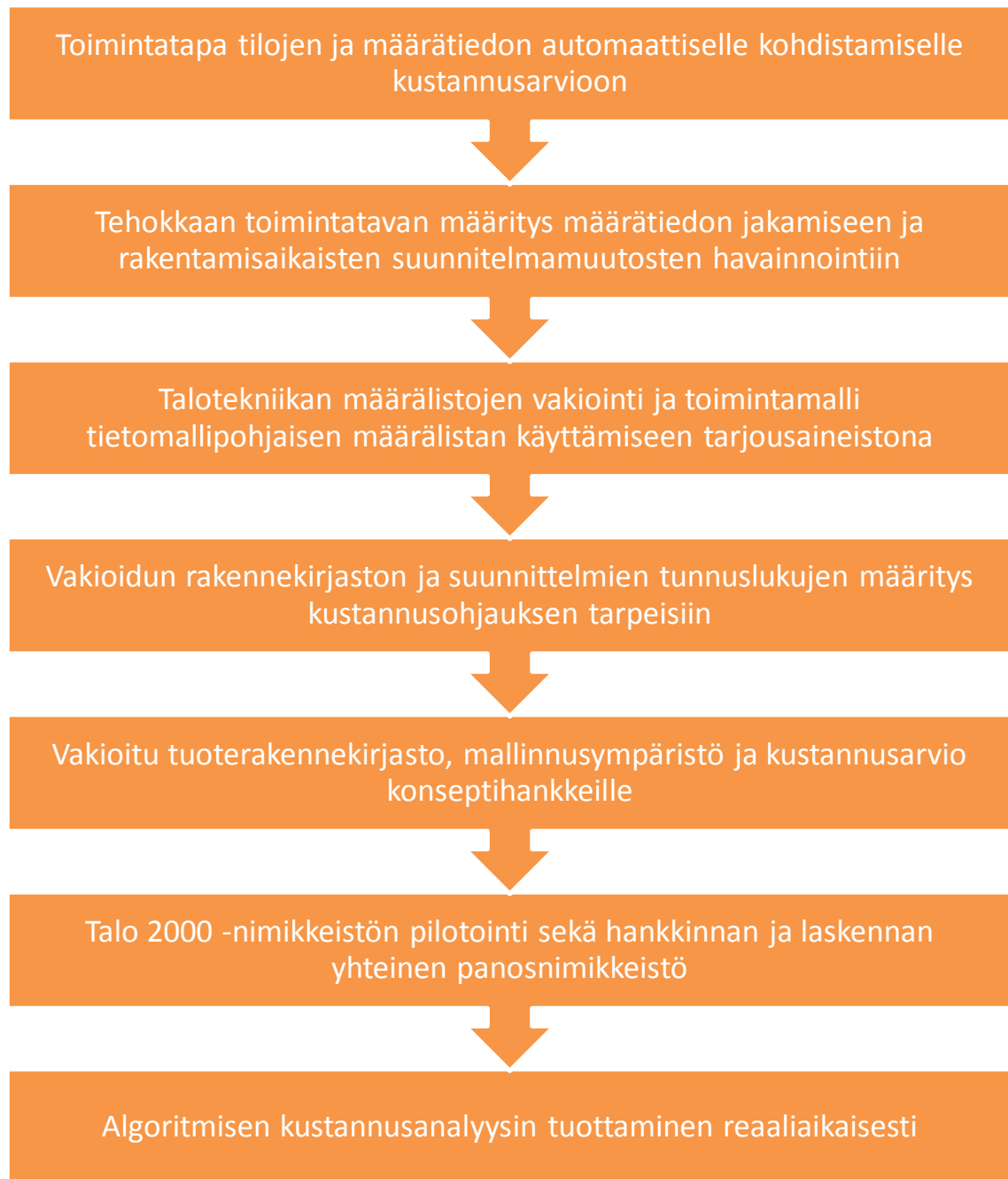
Kohdeyrityksen tulisi näin ollen kehittää selkeä, kaiken kattava tuoterakennekirjasto, joka otettaisiin käyttöön läpi koko organisaation. Kohdeyrityksellä ei ole varsinaista yhteistä tuoterakennetta tai kustannustietokantaa, vaan jokainen yksikkö on organisoitunut omat toimintatavat. Suoritelaskenta tehdään käytännössä tarjoushinnan määrittämisen takia eikä se palvele hankintaa tai tuotannosuunnittelua parhaalla mahdollisella tavalla. Määrä- ja kustannuslaskennan tulisi tuottaa muutakin lisäarvoa hankkeelle kuin vain kustannusarvio. Kustannusinsinöörien sitominen hankkeisiin jo suunnittelun alkaessa sekä projektin johdon ja kustannusinsinöörien toimiminen tiiminä toisivat varmasti paremmat tulokset hankkeiden totutukselle.

Eräänä ajatuksena kustannusohjauksen työkaluksi hankkeiden projektinjohtajille, olisi hyödyllistä tuottaa tiettyjä suunnitelmien tunnuslukuja projektin kustannusten vertailuun. Yksinkertaisimmillaan tällainen voitaisiin toteuttaa yleisimpien tunnuslukujen listauk-

senä, josta voitaisiin suunnitteluajana tarkistaa suunnitelmien yksityiskohtia. Teema-haastattelussa esiin nousi muutamia tunnuslukuesimerkkejä, jotka eivät kuitenkaan ole kaikkien tiedossa. Tällaisia on esimerkiksi asuinkerrostalon anturoiden yleinen raudoitusmäärä kuutiolle tai liikuntasaumoissa käytettävien väliseinin paksuudet

Kohdeyrityksen jälkilaskenta on kovin vajavaista ja varsinkin työmaalle tulisi tuottaa yksinkertainen ja tehokas toimintamalli, jolla päivitettyjä suunnitelmia voitaisiin verrata urakkasopimuksen liitteenä oleviin alkuperäisiin suunnitelmiin, jotta lisä- ja muutostyöt voitaisiin huomata helposti toteutusvaiheessa. Tähän ongelmaan esitettiin yksi ratkaisuvaihtoehto luvussa 5.1 revisiovertailun avulla esimerkiksi Solibri Model Checker ohjelmassa. Näin voitaisiin automaattisesti löytää suunnitelmista muuttuneet rakennusosat, mikäli tietomallit olisivat käytössä.

Haastatteluiden ja kohdeyritykselle aiemmin tehtyjen tutkimuksien perusteella kustannusarvioissa on ollut haasteita varsinkin pääryhmän 3 osalta. Tietomallien käyttö toisilkeän edun esimerkiksi runko- ja väliseinäelementtien lisätöiden tarkempaan arviointiin. Esimerkkinä voidaan ottaa ontelolaattojen leikkaamisesta aiheutuvat lisäkustannukset, jotka yleensä määräytyvät yksikköhintaperusteisesti. Solibri Model Checker ohjelman säännöstoillä voitaisiin automaattisesti listata, minkä pituisia ontelolaattoja suunnitelmat sisältävät ja määrittää laattojen katkasuihin menevät kustannukset. Perinteisistä dokumenteista niiden laskeminen on hieman hankalaa ja aikaa vievää. Kuvassa 39 on esitetty tutkimuksessa esiin tulleita jatkotutkimusaiheita digitaalisen prosessin saavuttamiseksi kohdeyrityksessä.



Kuva 39. Kohdeyityksen jatkotutkimusteemoja.

Nykyisellään kustannuslaskentaprosessiin ja kustannuksiin liittyvä tiedonsiirto on hyvin manuaalista ja sama ilmiö on nähtävissä koko organisaatiossa. Kohdeyityksessä käytettävät järjestelmät ovat pääosin melko vanhoja ja kaikki hieman eri pohjalle tai järjestelmälle toteutettuja. Tulevaisuudessa olisi hyvin tärkeää miettiä toimivan kokonaisuuden kehittämistä, joka kattaisi koko toiminnanohjausjärjestelmän. Näin ollen kaikki järjestelmät saataisiin toimimaan samalla perusajatuksella ja rakenteella, jolloin tietomallintaminen olisi rakennettu jo lähtökohtaisesti järjestelmän sisään. Tällaista kehitysmahdollisuutta tulisi tutkia esimerkiksi RIB iTWO ohjelmiston avulla.

LÄHTEET

- Alhava, O. 2013. Case: Virtuaalirakentamista asiakkaan tarpeisiin. Viitattu 15.4.2016
Saatavissa: https://www.tekes.fi/contentas-sets/b60363eafc4a4e2591c0488a577a292c/case-virtuaalirakentamista-asiakkaan-tarpeisiin_fira_13-14.3.2013.pdf
- Banks J. 2015. Why BIM is still bankrupting your firm. 2015. WWW. Viitattu 22.5.2016. Saatavissa: <http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm/>
- BuildingSMART. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1, WWW. Viitattu 21.3.2016. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>
- BuildingSMART. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 2, WWW. Viitattu 21.3.2016. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>
- BuildingSMART. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 6, WWW. Viitattu 21.3.2016. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>
- BuildingSMART. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 7, WWW. Viitattu 21.3.2016. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, P. & Liston, K. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Second edition 2011.
- Enkovaara, E., Haveri, H., Jeskanen, P. 2006. Rakennushankkeen kustannushallinta, 4. painos. 2006. Rakennustieto.
- Haahtela. 2015. Talonrakennuksen kustannustieto 2015. Viitattu 9.5.2016
- Haahtela. 2016. Yhtiön internetsivut. WWW. Viitattu 22.5.2016. Saatavissa: <https://www.haahtela.fi/fi/ohjelmistot/kaikki/taku-2/taku-yhteenveto>
- Iloranta, K., Pajunen-Muhonen, H. 2012. Hankintojen johtaminen: ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan 2012. Viitattu 21.3.2016.
- Järvinen, T. Tietomallipohjaiset suunnitteluprosessit. 2013. NSS Asiantuntijaseminaari aineisto. Viitattu 15.4.2016. Saatavissa: http://nsoy.fi/uploads/GRA_NSS_201311.pdf
- Karstila, K. 2004. Rakennuksen tuotemallintamisen sanasto. WWW. Viitattu 21.3.2016. Saatavissa: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf

Karstila, K., Serên K. 2002. Pro-IT OP1.1: Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta versio 1.0. Viitattu 15.4.2016. Saatavissa: http://virtual.vtt.fi/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf

Kaukonen, J. 2012. Perusteet tietomallipohjaiselle määrälaskennalle. Opinnäytetyö. Viitattu 22.5.2016. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41426/Kaukonen_Jenni.pdf?sequence=1

Kero, K. 2016. Luentokalvot kurssilta RAK-43640 Mallintamisen sovellukset. 11.3.2016. TTY. Viitattu 22.5.2016.

Kilpeläinen, J. 2013. Mallintamisen määrätiedoilla laskettava LVI-kustannusarvio. Opinnäytetyö. Viitattu 21.6.2016. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58593/Mallinta.pdf?sequence=1>

Korhonen, P. 2016. Tilatekniikkamoduulin kehittäminen. Diplomityö. Viitattu 21.7.2016. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/23940>

Lehtinen S. 2016. Datacubist Oy. Vakioitu ja arvokas tiedonsiirto tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa. Luentokalvot kurssilta RAK-43640 Mallintamisen sovellukset. 11.3.2016. TTY. Viitattu 22.5.2016.

Lund, J. 2014. Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa. Opinnäytetyö. Viitattu 21.6.2016. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72844/Tietomallin%20hyodyntaminen%20tehtavasunnittelussa.pdf?sequence=1>

Merikallio L. 2013. Lean-ajattelun soveltaminen sairaalatekniikan palvelutuotannossa. Seminaari esitys, sairaalatekniikan päivät 2013 Pori. Viitattu 22.5.2016. Saatavissa: http://ssty.fi/download/Luennot/ssty2013_merikallio.pdf

Metodix. 2016. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2016. Saatavissa: <https://metodix.wordpress.com/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>

Mäenpää, H. 2014 Hankesuunnitteluvaiheen tietomallipohjainen kustannusarviointi. Diplomityö. Viitattu 15.5.2016. Saatavissa: <http://lci.fi/wp-content/uploads/2015/05/Hankesuunnitteluvaiheen-tietomallipohjainen-kustannusarviointi.pdf>

NCC. 2016. Starnet intranet-sivut. WWW. Viitattu 3.7.2016.

NCC. 2016. Strategia vuosille 2016-2020. NCC_Strategy presentation_FI_final2016. Viitattu 3.7.2016.

NCC. 2016. verkkosivu. Viitattu 20.5.2016. Saatavissa (Viitattu 12.1.2016): <http://www.ncc.fi/tietoancستا/>

Optiplan. 2015. Rakennusselostus A-kruunu Vihdin Tuusankaari. Viitattu 3.7.2016.

Parkkinen, A. 2013. Rakennuksen tietomallien hyödyntämisen edellytykset rakentamisen valmistelu- ja rakennusvaiheessa. Viitattu 21.6.2016. Saatavissa:

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94652/Rakennuksen%20tietomallien%20hy%C3%B6dynt%C3%A4misen%20edellytykset%20rakentamisen%20valmistelu-%20ja%20rakennusvaiheessa.pdf?sequence=2>

Penttilä, H., Nissinen, S., & Niemenoja, S. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet – Pro IT. Helsinki, Rakennustieto Oy

Rakennustieto. 2016. RT-10-11208 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu. Tilaaajan ohje. Mallinnustarkkuus. Viitattu 14.6.2016.

Rakennustieto. 2016. RT-10-11208 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennussuunnittelu. Tilaaajan ohje. Mallinnustarkkuus. Viitattu 14.6.2016.

Rakennustieto. 2016. RT-10-11211 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus, Osa 4. Talotekninen suunnittelu. Talotekniikan vaatimuksia mallinnukselle. Viitattu 14.6.2016.

Rakennustieto. 2016. RT-10-11210 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4. Talotekninen suunnittelu. Määrälaskennan prosessiohje. Viitattu 14.6.2016.

Rakennustieto. 1989. RT 10–10387 Talonrakennushankkeen kulku. Viitattu 24.3.2016.

Rakennustieto. 2010. RT 10–10992 Tietomallinnettava rakennushanke. Viitattu 24.3.2016.

RIB AG. 2016. Yhtiön internetsivut. WWW. Viitattu 16.6.2016. Saatavissa:

<http://www.rib-software.com/en/landingpage/rib-itwo.html>

Rytkönen E. 2016. Fira Oy. Tietomallien hyödyntäminen hankekehityksessä ja suunnittelunohjauksessa. Luentokalvot kurssilta RAK-43640 Mallintamisen sovellukset.

15.4.2016. TTY. Viitattu 22.5.2016

Salminen, U. 2004. Laskennan, hankinnan ja tuotannon yhteinen panosrekisteri rakennusyriyksessä. Diplomityö. Viitattu 21.6.2016. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58593/Mallinta.pdf?sequence=1>

Salomäki J. 2014. Hankinnan kustannustehokkuuden parantaminen. Opinnäytetyö. Viitattu 21.6.2016. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73978/Salomaki_Juho.pdf?sequence=1

Suokas, E. 2015. Big Room –menetelmän soveltaminen omaperusteisen asuntotuotannon hankekehitys- ja suunnittelunohjausprosessissa. Viitattu 21.6.2016. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19055/master_Suokas_Emma_2015.pdf?sequence=1

Suomalainen, T. Luentokalvot kurssilta RAK-43640 Mallintamisen sovellukset. 11.3.2016. TTY. Viitattu 22.5.2016.

Teittinen, T. 2009. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta, erikoistyö. Tampereen teknillinen yliopisto. WWW. Saatavissa: <https://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/4/4b/ErikoityoRaporttiTt.pdf>

Teittinen, T. 2016. Luentokalvot kurssilta RAK-43640 Mallintamisen sovellukset. 11.3.2016. TTY. Viitattu 22.5.2016

Thoai, L. 2016. Elementtisuunnittelun määrälaskennan ja hinnoitteluprosessin hallinta. Opinnäytetyö. Viitattu 11.8.2016. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107488/Thoai%20Le_opinnaytetyo1.pdf?sequence=1

Tilastokeskus. 2016. Teemahaastattelu. Viitattu 24.4.2016. Saatavissa: <https://www.stat.fi/virsta/tkeruu/04/03/index.html>

Vaismaa, K. 2009. Aiheesta analyysiin, Tampereen teknillisen yliopisto. WWW. Viitattu 21.3.2016 Saatavissa: http://www.tut.fi/verne/aineisto/aiheesta_analyysiin.pdf

Virtanen, A. 2006. Konstruktiivinen tutkimusote: Miten koulutus ja elinkeinoelämän odotukset kohtaavat ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä. Ammattikasvatuksen aikakauskirja. OKKA-säätiö, Vol. 8(1), pp. 46-52. Viitattu 20.5.2016. Saatavissa: http://www.okka-saatio.com/aikakauskirja/pdf/Aikak_2006_1_D_Virtanen.pdf

Virtuaali ammattikorkeakoulu. 2016. Haastatteluun perustuvan tutkimuksen suorittaminen. Viitattu 24.4.2016. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464131489/1194289380312/1194290540422.html>

Vakkilainen, J. 2009. Rakennuksen tietomalli rakennushankkeen suunnitteluvälineenä. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Saatavissa: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-200906101077>

LIITE 1: ASIANTUNTIJAJAHAASTATTELUN KYSYMYKSIÄ

Kysymyksiä:

- Työtehtävät ja asema?
- Kuinka paljon sinulla on kokemusta tietomalleista eri hankkeissa? (vuosina)
- Mitkä ovat tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suurimmat hyödyt?
- Mitkä ovat tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suurimmat ongelmat tai puutteet verrattuna perinteiseen laskentaan?
- Mitä ongelmia näet tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönotossa?
- Millainen on nyt käytössä oleva kustannuslaskentaprosessi?
- Millainen tietomallipohjaisen kustannuslaskentaprosessin tulisi olla?
- Millaiset rajoitteet ja rakenteet kustannustietokanta asettaa laskennalle?
- Miten tietomallipohjaisen määrätiedon ja kustannustiedon välinen linkitys tulisi toteuttaa?
- Onko hakkeiden malleilla ja prosesseilla edellytykset tietomallipohjaiseen laskentaan? Täyttävätkö tietomallit määrälaskennan vaatimukset?
- Kuinka sujuvaksi olet kokenut tiedonsiirron ohjelmien välillä?
- Kuinka paljon ja mitä määrätietoa voi mallista saada?
- Mitä määrätietoa ei mallista tule saamaan?
- Kehitysideoita tai muuta kommentoitavaa.

LIITE 2: HAASTATELTAVAT

Nimi		Yritys	Tehtävänimike
Heiskanen	Aleksi	NCC Rakennus Oy	Projekti-insinööri
Jäkärä	Jesse	NCC Rakennus Oy	Kustannusinsinööriharjoittelija
Kerkkänen	Esko	NCC Rakennus Oy	Hankesuunnittelupäällikkö
Kilpeläinen	Tuomo	NCC Rakennus Oy	Laskentapäällikkö
Koivunoro	Matti	NCC Rakennus Oy	Projektipäällikkö (1)
Lennox	Maria	NCC Rakennus Oy	Kehityspäällikkö
Lund	Jan	NCC Rakennus Oy	Työmaainsinööri
Penttala	Miikka	NCC Rakennus Oy	Kustannusinsinööri
Piira	Kirsi	NCC Rakennus Oy	Projektipäällikkö (2)
Teittinen	Toni	TTY	Tohtorikoulutettava
Törrönen	Ari	NCC Rakennus Oy	Osastopäällikkö
Ågren	Aake	NCC Rakennus Oy	Hankintapäällikkö

Mallinnettavat rakennusosat sekä mallinnuksen tarkkuustaso				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö																						
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Kommenttikenttä	Nimi	Profilii	Kerros	Materiaali	Tunnus	Status-tieto	Lohko	Juokseva nro	Precast/Cast in	Luokittelu (class)	Ylin korkeusasema	Alin korkeusasema	Ylin globaali	Alin globaali	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus	Leveys	Korkeus/paksuus	Tilavuus	Betoniosien tila-	Paino [kg]	
1238	Eriyiset runko-rakenteet (esim. kehärakenteet, kerrosten uima-allasrakenteet, IV-konehuoneiden rungot)	(3)	Sovitaan projektikohtaisesti	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
124	Julkisivut																									
1241	Ulkoseinät, betonielementit	3	Ulkoseinäelementtiin kuulumaton pintarakenne mallinnetaan erikseen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1241	Ulkoseinät: termoranka, puu, teräs	2	Tunnustietona käytetään kohteen rakennetyyppiä, esim. US 101, nimi seinätyypin mukaan esim. PUUELEMENTTI	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
1241	Ulkoseinän pintarakenne (tiilimuuraus, rappaus)	2		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				

Mallinnettavat rakennusosat sekä mallinnuksen tarkkuustaso				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö																						
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Kommenttikenttä	Nimi	Profilii	Kerros	Materiaali	Tunnus	Status-tieto	Lohko	Juokseva nro	Precast/Cast in	Luokittelu (class)	Ylin korkeusasema	Alin korkeusasema	Ylin globaali	Alin globaali	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus	Leveys	Korkeus/paksuus	Tilavuus	Betoniosien tila-	Paino [kg]	
131 1	Tiiliväliseinät	(2)	Tarvittavat tukirakenteet mallinnetaan (sovitaan projektikohtaisesti)	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
131 1	Osastoivat puurakenteiset väliseinät	2	Tunnustietona käytetään kohteen rakennetyyppejä	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
131 2	Lasiväliseinät	2	Tarvittavat tukirakenteet mallinnetaan (sovitaan projektikohtaisesti)	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
131 7	Tilaportaat/ betoni, teräs	3	Kuten runkoportaot	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
132	Tilapinnat																									
132 1	Lattioiden pintarakenteet	2	Lattioiden pintavalut	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
134	Muut tilaosat																									
134 1	Hoitotasot ja kulkurakenteet	3		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
134 2	Tulisijat ja savuhormit	2		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

Mallinnettavat rakennusosat sekä mallinnuksen tarkkuustaso				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö																						
Nro	Osat	Hankintoja palvelu suunnittelu	Kommenttikenttä	Nimi	Profiili	Kerros	Materiaali	Tunnus	Status-tieto	Lohko	Juokseva nro	Precast/Cast in	Luokittelu (class)	Ylin korkeusasema	Alin korkeusasema	Ylin globaali	Alin globaali	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus	Leveys	Korkeus/paksuus	Tilavuus	Betoniosien tila-	Paino [kg]	
135	Tilaelementit																									
135	Kylpyhuone-elementit	2	Mallinnetaan oikean kokoisena tilavarauksena, tunnus KPH, nimi kylpyhuone-elementti	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
135	Kylmähuone-elementit	2	Tilavarauksena	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
135	Saunaelementit	2	Tilavarauksena	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
135	Talotekniikan tilaelementit	2	Tilavarauksena. Jos teräsrakenteisia ja toteutetaan tilaajan suunnitelmin, mallinnetaan kuten muut teräsrakenteet	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
135	Hormielementit	2	Hormielementtitoimitajan tunnus	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
000	Korjauskohteet																									
001	Purettavat rakennusosat	2		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

LIITE 4: ERI RAKENNUSOSIEN MALLINNUSTARKKUUS HANKINTOJA JA LASKENTAA PALVELEVIA ARK-KITEHTISUUNNITELMIA VARTEN

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö										
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Ensisijaiset mallinnustyökalut ja nimikkeet	Tyyppi/nimi/ID	Talo2000 (kuvataso)	Numero	Ovi- ja ikkunallitera	dB-arvo / EI-arvo	Kpl-määrä	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus, leveys, kork.	Karmikoko	Tilavuus
11	Alueosat													
1110P	Purettavat aluerakent.	1	Mallinnetaan kuten uudet rakennusosat (PURETTAVA)							x	x			
1110S	Säilyvät aluerakenteet	1	Mallinnetaan kuten uudet rakennusosat (SÄILYVÄ, SIIRRETTÄVÄ, KUNNOSTETTAVA)							x	x			
113	Päällysteet (tontti)	1	Laatta, katto, pinta (ASF., HIEKKA, NURMI jne.)	x	x					x	x			
114	Alueen varusteet	(1)	Objekti (sovitaan projektikohtaisesti)	x	x									
115	Alueen rakenteet													
1151	Pihavarastot	1	Käytetään soveltuvia työkaluja	x	x					x	x			
1152	Pihakatokset	1	Käytetään soveltuvia työkaluja (KATOS)	x	x					x	x			
1153	Aidat ja tukimuurit	1	Seinä, objekti (AITA, MUURI)	x	x					x	x	x		
1154	Alueen portaat, luisikat ja terassit	1	Porras, laatta (PORRAS, LUISKA jne.)	x	x									
1155	Alueen pysäköintirak.	1	Käytetään soveltuvia työkaluja	x	x					x	x			
12	Talo-osat													
1200P	Purettavat talorakent.	1	Mallinnetaan kuten uudet rakennusosat (PURETTAVA)	x	x				x	x	x	x		

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö										
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Ensisijaiset mallinnustyökälu ja nimikkeet	Tyyppi/nimi/ID	Talo2000 (kuvataso)	Numero	Ovi- ja ikkunallittera	dB-arvo / EI-arvo	Kpl-määrä	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus, leveys, kork.	Karmikoko	Tilavuus
1200S	Säilyvät talorakenteet	1	Mallinnetaan kuten uudet rakennusosat (SÄILYVÄ, SIIRRETTÄVÄ, KUNNOSTETTAVA)	x	x				x	x	x	x		
121	Perustukset	1	Seinä. Mallinnetaan vain näkyvät sokkelit. (SOKKELI)	x	x									
122	Alapohjat													
1221	Alapohjalaatat	2	Laatta, katto (AP)	x	x					x	x	x		
123	Runko													
1231	Väestönsuojat	2	Seinä, laatta (VSS)	x	x					x	x	x		
1232	Kantavat seinät	2	Seinä (VS)	x	x					x	x	x		
1233	Pilarit	1	Pilari (PILARI)	x	x							x		
1234	Palkit	1	Palkki (PALKKI)	x	x							x		
1235	Välipohjat	2	Laatta, katto (VP)	x	x					x	x	x		
1236	Yläpohjat	2	Laatta, katto (YP)	x	x					x	x	x		
1237	Runkoportaat	1	Porras, laatta (PORRAS)	x	x									
124	Julkisivut													
1241	Ulkoseinät	2	Seinä (US)	x	x					x	x	x		
1242	Ikkunat	3	Ikkuna	x	x		x	x	x	x	x		x	
1243	Ulko-ovet	3	Ovi	x	x		x	x	x				x	
1244	Julkisivuvuvarusteet	1	Objekti	x	x									
125	Ulkotasot													
1251	Parvekkeet	2	Laatta, seinä, pilari, objekti. Parvekelaatta (CL, ULOKEPARVEKE), Pieni (M), Parvekekaide (KAIDE), Parvekekattolaatta (CX), Parvekepilari (CP), Parvekelasitus (LASITUS)	x	x					x	x	x		

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö										
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Ensisijaiset mallinnustyökalut ja nimikkeet	Tyyppi/nimi/ID	Talo2000 (kuvataso)	Numero	Ovi- ja ikkunallittera	dB-arvo / EI-arvo	Kpl-määrä	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus, leveys, kork.	Karmikoko	Tilavuus
1252	Katokset	1	Laatta, katto (KATOS)	x	x					x	x	x		
126	Vesikatot													
1262	Räystäarakenteet	1	Seinä (RÄYSTÄS)	x	x							x		
1263	Vesikatteet	2	Laatta, katto (VK)	x	x					x	x	x		
1264	Vesikattovarusteet	1	Objekti	x	x				x					
1265	Lasikattorakenteet	1	Objekti	x	x					x	x	x		
1266	Kattoikkunat ja luukut	3	Ikkuna	x	x				x	x	x		x	
13	Tilaosat													
1300P	Purettavat tilarakent.	1	Mallinnetaan kuten uudet rakennusosatkin (PURETTAVA)	x	x				x	x	x	x		
1300S	Säilyvät tilarakenteet	1	Mallinnetaan kuten uudet rakennusosatkin (SÄILYVÄ, SIIRRETTÄVÄ, KUNNOSTETTAVA)	x	x				x	x	x	x		
131	Tilan jako-osat													
1311	Väliseinät	2	Seinä (VS)	x	x					x	x	x		
1312	Lasiväliseinät	2	Seinä, verhorakenne (VS)	x	x					x	x	x		
1313	Erytysväliseinät	2	Seinä, verhorakenne (VS)	x	x					x	x	x		
1314	Kaiteet	1	Seinä, objekti (KAIDE)	x	x							x		
1315	Väliovet	3	Ovi	x	x		x	x	x				x	
1316	Erytisovet	3	Ovi	x	x		x	x	x				x	
1317	Tilaportaat	1	Porras, laatta	x	x									
132	Tilapinnat													
1321	Lattioiden pintarakent.		Laatta, katto (ASENNUSLATTIA, LAATOITUS, MATTO, PARKETTI)	x	x					x	x			

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö										
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Ensisijaiset mallinnustyökälyt ja nimikkeet	Tyyppi/nimi/ID	Talo2000 (kuvataso)	Numero	Ovi- ja ikkunallittera	dB-arvo / EI-arvo	Kpl-määrä	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus, leveys, kork.	Karmikoko	Tilavuus
1322	Lattiapinnat	2	Laatta	x	x					x	x			
1323	Sisäkattorakenteet	2	Laatta, alakatto, seinä (AK, KOTELO, OTSA jne.)	x	x					x	x	x		
1324	Sisäkattopinnat			x	x									
1325	Seinien pintarakenteet	2	Seinä (SPR)	x	x					x	x	x		
1326	Seinäpinnat	(2)	Seinä (sovitaan projektikohtaisesti)	x	x					x	x			
1327	Eriyiset tilapinnat	1	Objekti (TARKASTUSLUUKUT)	x	x									
133	Tilavarusteet													
1331	Vakiokiinto-kalusteet	1	Seinä, objekti	x	x				x			x		
1332	Eriyiskiinto-kalusteet	1	Objekti	x	x				x			x		
1333	Varusteet	1	Objekti	x	x				x					
1334	Vakiolaitteet	1	Objekti	x	x				x					
134	Muut tilaosat													
1341	Hoitotasot ja kulkurakenteet	1		x	x									
1342	Tulisijat ja savuhormit	1		x	x									
135	Tilaelementit													
1351	Kylpyhuone-elementit	2	Kuten paikalla tehtävä rakenne, osat nimetään kuuluvaksi elementtiin.	x	x				x	x	x	x		
1352	Kylmähuone-elementit	2	Kuten paikalla tehtävä rakenne, osat nimetään kuuluvaksi elementtiin.	x	x				x	x	x	x		

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö										
Nro	Osat	Hankintoja palveleva suunnittelu	Ensisijaiset mallinnustyökalut ja nimikkeet	Tyyppi/nimi/ID	Talo2000 (kuvataso)	Numero	Ovi- ja ikkunalliterra	dB-arvo / EI-arvo	Kpl-määrä	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus, leveys, kork.	Karmikoko	Tilavuus
1353	Saunaelementit	2	Kuten paikalla tehtävä rakenne, osat nimetään kuuluvaksi elementtiin.	x	x				x	x	x	x		
1355	Hormielementit	1	Seinä (HORMI)	x	x				x			x		
251	Siirtolaitteet													
2511	Hissit			x	x									
252	Tilalaitteet													
2521	Keittiölaitteet	1	Objekti	x	x				x					
2522	Pesulalaitteet	1	Objekti	x	x				x					
2523	VSS-laitteet	1	Objekti	x	x				x					
511	Irtaimisto													
5111	Irtaimet kalusteet	1	Objekti											
900	Laajuustiedot													
951	Tilavuus	1	Vyöhyke, area	x	x									x
931	Bruttoala	1	Vyöhyke, area	x	x					x	x			
932	Kerrostasoala	1	Vyöhyke, area	x	x					x	x			
933	Huoneistoala	1	Vyöhyke, area	x	x	x			x	x	x			
935	Huoneala	1	Vyöhyke, room	x	x	x			x	x	x			

LIITE 5: TEEMOITELLUT ASiantuntijahaastatteluiden VASTAUKSET

Haastattelut tuotettiin 12 aiheen asiantuntijalle teemahaastatteluina. Samojen kysymysten pohjalta tuotettiin kaikki haastattelut, mutta jokaisen asiantuntijan kanssa perehdyttiin himan tarkemmin aina hänen erityisosaamiseensa liittyviin kysymyksiin. Haastateltavat olivat eri toiminnossa työskenteleviä henkilöitä NCC Suomi Oy:ltä sekä yrityksen ulkopuolelta. Haastateltavien työtehtäviä olivat esimerkiksi tietomallikoordinaattori, kustannuslaskija, työmaainsinööri, laskentapäällikkö, projektipäällikkö, projekti-insinööri, osastopäällikkö, hankesuunnittelupäällikkö, kehityspäällikkö ja hankintapäällikkö. Valtaosalla haastateltavista oli noin 2-3 vuotta kokemusta tietomalleista, mutta usealla kokemusta oli yli 10 vuoden ajalta.

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan hyödyllisyys tunnustettiin yksimielisesti. Alla on listattu vastauksia kysymykseen: ”Mitkä ovat tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suurimmat hyödyt?”:

- ”Tarkkuus ja nopeus.”
- ”Tarkkuus paranee ja tieto päivittyy nopeammin ja tarkemmin silloin kun vielä suunnitellaan.”
- ”Tietomallipohjainen laskenta tulee väistämättä käyttöön koko prosessin osalta, tämä on iso kilpailuvaltti meille.”
- ”Kustannusohjaus helpottuu.”
- ”Tarkempi tieto suunnitteluvaiheessa”
- ”Nopeuttaa määrälaskentaa ja betonielementtien määräluettelot ovat parempia niiden hankkimista ajatellen. Virheitä tulee vähemmän ja määrälaskenta on tarkempaa. Myös kustannuslaskenta voi työnä olla mukavampaa.”
- ”Tietomalli auttaa hahmottamaan huomattavasti paremmin laskettavaa kohdetta”
- ”Määrät saadaan laskettua tarkemmin ja nopeammin sekä prosesseja saadaan tehostettua huomattavasti”
- ”Maamassojen laskenta on myös hyödyllistä tehdä mallin tiedoista.”
- ”Suunnitteluohjauksen osalta erittäin tärkeä asia.”
- ”Tietomallin avulla kohteeseen tutustuminen on aivan eri tasolla.”
- ”Hankinnan osalta ainakin se, että saataisiin määrät nopeasti ja helposti, jolloin voitaisiin laskea talotekniikan tekninen hinta.”
- ”Isoin hyöty on, että saataisiin nopeasti ja kohtalaisen tarkasti määrätietoa hankkeen johtamisen tueksi. Lisäksi saadaan lähtötietoja, joihin voidaan peilata määrätiedon ja kustannusten oikeellisuutta.”
- ”Inhimillisen virheen mahdollisuus pienenee ja aikaa säästyy. Myös vaikeat ja monimutkaiset kohdat rakenteissa on huomattavasti helpompi ymmärtää.”

Tutkimuksen aluksia oli varmistettava, että tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönoton edellytykset ovat kunnossa kohdeyrityksessä. Haastatteluiden perusteella tietomallintamisen edellytykset ovat melko yksimielisesti riittävällä tasolla. Alla on listattu vastauksia kysymyksiin: "Onko hankkeiden tietomalleilla ja prosesseilla edellytykset tietomallipohjaiseen laskentaan? Täyttävätkö tietomallit määrälaskennan vaatimukset?":

- "Mallit ja prosessit ovat kyllä hyvin sillä tasolla, että NCC:llä on kaikki edellytykset ottaa tällaiset toimintatavat käyttöön."
- "On pääosin kyllä."
- "Täyttävät määrälaskennan vaatimukset riittävällä tarkkuudella, ainakin niissä malleissa mitä minä olen kohdannut."
- "Urakkakohteissa vaihtelevampaa."
- "On kyllä, VDC tiimi käynnistää tietomallintamisen aina ja he osaavat kyllä määrittää ja valvoa, että on riittävät edellytykset."
- "Toiminnot ovat ehkä liikaa erkaantuneet toisistaan."
- "Uusien tietomallinnuksen tilaamisen suunnitteluohjeilla, tietomallin tilaaminen on helppoa niin, että edellytykset täyttyvät."
- "Usein malleja on käytössä eri hankkeissa, mutta aina ei välttämättä kaikilta suunnittelualoilta. Tilaaja harvoin sitoutuu mallien määriin."

Merkittäviä ongelmia tietomallipohjaisessa laskennassa verrattuna perinteiseen tapaan ei juurikaan löydetty haastatteluiden avulla. Alla on listattu vastauksia kysymykseen: "Mitkä ovat tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suurimmat ongelmat tai puutteet verrattuna perinteiseen laskentaan?":

- "Tietomallit eivät ole peittäviä ja niistä saatava määrätieto on osittain virheellistä."
- "Ei varsinaisesti mitään ongelmaa. Hyötyjä vain, jos prosessi saadaan tehokkaasti toimimaan."
- "Tietomallinnusta ei osata tilata tai hyödyntää."
- "Käsin laskennassa hyväksytään pienet virheet, mutta jos kone tekee virheen niin siihen ei luoteta yhtään."
- "Prosessin täytyisi olla kokonaan valmis heti."
- "Muutosvastarinta."
- "Niin vahva rutiini ettei uskalla edes ajatella toista tapaa."
- "Määrätiedon automaattinen linkittäminen ei toisi lisäarvoa mihinkään."
- "Ei tunneta yleisiä tietomallintamisen ja suunnittelun pelisääntöjä."
- "Mallien ja suunnittelutiedon jakaminen, malleja on vielä hyvin vähän, urakoitsijat ei malleja osaa hyödyntää"
- "Laskennalla ja hankinnalla eri nimikkeistö ja panosrakenne"
- "Varsinkin urakkakohteissa tilaaja ei sitoudu mallin määriin, koska tietomalleja pelätään eikä mallintamiseen luoteta."

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönoton suurimpina ongelmina nähtiin enemmänkin toimintatavat ja ihmiset kuin hyödynnettävyys. Alla on listattu vastauksia kysymykseen: "Mitä ongelmia näet tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönotossa?":

- "Ihmiset, prosessit ja toimintatavat."
- "Tietomallinnusta ei ostata tilata eikä meillä ole yhteisiä mallinnusohjeita."
- "Yritykseltä puuttuu yhteinen ja järkevä kustannuslaskentarekisteri."
- "Laskenta on hyvin yksikkö-, osasto-, ja henkilöriippuvaista eikä ole mitään yhteistä standardia tai toimintatapaa."
- "Laskentaprosessi on jo tarpeeksi tarkka."
- "Työkalussa niin valtava kehitystyö, että ei kannata meidän lähteä kehittämään vaan ostaa joltain firmalta joka kehittää sen valmiiksi."
- "Kaikki laskijat eivät varmasti pysty ottamaan tietomallipohjaista laskentaa käyttöön."
- "Johtaminen."
- "Hyvin henkilöstöriippuvaista eikä mitään standardia tai yhteistä talon tapaa."
- "Jos ei ole valmis tuote niin se hylätään aika nopeasti."
- "Hankaluudet osaamisessa, toimivien ohjelmien löytämisessä ja vanhojen prosessien vaihdoksessa eli halussa."
- "Ei saa lähteä ratsastamaan yhden ohjelman avulla eteenpäin ja toivoa, että kaikki ratkeaa sillä vaan mennä prosessi edellä."
- "Muutosvastarinta isoa."
- "Tarvitaan lisää osaamista ohjelmistojen ja tietotekniikan osalta."
- "Ainakaan huono asia sen käyttöönotto ei voi olla. Jos joku ei halua käyttää niin ei ole pakko, minä haluan ainakin tehdä asiat helpommin ja nopeammin itselleni."
- "Vielä ei ainakaan ostata käyttää mutta tahtotila on kova."
- "Laskennalla ja hankinnalla eri nimikkeistö ja panosrakenne."
- "Malleja ei ole tai ne eivät ole riittävän tarkkoja."
- "Varsinkin AR:n organisaatiossa suurin ongelma on henkilöstön osaamisessa, eli tietoteknisiin kokonaisuuksiin ei ole valmiuksia henkilöstöllä. Myös VDC-tiimin on liian erillään yksiköistä ja jää usein etäiseksi."

Tutkimuksen lähtötietona oli määritettävä nykyinen käytössä olevan kustannuslaskennan toimintatapa ja prosessi. Alla on listattu vastauksia kysymykseen: "Millainen on nyt käytössä oleva kustannuslaskentaprosessi?":

- "Aivan hankkeen alussa tehdään kohteesta Estimodel versio. Tätä olisi tarkoitus jatkaa ja tehdä versioita useita aina suunnitelmien tarkentuessa, mutta todellisuudessa tehdään vain yksi versio, jos sitäkään."
- "Estimodel viedään TCM ohjelman pohjaksi ja kustannuslaskija alkaa muodostaa tiukkaa hintaa."
- "Ei mitään yhteistä toimintatapaa tai prosessia."
- "Monesti Estimodel versiota ei tehdä ollenkaan vaan kustannuslaskija kopioi jonkun vanhan toteutuneen referenssikohteen ja alkaa muuttaa hintoja ja määriä."
- "Kustannuslaskija laskee pääryhmät 1-7, talo 80 nimikkeistön mukaan. Pääryhmät 8 ja 9 määritetään yhdessä palaverissa tuotannon henkilöstön kanssa"

- ”Kohteeseen tutustuminen, kohteen luominen tietokantaan, viitelitteroiden ja nimikkeiden luonti, määrien tuominen nimikkeille pdf-ruutumittauksen avulla manuaalisesti tai Excelin avulla tietokantaa, määrien tarkastelu, hintojen läpikäynti ja tarkastus, ennakkotarjousten ja hankintahintojen kysely ja päivitys, jos aika riittää, kustannusarvion läpikäynti tuotannon asiantuntijoiden kanssa.”
- ”Kesto noin 20 päivää / kohde. Yksi laskija laskee koko kohteen yleensä.”
- ”Estimodel ohjelmaan määritetään ensimmäisenä tilat ja niiden laajuudet. Ohjelma antaa valistuneen arvion mitä rakennus- ja tekniikkaosia rakennukseen tarvitaan ja kuinka paljon. Suunnitelmista saaduilla määrätiedoilla näitä arvioita voidaan lähteä tarkentamaan, jolloin kustannukset päivittyvät peittävästi ja jatkuvasti. Ohjelma ymmärtää nimikkeistöjen välisiä riippuvuuksia.”
- ”Kilpailu-urakoissa määrällistat tulevat ulkopuoliselta määrälaskentatoimistolta eikä se tule kovin nopeasti muuttumaan. Omaperusteisissa ja hankekehityksen kohteissa määrätieto tulee tuottaa laskijan täysin itse.”
- ”Määrät saadaan tietomalleista, mutta ulkopuolinen VDC-tiimi tuottaa tietomallista määrällistat ja toimittaa ne laskijoille.”
- ”Panoshinnat päivittyvät tietyn ajan välein.”
- ”TATE lasketaan usein vain toteutuneiden hankkeiden avulla laajuuteen perustuen.”
- ”Määriä on lasketettu ulkopuolisella insinööritoimistolla LVI osalta hankinnan toimesta.”
- ”Tarjoukset kysytään paperikuvilla ja sähköisillä kuvailla, moni urakoitsija ei pysty laskemaan muista kuin paperikuvista. Urakoitsijat laskevat määrät itse ja tarjoavat sen mukaan. Laajuustietojen ja vertailukohteiden avulla saadaan aika hyvä suuntaa antava hinta, mutta vertailtava kohde pitää osata tunnistaa, että on sama järjestelmä käytössä.”
- ”Todella vanhanaikainen eikä yhtään läpinäkyvä.”
- ”Vasta kaikkien suunnitelmien valmistuttua, osataan aloittaa kustannusohjaus tai -laskenta. Perinteisesti määrät tilataan ulkopuoliselta toimistolta kuvien valmistumisen jälkeen ja yritykselle jää vain pelkkä hinnoittelu. Näin ollen kustannusohjaus on mahdollonta eikä vaiheittain valmistuvilla suunnitelmilla osata tehdä mitään.”

Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa on tavoitteena määrittää uudenlainen toimintatapa ja prosessi tietomallipohjaiselle kustannuslaskennalle. Haastatteluilla haluttiin myös kerätä tietoa ja kokemuksia minkälainen prosessi palvelisi mahdollisimman hyvin kaikkia osapuolia. Alla on listattu vastauksia kysymykseen: ” Millainen tietomallipohjaisen kustannuslaskenta-prosessin tulisi olla? ”:

- ”Tarjousvaiheessa laskettu määrätieto tuli olla jaettavissa työmaalle. Pitää olla lasketavissa sijainneittain.”
- ”Toimintatavan tulisi olla hyvin testattu ja loppuun asti hiottu sekä siitä pitäisi olla tuotettuna selkeät ohjeet.”
- ”Tuotannossa olisi hyvä osata jatko käyttää tilaobjektien pintoja esimerkiksi sisävalmistusvaiheen suunnittelussa, koska sisävalmistusvaihe on kuitenkin todella tärkeä ja pitkä vaihe asuntokohteissa.”
- ”Tavoitteena päästä jatkuvaan ja iteroivaan prosessiin.”
- ”Kustannuslaskenta tulee sulautumaan kaikkeen muuhun hankkeenjohtamiseen.”

- "Kustannuslaskennasta yön yli tapahtuva hinnan päivitysprosessi, jossa analyysit tuotetaan päivän suunnitelmien avulla automaattisesti. Tähän suuntaan ollaan koko ajan enemmän menossa."
- "Prosessin tulisi olla jatkuva ja avoin sekä avoimen rakentamisen periaatteiden mukaisesti olisi aina jokin kiinteä osa ja muuttuva tilaosa."
- "Määrätietoa tarvitsevan täytyisi itse ostata ottaa määrätiedot mallista, ei niin että joku muu osapuoli tuottaa hänelle valmiit määrällistat."
- "Määrät pitäisi laskea panoksille asti, jotta se palvelisi tuotantoa."
- "Yksinkertainen, kevyt ja sujuva. Yksiköt tulisi olla valittavissa, miten jokainen haluaa."
- "Ensin numeraalinen mallinnus ja sitten vasta tietomallinnus. Johtajuus tärkeää prosessin onnistumisen kannalta."
- "Suunnitelmamuutokset tulisi olla nähtävissä mahdollisimman helposti eli tarjousvaiheen suunnitelmiin voisi verrata nykyisiä ratkaisuja tuotannossa, että onko nämä lisätoivia vai kuuluneet jo tarjottuun hintaa."
- "Jokainen voi ottaa tarvitsemansa määrätiedon itse haluamassaan yksikössä ja arvioida tiedon oikeellisuutta."
- "Paljon muokattavuutta ja jokainen voi ryhmitellä määrätiedon haluamallaan tavalla."
- "Prosessin tulee tukea koko konsernia ei vain asunto tai rakennuspuolta."
- "Tieto josta, määrätietoa tuotetaan tulisi olla tarkastettua eli, kaikki saatava mittatieto on myös suunniteltua eikä ohjelman automaattista attribuuttitietoa, joka ei välttämättä pidä paikkaansa."
- "Määrätiedot tulee olla oikein. Aina"
- "Tietomallin pitäisi olla sisässä laskentaohjelmassa, eikä niin kuin nyt esimerkiksi TCM ja EasyBim, jossa näin ei ole eikä ketju toimi toiseen suuntaan ollenkaan."
- "Pitäisi saada niin, että kustannuslaskija ottaa itse tietomallista määrät ja tarkistaa ne, sekä hinnoittelee ne. Määrien tulostaminen tietomallista vaatii tietynlaisen ohjelman ja sen käyttö vaatii koulutusta."
- "Tietomallipohjaisuus saataisiin sisällytettyä vanhaan kustannuslaskentaprosessiin."
- "Prosessia ei saa virittää niin tarkaksi, että esimerkiksi tietty rakennetyyppi tietty löytyä jostain tietystä IFC-tiedoston kentästä. Sitten jos ei olekaan, niin koko prosessi hankaloituu."
- "Käytettävät rakennetyypit laskijan tietoon ennen mallia, jolloin laskija voi hinnoitella rakennetyypit jo valmiiksi."
- "VDC:n hyödyntäminen hankintatoimessa saatava kehittymään ja sitä tulee hyödyntää tulevaisuudessa. Tulevaisuudessa talotekniikasta saatava valmiit määrällistat suoraan mallista, joilla urakat tarjotaan, eikä urakoitsijat laskea enää mitään. Määrät tarkistetaan, kun urakasta aletaan neuvotella ja vastuu sidotaan vasta tarkistettuihin määriin."
- "Meillä tulisi osta laskea talotekniikan tekninen hinta mallinnettujen määrällistojen avulla. Viestiä pitää välittää eikä tieto voi näin isossa yrityksessä olla vain yhden henkilön takana."
- "Mallista valmiit määrällistat, jolloin voidaan laskea tekninen hinta talotekniikalle ja tarjoukset määriin pohjautuen. Näin prosessi tehostuu huomattavasti. Määrällistat työmenekki tasolle, jolloin tiedetään työtunnit ja aikataulutukset helpottuu."

- ”Pitäisikö meillä olla mallintaja, joka mallintaisi esimerkiksi rungon Teklalla aina silloin kun mallia ei tule tilaajalta.”
- ”Estimodel on liian vaikea käyttää. Siihen pitäisi rakentaa lisäosa, jolla mallista voitaisiin viedä tila- ja laajuustiedot nopeasti ja helposti Estimodel ohjelmaan.”
- ”Panoslaji 4 käyttöön ja suojauksista yms. tulevat kustannukset saataisiin entistä läpinäkyvämmiin esille.”
- ”Pitäisi oppia prosessi, joka voitaisiin viedä jatkuvana alusta loppuun. Alkuun tehtäisiin karkea arvio ja sitä voitaisiin saumattomasti tarkentaa suunnitelmien edetessä. Suunnittelunohjauksen ja kustannusryhmän tulisi toimia paremmin tiiminä ja tehdä asioita yhdessä. Kustannusinsinöörit pitäisi ottaa mukaan hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa niin alkutiedotkin olisivat kattavammat.”

Tietomallipohjaista saatavan määrätiedon laajuuteen kaikilla tuntu olevan yhtäläinen näkemys. Alla on listattu vastauksia kysymyksiin: ”Kuinka paljon ja mitä määrätietoa voi mallista saada? Mitä määrätietoa ei mallista tule saamaan?”:

- ”80/20 suhde pitää aika hyvin paikkansa eli 80 % kaikesta määrästä saadaan mallista.”
- ”Pikkujuttuja ei mallista saada eli noin 20%, pääryhmät 1, 8 ja 9 on mahdoton saada, mutta muut saadaan kyllä hyvin.”
- ”Malli ei ota huomioon kääntökiviä, tai ei ainakaan vielä ole osannut ottaa huomioon.”
- ”Varmasti kaikkea ei tulla koskaan saamaan eikä niin ole ehkä tarvetakaan.”
- ”Tulisi olla selkeästi määritettynä mihin mallia käytetään ja mitä mallinnetaan.”
- ”Väliaikaisia rakenteita ei tulla saamaan mallista.”
- ”TATE ja runko.”
- ”Käytännössä kaiken mikä on mallinnettu.”
- ”60-70% on mahdollista laskea mallista.”
- ”Detaljit, sähkörsiat ja –kotelot, varusteet ja kalusteet, ikkunat hieman hankalia saada malista laskettua.”
- ”Tietomalleista on mahdollista saada paljonkin määrätietoa, mutta tulee tarkasti miettiä mitä on järkevää mallintaa, koska kaikki tuottaa lisää tunteja suunnittelijoille ja saadaanko sitä panostusta enää takaisin muualla hankkeen vaiheissa.”
- ”Jos mallissa saadaan 60 % määrästä ja siihen menee puolet siitä ajasta kuin ennen niin saadaan silti prosessia valtavasti lyhyemmäksi kuin ennen vaikka manuaalista työtä vähän jäisikin. Eli prosessi kokonaisuudessa tehostuu silti huomattavasti.”
- ”Talotekniikan osalta mallista saadaan kaikki.”
- ”Pienikin määrä tehostaisi jo todella paljon.”

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönoton potentiaaliin kompastuskiviin haluttiin perehtyä tarkemmin vielä haastatteluiden perusteella. Alla on listattu vastauksia kysymykseen: ”Kuinka sujuvaksi olet kokenut tiedonsiirron ohjelmien välillä?”:

- ”TCM ohjelma on tällä hetkellä ongelma määrätiedon jakamiselle ja tiedonjaolle.”
- ”Estimodel ohjelmasta siirtyy tieto todella helpolla TCM ohjelmaan ja muihinkin ohjelmiin.”
- ”Hankalaa vielä, mutta kehittyy kyllä koko ajan.”
- ”Parempaan suuntaan mennään. Tiedonsiirto ei ole enää isoja ongelma vaan tiedon laatu.”

- ”Alkuun todella suuria ongelmia mutta nyt mene aika hyvin. IFC toimii suhteellisen hyvin.”
- ”Tietyt ohjelmat aiheuttavat ongelmia moneen asiaan ja monissa yhteyksissä.”
- ”Niin kauan, kun käytettämme IFC muotoa ohjelmien välillä, ei ole ongelmaa. Silti IFC on kuitenkin 5D laskennan suurin kompastuskivi tällä hetkellä.”
- ”Osin manuaalista.”
- ”Erittäin hankalaa ja kehitettävää riittää.”
- ”Haasteita on vielä ja alkumetreilla vielä ollaan. Edellytykset laskennalle vielä melko vaihtelevasti ja tiedonsiirto ohjelmien välillä osittain manuaalista.”
- ”TATE määrät mallista otettuna ei oikein kohtaa laskentaohjelmaan vietäessä, siinä joudutaan tekemään manuaalista työtä.”
- ”Käytössä nyt Tocoman ja TCM ohjelmat mutta ne eivät oikein palvele tämän hetken tarvetta.”
- ”Määrittäminen tulee olla sillä tasolla, että rakennetyyppi täytyy olla merkattuna johonkin ja suunnittelijan tulee dokumentoida se, että mistä se tässä mallista löytyy.”
- ”Asetetaan vaatimuksia siirrettävälle tiedolle eikä sille mekanismille millä tieto tuotetaan.”
- ”Hankinnalla ja laskennalla eri nimikkeistö eikä panokset kohdistu suoraan joka on tämän hetken isoin ongelma.”

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönoton potentiaalisiiin kompastuskiviin haluttiin perehtyä tarkemmin vielä haastatteluiden perusteella. Alla on listattu vastauksia kysymyksiin: ”Miten tietomallipohjaisen määrätiedon ja kustannustiedon välinen linkitys tulisi toteuttaa? Millaiset rajoitteet ja rakenteet kustannustietokanta asettaa laskennalle?”:

- ”Estimodel on ainut käytössä oleva kustannustietokanta.”
- ”Tietomallipohjainen laskenta ei oikein sovellu suoritteisiin vaan pitäisi tehdä rakennusosien kautta.”
- ”Perusidea näissä 5D BIM ohjelmissä on, että tuodaan malli ja kytetään tuoterakenteisiin.”
- ”Estimodel on oma malli jo itsessään, numeerinen malli ja sen käyttöä voitaisiin jatkojalostaa. Estimodel on NCC:n oma työkalu ja ainut käytössä oleva kustannustietokanta sekä se ymmärtää rakennusosien riippuvuuksia hienosti.”
- ”Talo 80 – nimikkeistön mukainen ryhmitelty. TCM ohjelmassa on myös oma kustannustietokanta, joka voitaisiin ottaa käyttöön.”
- ”Tärkeintä on se, että määrät voidaan ottaa siinä yksikössä, missä laskijat ne haluavat.”
- ”TCM ohjelmassa kaksi näkymää. Toisessa kaikki taloon liittyvät suoritteet, eli niillä riiveillä pitäisi saada talo rakennettua. Toisessa näkymässä nimikkeiden takana kaikki suoritteet, voidaan lisätä jokin rakennusosa ja määrä ja ohjelma arpoivat tietyt suoritteet.”
- ”Yhdistelmämalleista ei kannata laskentaa suorittaa. RAK mallista runko ja TATE laskenta ARK mallin kanssa. ARK mallista kaikki kevyisiin rakenteisiin liittyvät ovet ja ikkuna mallista.”
- ”Laskennassa ei ole mitään yleistä käytäntöä vaan jokainen laskee ihan omilla tavoillaan.”

- "Jos halutaan hyödyntää konetulkintaa niin silloin pitäisi ajatella automatisoinnin kanalta."
- "Suurin ongelma siinä, ettei ole yhteistä tuoterakennetta eikä kustannustietokantaa."
- "TCM ja Estimodel on meidän kustannuslaskenta tavat."
- "Voisiko tietomallista itsessään olla kustannustieto?"
- "Sijainneittain pitää olla laskettavissa. Rakennetyypit on oltava erikseen laskettavissa ja tunnistettavissa sekä aukot vähennettynä."
- "IFC-tiedoston muokkaus tulisi olla lähettävän pään asia mutta niin ei vielä hetkeen tule tapahtumaan."
- "Hankinnalle ja laskennalle ja kaikille yhtenevä nimikkeistö."
- "Päivittäminen ei saa olla liian työlästä. Kohdistus tulee olla sen verran kevyt, että sitä on helppo muuttaa suunnitelmien muuttuessa."

LIITE 6: DIPLOMITYÖTÄ VARTEN PIDETYT TAPAAMISET JA HAASTATTELUT

28.1.2016 Ensimmäinen aihepalaveri NCC-talolla. Paikalla projekti-insinööri Aleks Heiskanen, työmaainsinööri Oskari Smeds, työmaainsinööri Jan Lund, tuotantopäällikkö Santtu Hokkanen.

11.3.2016 Diplomityön aloituspalaveri NCC-talolla. Paikalla professori Kalle Kähkönen, projektipäällikkö Matti Koivunoro ja työmaainsinööri Jan Lund.

26.4.2016 Tohtorikoulutettava Toni Teittisen haastattelu.

27.4.2016 Laskentapäällikkö Tuomo Kilpeläisen haastattelu.

4.5.2016 Projektipäällikkö Kirsi Piiran haastattelu.

12.5.2016 Kustannusinsinööri Miika Penttalan haastattelu.

18.5.2016 Kehityspäällikkö Maria Lennoxin haastattelu.

19.5.2016 Hankesuunnittelupäällikkö Esko Kerkkäsen haastattelu.

23.5.2016 Osastopäällikkö Ari Törrösen haastattelu.

23.5.2016 Kustannusinsinööriharjoittelija Jesse Jäkärän haastattelu.

25.5.2016 Projekti-insinööri Aleks Heiskasen haastattelu.

31.5.2016 VDC – AR laskennan kehittäminen yhteistyö/kehittäminen palaveri. Paikalla Maria Lennox, Tuomo Kilpeläinen, Esa Kananen, Miika Penttala, Jesse Jäkärä, Anne Niskanen, Pekka Maunula, Veli-Pekka Määttä, Jan Lund ja Aleks Heiskanen.

15.6.2016 Työmaainsinööri Jan Lundin haastattelu.

15.6.2016 Hankintapäällikkö Aake Ågrenin haastattelu.

28.6.2016 Diplomityön seuranta- ja ohjauspalaveri. Paikalla Matti Koivunoro ja Jan Lund.

29.6.2016 VDC-suunnitteluprosessin Workshop. Paikalla Matti Koivunoro, Emma Suokas, Jan Lund, Petri Raunio, Mika Fallström, Petteri Karling, Jesse Jäkärä,

4.7.2016 Projektipäällikkö Matti Koivunoron haastattelu.