

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TIETOMALLIPOHJAINEN KUSTAN- NUSLASKENTA

TEKIJÄT Eetu Pasanen
Arttu Sorjonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijät Eetu Pasanen ja Arttu Sorjonen			
Työn nimi Tietomallipohjainen kustannuslaskenta			
Päiväys	13.4.2022	Sivumäärä/Liitteet	49
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Rakennusliike Lapti Oy			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Rakennusliike Lapti Oy. Opinnäytetyön keskeisenä ideana ja tavoitteena oli kehittää tietomallipohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa. Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, onko tutkittu tietomalli riittävän tarkka hyödyttääkseen rakennushanketta rakentamisen valmisteluvaiheessa ja työmaaympäristössä. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, onko tietomallia mahdollista hyödyntää enemmän määrä- ja kustannuslaskennassa.</p> <p>Opinnäytetyö alkoi perehtymällä tilaajalta saatuun tietomalliin ja määrälaskenta-aineistoon. Opinnäytetyön teoriaosassa käsiteltiin kustannuslaskentaprosessia, tietomallin nykyistä tilannetta ja tietomallin merkitystä rakennushankkeen eri vaiheissa. Tietomallin tietosisältö jaettiin kolmeen kokonaisuuteen: perustuksiin, kolmanteen kerrokseen ja vesikattoon. Kokonaisuuksista tuotettiin vertailuaineisto käsinlaskennan ja tietomallin välillä. Vertailuaineisto tietomallin osalta tuotettiin Solibri Officea käyttäen. Opinnäytetyön lopussa on käsitelty yhteenveto ja johtopäätökset saaduista tuloksista.</p> <p>Päätös rakennuksen tietomallin käyttötarkoituksesta määrä- ja kustannuslaskennassa on tehtävä hanke-suunnittelun alkuvaiheessa. Tietomallista saadaan paras hyöty määrä- ja kustannuslaskentaan, kun rakennushankkeen alkuvaiheessa suunnittelun pääpaino kohdistuu tietomallintamiseen. Yhteistyö suunnittelualan työntekijöiden ja määrälaskentaan osallistuvien osapuolten välillä on tärkeää, jotta tietomallista saadaan täysi hyöty. Opinnäytetyön tuloksia pystytään hyödyntämään määrä- ja kustannuslaskennan siirtyessä perinteisestä tavasta tietomallipohjaiseksi tulevaisuudessa. Jatkotutkimuksen kannalta järkevää olisi tuottaa rakennushankkeeseen tietomalli, jonka käyttötarkoituksena on toimia määrä- ja kustannuslaskennan materiaalina.</p>			
Avainsanat tietomallintaminen, kustannuslaskenta, määrälaskenta, BIM, 3D, tietomallivaatimukset, rakentaminen			

Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Authors Eetu Pasanen Arttu Sorjonen	
Title of Thesis Developing BIM - Based Cost Accounting and Quality Surveying	
Date 12 April 2022	Pages/Appendices 49
Client Organisation /Partners Rakennusliike Lapti Oy	
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Rakennusliike Lapti Oy. The objective of was to develop and advance BIM-based cost accounting and quality surveying. The thesis pursued to find out if the 3D-model in question was sufficiently accurate to be utilized in the preparation phase of designing a construction project as well as in the worksite environment. Another objective was to examine if the 3D-model was viable to be utilized more in cost accounting and quantity surveying.</p> <p>The thesis was commenced by getting acquainted with the 3D-model and the quantity surveying material provided by the commissioning contractor. The theoretical part of the thesis addressed the cost accounting process, the current condition of the model and the significance of the model in the different phases of a construction project. The information contents of the 3D-model were divided into three distinct parts: the foundation, the third floor and the roof. These three independent sections were the basis of creating a dataset for comparison between manual surveying and surveying through the data model. The dataset for the 3D-model was created using Solibri Office.</p> <p>As a result, it was found out that the decision regarding the use of a 3D-model in construction must be made in the early stages of project planning. The model is at its most beneficial in cost accounting and quantity surveying when the planning is focused on modeling the data at the very start of the project. Cooperation between the designers and parties involved in cost accounting is crucial in order to fully utilize the model. The results of this thesis can be utilized further as cost accounting and quantity surveying move away from the traditional conventions towards being based on 3D-models in the future. In case of further research, it would be sensible to produce a 3D-model for construction projects, the priority of which would be to act as dataset material for cost accounting and quantity surveying.</p>	
<p>Keywords</p> <p>3D- modeling, cost accounting, quantity surveying, BIM, 3D- model requirements, construction</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen taustaa	7
1.2	Tilaaajan ja kohteen esittely.....	7
1.3	Tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	9
1.4	Tietomallinnus hankkeen eri vaiheissa.....	10
2	TIETOMALLINTAMINEN	13
2.1	Tietomallintaminen yleisesti	13
2.2	Rakennuksen tietomalli	13
2.2.1	Tietomallinussovelluksia	14
2.2.2	Solibri.....	15
2.3	Yleiset tietomallivaatimukset	15
3	KUSTANNUSLASKENTA	18
3.1	Kustannuslaskentaprosessi.....	18
3.2	Talo-nimikkeistöt.....	18
3.3	Tietomallin hyödyntäminen kustannuslaskennassa	22
3.4	Tietomallin haasteet kustannuslaskennassa	25
4	KUSTANNUSLASKENTA SOLIBRILLA.....	27
4.1	Työkaluihin tutustuminen.....	27
4.1.1	Sovelluksen avaus	27
4.1.2	Mallipuu	27
4.1.3	Aktiiviset työkalut.....	29
4.1.4	Informaation talteenotto.....	29
4.1.5	Määrien vienti Excel taulukkoon.....	31
5	TULOKSIEN VERTAILU	33
5.1	Perustukset.....	33
5.2	Mallikerros (3krs.)	38
5.3	Vesikatto	40
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	43
6.1	Tulosten analysointia	43
6.1.1	Kehitysideat, tulosten hyödyntäminen ja jatkotutkimus	45

6.2 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen.....	46
LÄHTEET	48

KUVALUETTELO

KUVA 1. As Oy Vuorelan Välke 3D rakennemalli	8
KUVA 2. Asemapiirustus As Oy Vuorelan Välke.....	9
KUVA 3. Tietomallivaiheet (Muokattu lähteestä Tarpila 2006).....	10
KUVA 4. Tietomallinnusprosessin vaiheistus (Muokattu lähteestä Vakkilainen 2009).....	12
Kuva 7. Esimerkki nauha-antura objektin määrätiedoista	23
KUVA 8. Työmäärän jakautuminen tietomallipohjaisesti toteutetussa hankkeessa verrattuna perinteiseen dokumenttipohjaiseen hankkeeseen (Muokattu lähteestä Tarpila 2016).....	24
KUVA 9. Solibrin aloitusvalikko.....	27
KUVA 10. Mallipuun mallihierarkia.....	28
KUVA 11. Mallipuun komponenttihierarkia	28
KUVA 12. Aktiiviset työkalut	29
KUVA 13. Informaation talteenoton roolin valinta.....	30
KUVA 14. Informaation talteenotto – kuvaukset.....	31
KUVA 15. Esimerkki Solibrin määräluettelo näkymästä.....	31
KUVA 16. Raportoi Informaation talteenotto	32
KUVA 28. Tietomallin näkymä perustuksista ja väestönsuojasta	44
KUVA 29. Tietomallin näkymä kolmannesta kerroksesta	44
KUVA 30. Tietomallin näkymä vesikaton tasosta	45

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D – Kolmiulotteinen, esitetään X-, Y-, ja Z akselin suhteen, jotka ovat pituus, syvyys ja leveys.

2D – Kaksiulotteinen, X- ja Y koordinaatistossa laadittu piirustus. Esitetään pituus ja leveys. Tyypillisesti rakennuksen paperiset kuvat ovat kaksiulotteisia.

IFC – (Industry Foundation Classes) Suomennettuna virtuaalisten rakennuselementtien, ja objektien luokittelujärjestelmä. Järjestelmän tavoite yhtenäistää rakennusalalla käytettävien eri ohjelmistojen objektit ja parametrit.

BIM – (Building Information Model) Rakennuskohteen esittäminen kolmiulotteisesti. BIM ei ole kuitenkaan synonyymi 3D:lle, vaan siihen voidaan liittää ulottuvuuksia esimerkiksi aikaan ja kustannuksiin liittyen.

YTV2012 – Yleiset tietomallivaatimukset, viimeisin tietomallivaatimus -asiakirja. Tietomallivaatimuksien päivitys toteutettiin vuosina 2011–2012 COBIM -hankkeen muodossa.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

Tietomallintamista on kehitetty teknologisesti pitkään. Integroitujen ohjelmistojen kehittämislle huomattiin mahdollisuus ja tarve 1970-luvun aikana. (Björk 1995.) Pääintressi kuitenkin liittyi enemmän ohjelmiston kehittämiseen ja akateemiseen tutkimukseen kuin varsinaiseen ohjelmiston käyttöön. Tietomallintamisen kehitykselle keskeistä on ollut standardien ja tiedonsiirto-ohjelmien kehittäminen. ISO STEP (Standard For Exchange of Product Data) -projekti 1980-luvulla ja IFC (Industry Foundation Classes) -standardin kehitys 1990-luvulla ovat esimerkkejä näistä. (Moum 2008). Jerry Laiserinin vuonna 2002 julkaistava artikkeli toi termin rakentamisen tietomallintaminen (BIM) laajemmin tunnetuksi. Digitalisoituminen ei siis ole enää uusi asia rakennusallalla.

Rakennusalan digitalisoitumisen myötä suurin osa suunnittelusta ja suunnitelmista tehdään täysin tietokoneita käyttäen. Lisäksi lähes jokaisesta suunniteltavasta kohteesta tehdään jonkinlainen 3D-tietomalli. Tietomalli pitää sisällään mahdollisuuden tuottaa suoraan tietomallista eri rakennusosien määrätietoja, jos tietomalli on mallinnettu riittävän tarkasti. Tietomallipohjaisesta määrä- ja kustannuslaskennasta on puhuttu paljon ja sitä on pyritty tuomaan enemmän käyttöön. Kustannuslaskenta kuitenkin suoritetaan edelleen käsin laskettuna. Käsin laskenta on suhteellisen hidasta, sekä virheiden mahdollisuus on suuri.

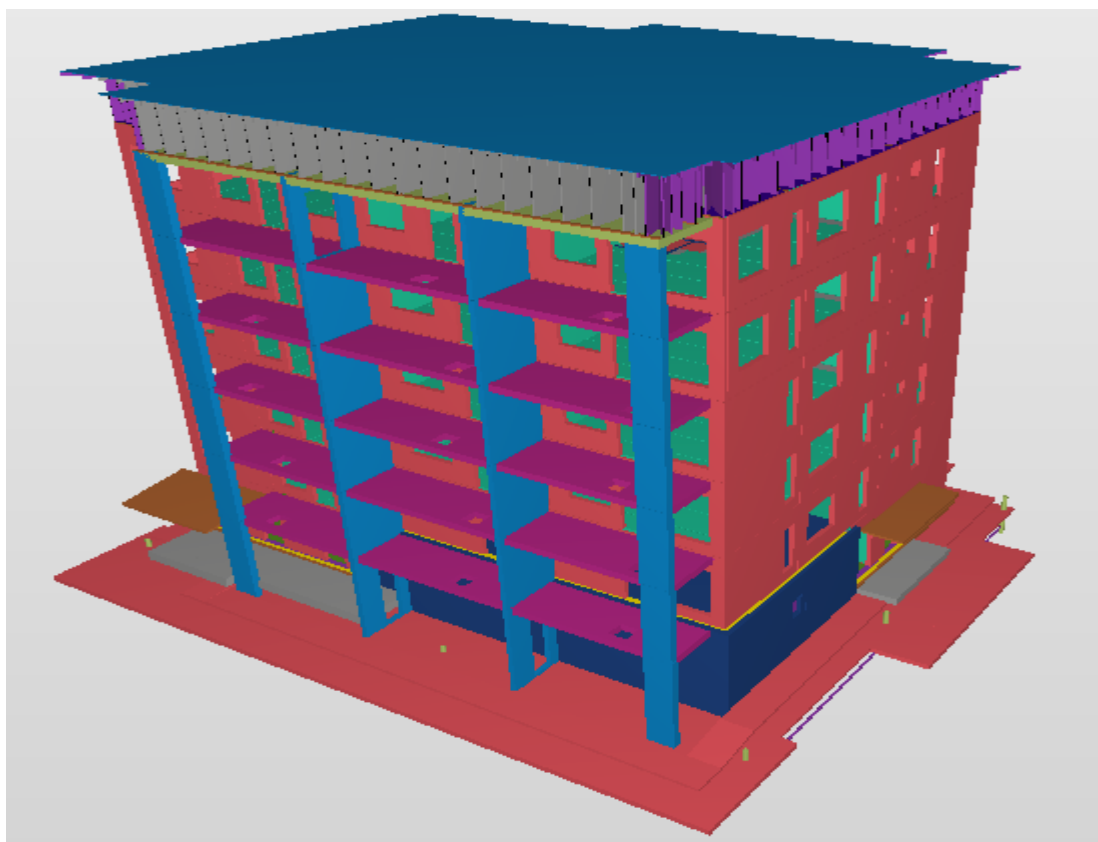
Tietomallin käyttöä rakennushankkeessa on tutkittu monissa eri kohteissa. Tietomallin käytön seurauksena on havaittu useita hyötyjä. Yleisimpinä esiin tuotavina asioina on, että tietomallin ja sen työkalujen oikeanlainen käyttö tulisi vaikuttaa laadullisesti ja ajallisesti rakennushankkeen lopputulokseen positiivisesti. Lisäksi tietomallin käyttö on tehnyt kustannusohjauksesta tarkempaa ja luotettavampaa. (Mäki, Paavola, Kerosuo & Miettinen 2012, 16.) Tietomallin avulla on mahdollista tuottaa kaikki rakennushankkeen ajalle sijoittuvat luettelot, asiakirjat, ohjeet sekä piirustukset. (Tarpila 2016).

Rakennusliike Laptilla tämänhetkinen tietomallin hyödyntäminen keskittyy enimmäkseen työmaan toteutusvaiheeseen. Määrien tuottamista tietomallista hyödyntävät enimmäkseen työnjohto. Rakennushankkeen valmisteluvaiheessa tietomallia käytetään pääasiassa törmäystarkasteluun. Tietomallia käytetään suurimmaksi osaksi havainnollistamisen työkaluna. Tietomallia ei pidetä kuitenkaan niin luotettavana, että sen pohjalta voitaisiin suorittaa määrä- ja kustannuslaskentaa.

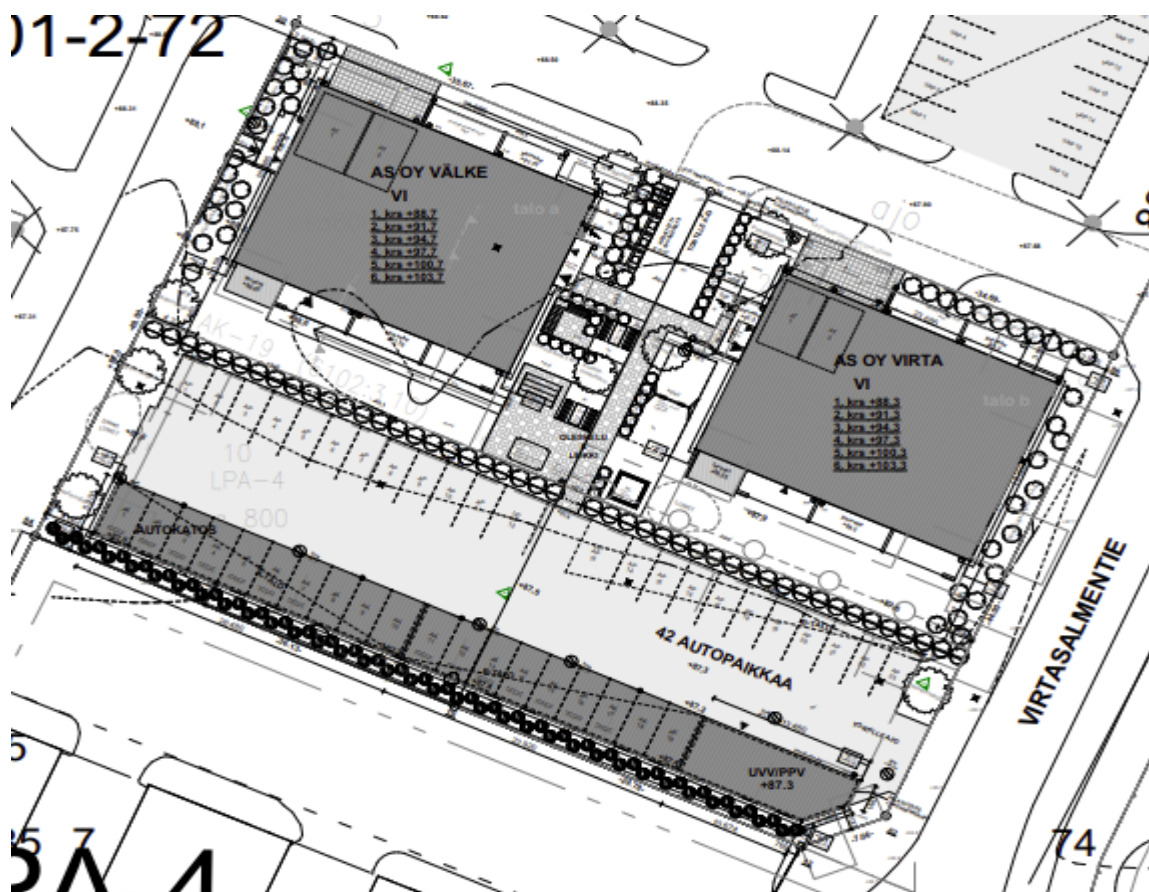
1.2 Tilaajan ja kohteen esittely

Opinnäytetyön tilaajana toimii Rakennusliike Lapti Oy. Lapti on nopeasti kasvava ja kannattava suomalainen rakennusalan konserni, joka työllistää noin 600 henkilöä. Rakennusliike Lapti on vuonna 1990 perustettu rakennusliike. Alun perin liikkeen nimenä on toiminut Lapli-Tieto Oy, josta nimi on muuttunut Rakennusliike Laptiksi vuonna 2008. Laptin toiminta keskittyy asunto-, palvelu- ja toimitalarakentamiseen sekä kiinteistökehitykseen Suomessa. Rakennusliike Lapti Oy tunnetaan vastuullisena rakentajana.

Tutkimuksen kohteena on eräs Rakennusliike Laptin kerrostalokohde. Kohteen nimi on As Oy Vuorelan Välke, joka sijaitsee Siilinjärven Vuorelassa. Kerrostalo sisältää kuusi asuinkerrosta, 30 asuntoa ja 2 autotallia (kuva 2). Kohteesta on tehty useampi 3D-malli (kuva 1). Kohteesta tehtyjä malleja ovat LVI-, arkkitehti- ja rakennemalli, joita hyödynnetään tutkimuksessa. Kohteesta on tehty käsin laskettu alustava kustannuslaskenta. Alustavaa määrälaskentaa tulemme vertailemaan tietomallista tuotettuihin määriin. Tutkimuksessa käytettävää kohdetta ei tulla tarkastelemaan kokonaan. Kohde rajataan kolmeen kokonaisuuteen, joista tuotetaan määrälaskenta. Tarkasteltavia kokonaisuuksia ovat perustukset, yksi mallikerros ja vesikatto. Perustusten, mallikerroksen ja vesikaton tarkastelu antaa tarpeeksi informaatiota, joten koko kohteen tarkastelu ei ole tarpeellista.



KUVA 1. As Oy Vuorelan Välke 3D rakennemalli



KUVA 2. Asemapiirustus As Oy Vuorelan Välke

1.3 Tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen keskeisenä ideana ja tarkoituksena on kehittää lisää tietomallipohjaista kustannuslaskentaa. Tavoitteena on selvittää olisiko kustannuslaskennan mahdollista siirtyä käsin laskennasta tietomallipohjaiseksi. Opinnäytetyössä pyritään selvittämään, onko tietomalli riittävän tarkka hyödyttääkseen hanketta rakentamisen valmisteluvaiheessa ja työmaaympäristössä. Tutkimuskysymyksiä ja samalla tavoitteina toimivat: Voiko nykyisestä tietomallista laskea kustannuksia? Miten tietomallia täytyisi kehittää, jotta tietomallin avulla voitaisiin suorittaa kustannuslaskenta? Mitkä ovat tietomallista suoritettujen kustannuslaskennan edut ja hyödyt?

Tutkimusmenetelminä toimivat palaverit Laptin yhteyshenkilön ja laskentapäällikön kanssa. Palaverien yhteydessä hankimme yrityksen sisäistä tietoa, jota voimme hyödyntää tutkimuksessa. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta pitää sisällään myös tietomallipohjaisen määrälaskennan. Määrälaskentavaiheessa ei oteta huomioon kustannuksia. (Heilala 2020). Tutkimukseen tarvittavat määrätiedot tuotetaan IFC-mallia käyttäen Solibri Office ohjelmaa. Aiempaa tutkimusmateriaalia hyödynnetään ja sitä haetaan eri tietoväylien kautta. Käytettäviä tietoväyliä ovat esimerkiksi RT tietoväylä, Theseus ja Savonia-Finna.

1.4 Tietomallinnus hankkeen eri vaiheissa

Senaatti-kiinteistöt on julkaissut yleiset tietomallivaatimukset. Yleiset tietomallivaatimukset on pyritty vastaamaan oikean rakennusprosessin käytäntöjä, jotta niitä pystytään hyödyntämään mahdollisimman hyvin. Yleiset tietomallivaatimukset pitävät sisällään eri tietomalleja, joiden tietosisältö on jaoteltu. Tietomallit ovat jaoteltu muun muassa laajuuden, tarkkuuden ja tason mukaan. Jaottelu on tehty, jotta tietomalleja voidaan hyödyntää eri hankevaiheiden käyttötarkoituksissa.

Tietomallin käyttö vaihtelee yritys- ja projektikohtaisesti. Lisäksi tietomallin hyödyntämisen laatu ja määrä vaihtelee. Tietomallien tietosisältöjen jaottelu mahdollistaa yleisten tietomallivaatimusten käyttämisen hyödyn erikokoisissa projekteissa. Projekteissa pyritään mallintamaan vain sen verran, kun mallia tullaan hyödyntämään. Tietomallien tietosisältö on jaoteltu tasoittain, joten tietomallivaatimukset auttavat myös valitsemaan hankkeen määriteltävän tietomallin käytön tason ja laajuuden.

Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset on jaoteltu kuuteen eri osaan (kuva 3).



KUVA 3. Tietomallivaiheet (Muokattu lähteestä Tarpila 2006)

Inventointimalli

Rakentamisen lähtötilanteen mallia kutsutaan inventointimalliksi. Inventointimalli on tietosisällöltään suppea ja siihen ei määrity paljon tietomallivaatimuksia. Uudisrakennuskohteissa tuotettu inventointimalli tulee pitää sisällään rakennuspaikan mallin eli tontin. Korjausrakentamishanke eroaa uudisrakennuskohteeseen siten, että myös olemassa olevat rakennukset mallinnetaan.

Uudisrakennuskohteissa tuotetaan inventointimalli, joka pitää sisällään rakennuspaikan mallin. Korjausrakentamishankkeissa tietomallivaatimukseen kuuluu lisäksi olemassa olevien rakennusten mallintaminen. Inventointimallia varten kerätty tieto on hankittu paikallatehtävien mittauksien, inventointien ja tutkimusten pohjalta. Hankittuja tietoja täydennetään aikaisempien vanhojen piirustusten ja dokumenttien pohjalta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1; BuildingSMART Finland 2012, osa 2.)

Tilaryhmämalli

Tilaryhmämallin käyttöä hyödynnetään hanke- ja ehdotussuunnitteluvaiheessa. Rakennushankkeen perusteita, tarpeita ja niiden toteutusmahdollisuuksia selvitetään. Tilaryhmämallia käyttäen kohde mallinnetaan tilaryhminä tilaobjekteja käyttäen. Tilaryhmät voidaan jakaa, esimerkiksi käyttäjäryhmittäin. Tilaryhmämalli auttaa havainnoimaan ja helpottaa eri vaihtoehtojen tutkimista. Tilaryhmien välistä toimintaa, ryhmittelyä ja rakennuspaikalle sijoittamista pystytään tutkimaan. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1; BuildingSMART Finland 2012, osa 2.)

Mallinnukseen käytettyjen tilaobjektien huonekorkeuden tulee vastata suunniteltua korkeutta. Tilaryhmämalli koostuu rakennuksen tiloista ja rakennuksen ulkovaipasta. Tilaryhmämalliin vaaditaan mallintamaan tilaryhmien lisäksi rakennuksen ulkovaippa. (BuildingSMART Finland 2012, osa 3.)

Tilamalli

Tilamalli on tarkempi ja laajempi versio tilaryhmämallista. Tilamallissa syvennyttään tilaryhmien sisällä oleviin tiloihin. Tilaohjelman tilat, jotka ylittävät 0,5 m² mallinnetaan erillisinä objekteina. Jos kyseessä on asuinhuoneisto, niin asuinhuoneiston tilat (eteinen, olohuone, kylpyhuone yms.) mallinnetaan erillisinä objekteina. Tilojen sijainti ja laajuus tulee täsmätä lopullisia suunnitelmia. Tilamallia voidaan hyödyntää erilaisiin analyyseihin. Energia- ja kustannusanalyysit ovat mahdollisia, koska tilamallissa mallinnetut tilat vastaavat lopullista ratkaisua. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1; BuildingSMART Finland 2012, osa 2.)

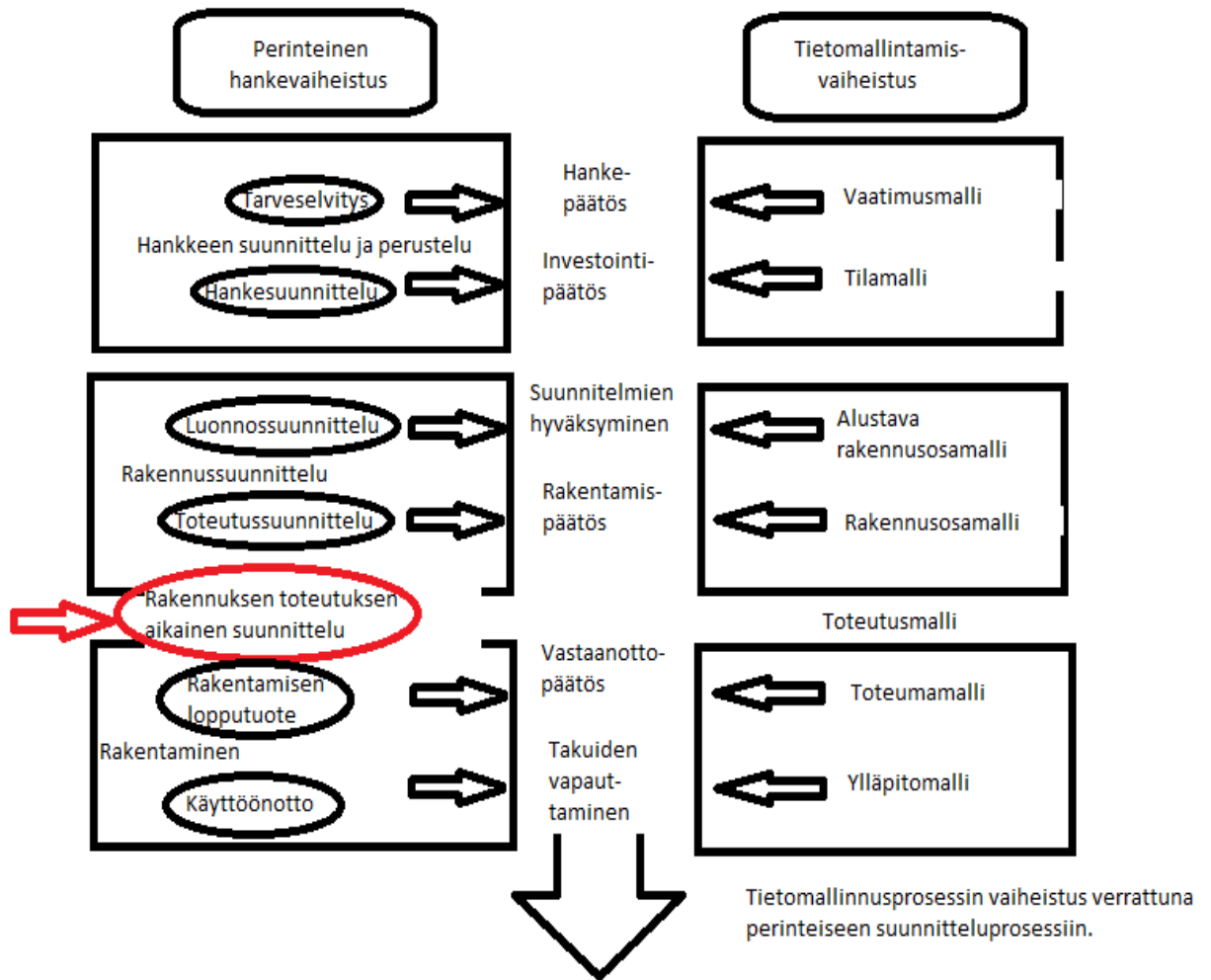
Alustava rakennusosamalli ja rakennusosamalli

Alustava rakennusosamalli tietosisällöltään vastaa rakennushankkeen rakennuslupavaihetta. Mallin tulee olla sisällöltään tarpeeksi tarkka rakennusluvan hakemista varten. Malliin on mallinnettu karkeasti rakennuksen runko. Liitoksia ja tarkkoja rakennusosia ei vaadita. Nimensä mukaan alustava rakennusosamalli tehdään ennen rakennusosamallia. Tyyppitiedot ja detaljit tarkentuvat rakennusosamallissa. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1; BuildingSMART Finland 2012, osa 2.)

Rakennusosamalli täsmentyy alustavasta rakennusosamallista yleensä urakkalaskenta-/työpiirustusvaiheessa. Rakenteet ovat täsmentyneet ja tietomalli sisältää kaikki mallinnettavat rakennusosat rungon osalta. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1; BuildingSMART Finland 2012, osa 2.)

Toteumamalli

Toteumamallin tietosisällön täytyy olla sama kuin rakennusosamallin tietosisältö. Rakennusosamalli päivittyy toteumamalliin, kun rakennus on valmis. Rakentamisen aikaiset muutokset rakenteiden ja suunnitelmien osalta päivitetään toteumamalliin. Toteumamalli vastaa täysin lopullista lopputulosta rakennuksesta. Toteumamalli toimii rakennuksen käyttöönoton ja kunnossapidon pohjana. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1; BuildingSMART Finland 2012, osa 2.)



KUVA 4. Tietomallinnusprosessin vaiheistus (Muokattu lähteestä Vakkilainen 2009)

2 TIETOMALLINTAMINEN

2.1 Tietomallintaminen yleisesti

Tietomallintaminen tarkoittaa rakennushankkeen suunnitteluprosessia, jossa hyödynnetään rakennuksen toiminnallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien kuvaavia virtuaalisia tietomalleja ja geometrisia muotoja. Tietomallinnus rakennushankkeessa on prosessina monimutkainen, joka voidaan toteuttaa monella eri tavalla ja yksikään tapa ei ole väärä. (Sakari Tohmo 2016, Rakennuslehti.)

Tietomallintaminen alkaa lähtötietojen keräämisestä ja jatkuu suunnitteluun. Mallinnus jatkuu läpi hankkeen elinkaaren, ja sisältö luovutetaan rakennushankkeen lopuksi tilaajalle luovutusaineiston muodossa. Tietomallipohjaisen suunnittelun myötä koko rakennushanke siihen liittyvine prosesseineen muuttuu. Suunnittelun tilaajalta odotetaan osaamista tietomallien tietosisällöstä ja tilaajan täytyy osata tehdä tietomallipohjainen tilaus täsmällisesti.

Tietomallintamisen on tarkoitus parantaa sisäistä tiedonsiirtoa eri alojen asiantuntijoiden kesken ja mahdollistaa saman mallin työstäminen koko rakennuksen elinkaaren ajan. Toisaalta tietomallipohjaisen suunnittelun myötä rakennushankkeen yhteistyö lisääntyy eri alojen välillä. Tietomallissa suunnittelijat sekä rakennushankkeen toteuttajat ja muut osapuolet voivat reaaliaikaisesti tarkastella mallin päivityksiä sekä malliin liittyviä kysymyksiä. Tietomallien avulla työnjohtajat voivat tarkastella työmaata ja tehdä laadunvalvontaa. Tietyissä yrityksissä työntekijöille annetaan taulutietokoneita, joilla työntekijät voivat ilmoittaa työnjohdolle havaitsemastaan ongelmasta, ja tehdä paikka-aika tiedon sisältävän työturvallisuushavainnon. Mallien avulla voidaan havainnollistaa työn suorittajille, miten jokin rakennettava objekti on suunniteltu tehtäväksi. (BuildingSMART Finland 2012, osa 11.)

Rakennuksien tietomallintamisen tavoitteena on rakentamisen laadun ja suunnittelun, tehokkuuden, turvallisuuden ja hanke- ja elinkaari-prosessin kestävä kehityksen tukeminen. Tietomalleja käytetään koko rakennuksen elinkaaren aikana. Tietomallin hyödyntäminen alkaa suunnittelun alusta jatkuen rakentamisen jälkeen käytön ja kunnossapidon aikana. (BuildingSMART Finland 2012, osa 1.)

Mallinnuksen onnistumiseksi on tietomalleille asetettava hankekohtaiset tavoitteet. Mallia voidaan käyttää tukemaan hankkeen päätöksentekoprosesseja, havainnollistamaan suunnitteluratkaisuja, auttaa suunnitelmien yhteensovittamisessa ja tehostamaan rakennusaikaisia prosesseja. (BuildingSMART Finland 2012, osa 11.)

Tietomallinnuksen ongelmana nähdään sen vaiheittainen kehittyminen. Suunnittelun alussa tietomallinnus aiheuttaa perinteiseen dokumenttipohjaiseen suunnitteluun verraten enemmän työtä. Monesti tietomallien hyödyntäminen lopetetaan kesken suunnittelun, ja siirrytään tekemään hanketta perinteisellä tavalla. Perinteisen tavan seurauksena työsuoritteiden toistaminen ja työmäärä lisääntyvät. (Tarpila 2016.)

2.2 Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomalli eli BIM (Building Information Model) tarkoittaa virtuaalista kolmiulotteista mallia. Tietomalli sisältää tietoa rakennuksesta, jotka ovat mallinnettu tiloja ja rakennusosia kuvaava-

vien objektien avulla. Tietoa päästään suoraan tarkastelemaan ja hyödyntämään. Tietomallista saatavia merkittäviä rakennuksen tietoja ovat muun muassa rakennuksen geometria, sijainnit, rakenteet, mitoitus, tilat ja materiaalit. Rakennuksen tietomalli toimii rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisena tuotetietojen kokonaisuutena. (Karstila 2004.)

Tietomallin muokkaaminen tapahtuu interaktiivisten näkymien kautta. Yhdessä näkymässä tehty muutos siirtyy automaattisesti koko tietomalliin, eikä muutosta tarvitse tehdä jokaisessa näkymässä erikseen, kuten dokumenttipohjaisessa suunnittelussa on totuttu. (BuildingSMART Finland 2012, osa 6.)

Rakennuksen tietomallia voidaan hyödyntää myös työmaan aluesuunnitelmassa. Urakoitsija voi laatia aluesuunnitelman 3D aluesuunnitelmana 2D:n sijaan. 3D- aluesuunnitelma pitää sisällään työmaa-alueen rakennuksineen, sekä perinteisen aluesuunnitelman tapaan esitettävät väliaikaiset tilavaraukset, kulkutiet ja varustukset. Riippumatta mallinnustarkkuudesta täytyy mallinnus tehdä niin, että suunniteltavat osat ovat visuaalisesti tunnistettavissa. (BuildingSMART Finland 2012, osa 12.) Työmaan 3D- aluesuunnitelmassa voidaan esimerkiksi visualisoida nosturien vaara-alueet, sekä tehdä nosturin kaatumistarkastelua.

Tietomallipohjainen rakennushanke edistää ja tukee avointa tiedonjakoa. Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa prosessit tapahtuvat päällekkäin ja tietoa jaetaan avoimesti sitä tarvitseville. Suunnittelun tilaajan täytyy olla sitoutunut ja halukas panostamaan rakennuksen elinkaaren kattavaan mallitiedon hallintaan. Tietomallintamisella voidaan analysoida vaihtoehtoisia ratkaisuja operatiivisen ja taloudellisen päätöksenteon tueksi (Tarpila 2016). Tietomallissa rakennuksen törmäystarkastelu eri suunnittelualojen kesken on vaivatonta, ja mahdollisiin suunnitteluvirheisiin reagoiminen voidaan aloittaa jo varhaisessa vaiheessa.

Tietomallipohjaisen suunnittelun käyttäminen tulisi vähentää ongelmatilanteita työmaalla, koska eri suunnittelualojen suunnitelmat ovat tuotu yhteen tietomallien avulla. Lisäksi 3D- pohjainen suunnittelu lisää tarkkuutta suunnitelmien mitoitukseen. Esimerkiksi korkeusasemat sekä detaljikohtien, risteyksien ja liittymien suunnitelmat tarkentuvat. (BuildingSMART Finland 2012, osa 12.)

Tietomallipohjainen suunnittelu pienentää ristiriitojen mahdollisuuksia työmaan aikana, kun suunnittelualat sovittavat tietomallinsa yhteen etukäteen. 3D- pohjainen suunnittelu helpottaa rakennuksen detaljikohtien, liittymien, ja risteyskohtien suunnittelua. (BuildingSMART Finland 2012, osa 12.)

Tietomallista saatujen tietojen perusteella pystytään tuottamaan rakennushankkeeseen tarvittavat piirustukset, havainnekuvat ja luettelot. Tietosisältöä pystytään hyödyntämään eri tietokoneohjelmien avulla esimerkiksi rakennuskohteen suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikana. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston 2011.)

2.2.1 Tietomallinnussovelluksia

Tänä päivänä on paljon valinnanvaraa tietomallinnussovelluksen valitsemiseksi. Tietomallinnussovellukset sisältävät suunnittelun ja tuotannon kannalta tarpeelliset mallinnustyökalut. Mallinnustyökalun valinnassa vaikuttaa eniten se, mikä suunnittelualue työkalua tarvitsee (Ekman 2012).

Eri tietomallinnussovelluksia ovat esimerkiksi:

- ArchiCAD
- Tekla Structures
- Autodesk Revit Architecture
- Tocoman kustannustieto
- Simplebim
- Tocoman BIM3
- Solibri.

Useissa tietomallinnussovelluksissa on lukematon määrä erilaisia työkaluja, joilla voidaan lisätä ulottuvuuksia mallinnukseen, kuten aikatauluja. Eri ohjelmistoille löytyy myös eri valmistajien valmiita objekteja, joita voidaan hyödyntää mallintaessa. Esimerkiksi ikkunoille ja oville löytyy omat objektit eri valmistajien kirjastoista.

Tietomallinnussovelluksille löytyy yleensä yhteensopiva määrä- ja kustannuslaskentaohjelma, jos sovelluksesta itsestään sitä ei löydy. Tänä päivänä melkein kaikki tietomallinnukseen liittyvät sovellukset tukevat IFC (Industry Foundation Classes) muotoa. IFC mahdollistaa tietomallintamisen ja laskennan suorittamisen eri sovelluksien avulla.

2.2.2 Solibri

Tutkimuksessa käytettävä tietomallinnussovellus on Solibri Office. Solibri sisältää työkaluja moneen eri tarkoitukseen. Erilaisten käyttötarkoitusten ja sovelluksen käytön määrän vuoksi on Solibrissa eri tasoja. Solibrin tasot ovat Anywhere, Site, Office ja Enterprise (kuva 9). Tasot eroavat toisistaan niiden ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen puolesta, jotka löytyvät tarkemmin Solibrin omilta verkkosivuilta.

Solibrin tärkeimmät ominaisuudet ovat mallintarkastus ja laadunvarmistus. Solibrin sisältämä mallintarkastus tarkastaa tietomallin oikeellisuuden ja laadun. Ensimmäinen vaihe laadunvarmistusprosessissa on virheiden tunnistus manuaalisesti. Tällöin hankkeen visualisoinnissa tunnistetaan ylimääräiset kerrokset, väärät tai puuttuvat rakennusosat ja muut seikat, joita suunnittelija ei ole huomionnut. (Palola 2020.)

2.3 Yleiset tietomallivaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on rakennettujen kohteiden tietomallintamisen keskeisin julkaisusarja. Julkaisun tuella tietomallintamisesta on tullut yleinen tapa suunnitella ja ohjata rakennushankkeissa. Yleiset tietomallivaatimukset ovat laajan kehityshanke COBIM (Common Bim Requirements) tuottama tulos. Rakennusalan digitalisoitumisen ja tietomallintamisen käytön seurauksena on syntynyt tarve yleisille tietomallivaatimuksille. Kaikissa vaiheissa rakennushankkeessa osapuolten tarvitsee entistä enemmän määritellä täsmällisesti ilmaista normaalia tarkemmin mitä ja miten mallinnetaan. (BuildingSMART Finland 2012 osa 1.) Yleisten tietomallivaatimusten lähtökohtana ovat toimineet tilaajaorganisaatioiden aiemmat ohjeet ja niiden käyttökokemuksista saatu tieto. Lisäksi ohjeiden kirjoittajien aiempi kokemus tietomallipohjaisesta toiminnasta. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on jo vuosikymmenyksen ikäinen ja vaatii perusteellisia uudistuksia. Kehitteillä on hanke, joka kulkee nimellä YTV2020/COBIM2020. Hankkeen tuotoksena tulee perusteellisesti kokonaisuudistettu tuotos

vuoden 2012 tietomallivaatimuksista. Tuotoksen on luvattu olevan rakennusalalle merkityksellinen. (YTV2020 Julkilausuma.)

Julkaisussa on käyty tietomallinnuksen tavoitteet ja mahdollisuudet läpi, jotka tulisi saavuttaa tietomallivaatimusten ohjeiden mukaisella toiminnalla. Kiinteistöjen ja rakennuksien mallintamisen pääta-voitteeksi on asetettu rakentamisen ja suunnittelun laadulliset, turvallisuuden, tehokkuuden ja hanke- ja elinkaari-prosessin kehityksen tukeminen. Tietomallien hyödyntäminen sijoittuu koko rakennusprojektin ajalle ja käyttö jatkuu myös rakentamisen jälkeen. Käyttö alkaa suunnittelusta ja jatkuu rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon saakka. Hyödyntämisen ajanjakso kattaa koko rakennuksen elinkaaren. (BuildingSMART Finland 2012 osa 1.)

Yleisten tietomallivaatimusten (2012) mukaan tietomallin tulisi mahdollistaa muun muassa:

- Tukea investointipäätöksille vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailemisen, suunnittelua ja ylläpidon ta-voiteseuranta varten
- Suunnitelmien havainnollistaminen ja rakennettavuuden analysointi
- Tehostaa laadunvarmistusta, tiedonsiirtoa ja suunnitteluprosessia
- Rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen hankkeen ylläpidon ja käytön aikaisissa toimin-noissa.

Yleisten tietomallivaatimusten (2012) tavoitteita ovat:

- Hankkeen päätöksentekoprosessien tukeminen
- Osapuolten sitouttaminen hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- Suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen
- Suunnittelun auttaminen ja suunnitelmien yhteensovitus
- Rakennusprosessin ja lopputuotteen laadun nostaminen ja varmistaminen
- Rakentamisaikaisten prosessien tehostaminen
- Rakentamisen ajan ja elinkaaren turvallisuuden parantaminen
- Hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysien tukeminen
- Tukea tietojen siirtoa käytönaikaiseen tiedonhallintaan.

Yleiset tietomallivaatimukset (2012) koostuu 14 eri dokumentista:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyysissä
10. Energia-analyysit

11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa.

3 KUSTANNUSLASKENTA

3.1 Kustannuslaskentaprosessi

Kustannuslaskentaprosessi vaatii käynnistyäkseen tarpeen tietää jonkin projektin rakennuskustannukset. Kyseessä voi olla rakennusliikkeen omaperusteinen hanke, saatu tarjouspyyntö tai päätös osallistua tarjouskilpailuun. Päätarkoituksena kustannuslaskennassa on hankkeesta riippumatta määrittää kustannukset kohteen toteuttamiseen. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 1995.)

Kustannuslaskijan näkökulmasta prosessi käynnistyy, kun rakennushankkeesta on toteutettu jonkin tasoiset arkkitehtisuunnitelmat. Kustannuslaskijan prosessiin varataan aikaa noin neljä viikkoa (Seppänen 2022). Yleensä kustannuslaskentaprosessin alkuvaiheessa arkkitehtisuunnitelmat sisältävät pohjapiirustuksia ja parhaassa tapauksessa leikkaus- sekä detaljikuvia. Perinteisesti määrälaskenta on tehty mittaamalla määrät paperidokumenteista, jota osa yrityksistä käyttää edelleen. Edistyneempi ja paljon nopeampi tapa tehdä määrälaskenta on mitata määrät sähköisistä suunnitteludokumenteista. Sähköiset suunnitteludokumentit viedään pdf-muodossa määrälaskentaohjelmistoon. Määrälaskentaohjelmistoja on useampi, joista yritys valitsee tyypillisesti yhden suosimansa. Määrälaskenta ohjelmiin viedään pdf- tiedostomuodossa olevat 2D- piirustukset. Määrälaskentaohjelmistossa saadaan tuotettua määrät yksiköittäin (m², m³, jm, kpl) eri rakennusosista. Määrälaskentaohjelmistossa tuotetut määrät siirretään yritysten sisäisiin laskentaohjelmistoihin tai Excel-taulukkoon. (Seppänen & Kontinen 2022.)

Laskentataulukot on toteutettu Talo 2000- tai Talo 80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan, riippuen yrityksen käytännöstä. Nimikkeistöjärjestelmää seuraten kaikille rakennusosille määritetään hinta. Hinta määräytyy yrityksen omista sopimushinnoista. Suuremmissa kokonaisuuksissa hinta kysytään ennakkotarjouksena aliurakoitsijoilta. Tavarantoimittajilla voi ilmetä tarkentavia kysymyksiä suunnitelmiin, jolloin niihin etsitään vastaukset. (Seppänen & Kontinen 2022.)

Tarjouspalaveri pidetään, kun laskentataulukon jokaisella rakennusosalla on hinta. Tarjouspalaveriin osallistuu hankkeen osapuolet, jotka ovat olleet laskennassa mukana. Tarjouspalaverin tarkoituksena on selvittää, pitääkö laskentataulukossa esitetyt hinnat paikkaansa. Tarjouspalaverin jälkeen kustannuslaskentaprosessin laskentavaihe päättyy ja alkaa kohteen kateprosentin määrittäminen. Mikäli toivottua kateprosenttia ei saavutettu, niin viedään kohde uudelleen laskentaan ja tehdään tarvittavia muutoksia, jotta toivottuun katteeseen päästään. Välillä haluttuun katteeseen pääseminen voi vaatia suuriakin muutoksia rakennuksen suunnittelussa. (Seppänen, Kontinen 2022.)

3.2 Talo-nimikkeistöt

Talo 80 -nimikkeistön käyttökohteena on kaikki talonrakennusalan eri rakentamismuodot. Nimikkeistö soveltuu asuntorakentamiseen, liikerakentamiseen, sekä teollisuusrakentamiseen. Talo 80 -nimikkeistöä luodessa pääpainona on ollut kustannuslaskennan eri vaiheiden vaatimukset. Järjestelmässä on useita osanimikkeistöjä:

- rakentamisosa RO
- suoritus SUO

- kustannuslaji KL
- kustannuserä KE.

Talo 80 rakentamisosanimikkeistö erittelee työmaan välittömät erilliskustannukset. Talo 80-järjestelmä pitää sisällään rakennusosien lisäksi hankintoja, töitä, tehtäviä ja kustannuslaskentakohteita. Talo 80- nimikkeistö on edelleen käytössä laajasti rakennusalan eri yrityksissä, sillä se on tuotanto- ja työmaakeskeinen.

Talo 80 rakentamisosanimikkeistön pääryhmät ovat (Talo 80 -nimikkeistö 1983):

0. Rakennuttajan kustannukset
 1. Maa- ja pohjarakennus
 2. Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet
 3. Runko- ja vesikattorakenteet
 4. Täydentävät rakenteet
 5. Pintarakenteet
 6. Kalusteet, varusteet ja laitteet
 7. Konetekniset työt
 8. Työmaan käyttökustannukset
 9. Työmaan yhteiskustannukset.

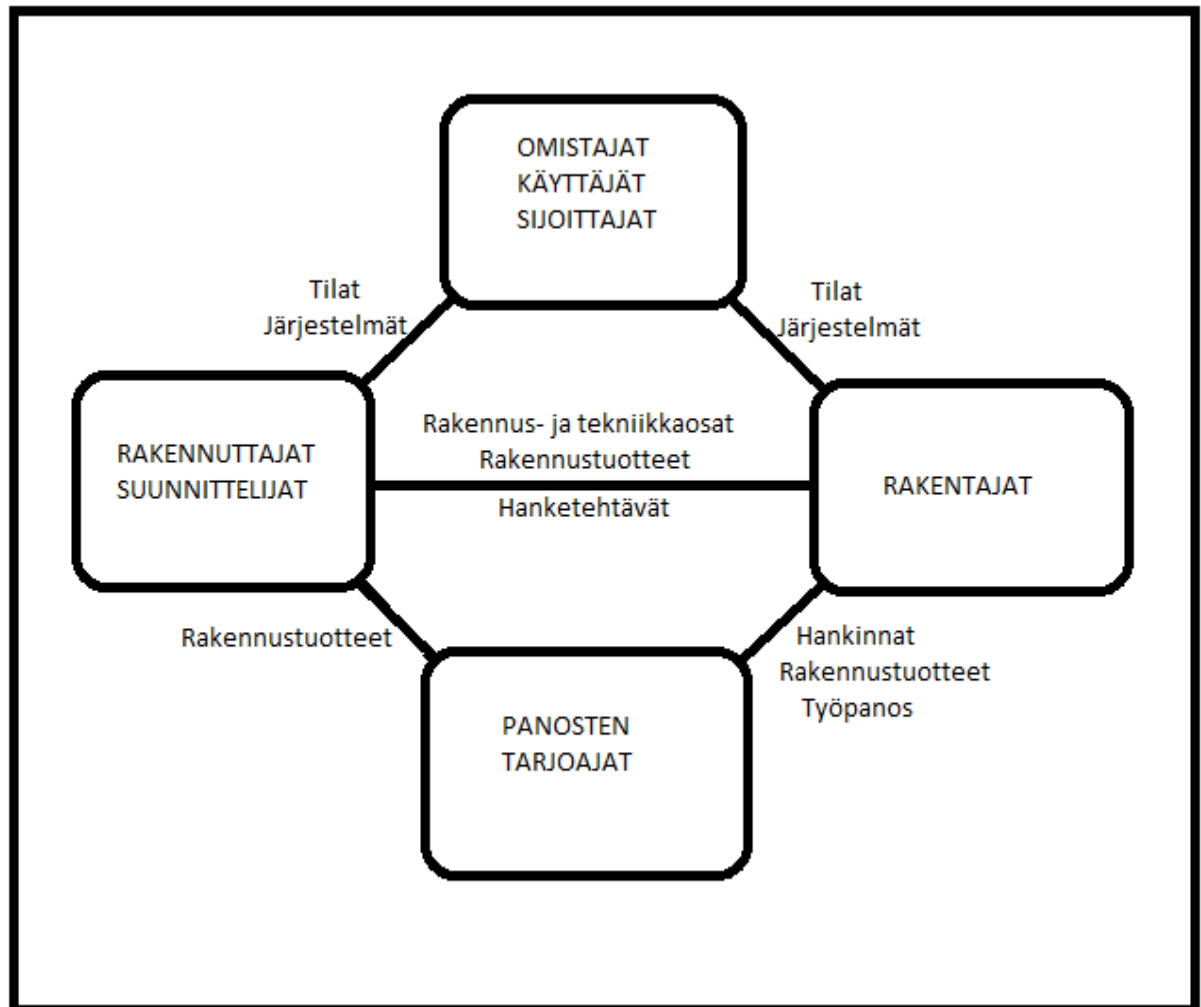
TAULUKKO 1. Talo-80 mukaiset rakentamisanimikkeet (Talo-80 määrälaskentaohje, liite 8)

1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet	3 Runko- ja vesikattorakenteet	4 Täydentävät rakenteet	5 Pinta-rakenteet	6 Kalusteet, varusteet, laitteet	7 Konetekniset työt	8 Työmaan käyttö-kustannukset	9 Työmaan-yhteis-kustannukset
11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31	41 Ikkunat	51 Vesikate	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemäryöt	81 Työnaikaiset rakenteet	91 Työmaan hallinto
12 Maankaivu	22 Perusmuurit, palkit ja pilarit	32 Kantavat väliseinät ja pilarit	42 Erityisikkunat	52 Sisäseinien pinta-rakenteet	62 Varusteet	72 Ilmanvaihtotyöt	82 Työnaikaiset asennukset	92 Avustavat rakennus-työt
13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja palkit	43 Ovet	53 Sisäkattojen pinta-rakenteet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähkötyöt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset
14 Pohjarakenteet ja pohjan vahvistus	24	34 Portaat	44 Erityisovet	54 Porras-huoneen pinta-rakenteet	64 Tilaryhmäkalusteet, varusteet ja laitteistot	74 Siirto-tekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja välineet	94 Talvilisätyöt
15 Salaojat ja putkijohdot	25 Väestön-suoja-rakenteet	35 Ulkoseinät	45 Kevyet väliseinät	55 Ulkoseinien pinta-rakenteet	65	75	85 Työmaan käyttö-tarvikkeet	95 Urakkahinnan muutokset
16 Täyttö ja tiivistys	26 Maan-varainen laatta	36 Ulkotasot, parvekkeet ja katokset	46 Erityisväliseinät ja jakoseinät	56 Lattian pinta-rakenteet	66	76	86 Käyttöaineet ja energia	96 Sopimus-pohjaiset erityiskustannukset
17 Rakennus-alueen pinta-rakenteet	27 Erityis-rakenteet	37 Ullakko- ja katto-rakenteet	47 Kaiteet, hoitotasot ja hoitosillat	57 Erityistilojen pinta-rakenteet	67 Väestön-suojan varusteet	77	87 Työmaan kuljetukset	97 Työntekijöiden palkanlisät
18 Ulko-varusteet	28 Ulko-puoliset rakenteet	38 Tilaelementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat, piiput	58 Maalaus ja tapetointi	68	78 Rakennuttajan hankintojen aputyöt	88 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	98 Työntekijöiden sosiaalikulut

TAULUKKO 2. Talo-80 mukaiset suoritusnimikkeet (Talo-80 määrälaskentaohje, liite 9)

1 Muottityö	2 Raudoitus ja betonityö	3 Metallijapeltityö	4 Muuraus Rappaus Laatoitus	5 Elementtityö	6 Puu- ja levytyö	7 Lämmön ja äänen eristys	8 Veden ja kosteuden eristys	9 Muut työt
11 Lautamuottityö	21 Raudoitus	31	41 Tiili-muuraus	51 Betoni-elementtityö	61 Puurunkotyö	71 Pehmeä mineraalivilla	81 Sively-eristys	91 Luonnonkivityöt
12 Levy-muottityö	22 Betonointi	32	42	52 Kevytbetoni-elementtityö	62 Levytyö	72 Kova mineraalivilla	82 Bitumikermieristys	92 Lasilevytyöt
13 Kasettimuottityö	23 Betonin jälkityö	33 Teräs-runkotyö	43 Harkko-muuraus ja ladonta	53 Metallielementtityö	63 Puuverho	73 Ruisku-eristys	83 Muu kermieristys	93 Mattotyöt
14 Suurmuottityö	24 Betonipintojen hionta	34	44	54 Tiili-elementtityö	64	74 Solumuovi-eristys	84 Muovikalvo-eristys	94 Muovi-, levy- ja profiilit
15 Pöytämuottityö	25	35 Muoto-tankotyö	45 Ohutrappaus	55	65 Rakennuspuusepäntö	75 Kevytsora-eristys	85 Valueristys	95 Maalaus ja tapetointi
16 Kulma- ja tunnelimuottityö	26 Pintabetonityö	36 Peltityö	46 Rappaus	56 Puuelementtityö	66 Listoitus	76 Kevytbetoni-eristys	86 Metallilevy-eristys	96
17 Erityismuottityö	27 Sementtityö	37 Muoto-levytyö	47 Tasoitetyö	57 Elementtien jälkityö	67 Heloitus	77 Muu lämmön ja äänen eristys	87	97
18 Muottien purku ja puhdistus	28 Betonimassan valmistus	38 Muu metallityö	48 Laatoitus	58 Elementtien sauma	68	78 Paperi-eristys	88	98

Talo 2000 -nimikkeistö on rakennusalan yhteistyön seurauksena syntynyt kansallinen nimikkeistöjärjestelmä. Nimikkeistö Talo 2000- nimikkeistöjärjestelmä on syntynyt rakennusalan yhteistyönä. Se toimii rakentamisen tiedonvaihdon perustana, ja on kaikkien osapuolten käytettävissä. Talo 2000-nimikkeistö yhtenäistää rakennusalalla käytettäviä käytäntöjä ja parantaa tiedonsiirtoa rakennusprosessin osapuolten välillä. Talo 2000 järjestelmä on suunniteltu käytettäväksi kaikille osapuolille. Nimikkeistö parantaa rakennusprosessin tiedonsiirtoa eri osapuolten välillä ja yhtenäistää käytäntöä. Talo- 2000 nimikkeistössä on huomioitu rakennusten osien erilaiset elinkaaret. Organisaatiot, asiakirjat tai toteutusmenettelyt ei sitoudu nimikkeistöön. (Rakennustieto.fi)



KUVA 7. Rakentamisen näkökulmia ja niiden välisiä rakenteita (Muokattu lähteestä Talo-ryhmä, Rakennustietosäätiö ja Haahtela-kehitys Oy 2006)

Talo 2000 -nimikkeistö pohjautuu vanhempiin nimikkeistöihin ja niiden kehitystyöhön. Vanhempiin nimikkeistöihin kuuluvat Talo 70, 80 ja 90. Talo 2000 -nimikkeistö on nykyaikaisempi ja digitalisoituneempi versio. Talo 2000 -nimikkeistöä on kehitetty sopivammaksi rakennuksen tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan. Talo 2000 -nimikkeistöllä on omat suosituksensa nimikkeistön käytöstä tietomallintamisessa, jotka löytyvät rakennustiedon sivuilta. Talo 2000 -nimikkeistö sisältää tilanimikkeistön, hankenimikkeistön, tuotantomikkeistön, rakennustuotenumikkeistön ja kalustonimikkeistön. Kaikilla edellä mainituilla nimikkeistöillä on omat käyttötarkoituksensa, ja niitä käytetään eri asiakirjoissa (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Talo 2000 -nimikkeistö Ratussa (Ratu 431-T, taulukko 1)

Taulukko 1. Talo-nimikkeistön rakenne: osanimikkeistöt, niiden käyttötarkoitukset, käsitteellinen sisältö ja käyttö asiakirjoissa.

Luokittelun kohde nimikkeistöt ja osanimikkeistöt	Käyttötarkoitus	Käsitteellinen sisältö	Käyttö asiakirjoissa
Tilat <i>tilanimikkeistö</i>	huoneistojen, tilaryhmien ja tilojen erittely	tilojen erittely tilojen ominaisuudet tilahinnat	tilaluettelo tilaselostus tilahintalaskelma taloselostus
Rakennus-, tekniikkaosat <i>hankenimikkeistö</i>	rakennuksen erittely fyysisiksi osiksi	rakennusosien erittely rakennusosaratkaisut rakennusosahinnastot	kiinteistöseloste rakennusselostus tekniikkaselostus
Hanketehtävät <i>hankenimikkeistö</i>	hanketehtävien erittely	tehtäväerittely tehtävien hinnasto	rakennusosalaskelma tarjouslaskelma hankelaskelma
Hankinnat ja työt <i>tuotantonimikkeistö</i>	toimitusten ja ammattialojen erittely	hankinta- ja tehtäväluettelo	tarjouslaskelma tehtävälaskelma tarkkailulaskelma työselostukset
Panokset <i>työpanokset</i> <i>tuotantonimikkeistö</i>	työn erittely	tehtäväluettelo työmenekki- ja työn hintatiedosto	tehtävien tavoite- ja tarkkailulaskelma palkkalaskenta
rakennustuotteet <i>rakennustuotanimikkeistö</i>	rakennustuotteiden erittely	hankintaluettelo ja hankintalaskelma rakennustuotehakemistot ja -hinnastot	hankinta-asiakirjat
kalustopanokset <i>kalustonimikkeistö</i>	kaluston erittely	kalustusuunnitelmat ja laskelmat kalustohakemistot ja -hinnastot	hankinta-asiakirjat

3.3 Tietomallin hyödyntäminen kustannuslaskennassa

Tietomallin hyödyntäminen kustannuslaskennassa muuttaa määrälaskijan toimenkuvaa huomattavasti. Rutiiniksi muodostunut työ vähenee ja ammattitaidon vaatimukset kasvavat. Tietomallia käytettäessä määrälaskijan tulee pystyä olemaan määräasiantuntija. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7.)

Tietomallin hyödyntäminen kustannuslaskennassa helpottaa määrälaskijan työtä, sillä kohteeseen liittyvät suunnitelmat ovat helpommin saatavilla. Tietomalli tuo rakennettavan kohteen kaikki suunnitelmat yhtenäiseksi, pitäen sisällään hankkeen eri suunnittelualueiden suunnitelmat. Eri suunnittelualueiden suunnitelmat ovat helpompi hahmottaa ja osista saa tarkempaa tietoa parametrien avulla tietomallista. Suunnitelmien oleminen samassa paikassa mahdollistaa paremman kommentoinnin ja muutoksen hallinnan. Dokumenttien ristiriitaisuus vähenee merkittävästi. Tiimit pystyvät suunnittelemaan tehokkaammin saman projektin parissa. Tietomallia hyödynnettäessä suunnitelmien muutosten tekeminen helpottuu. Tietomallissa tapahtuvat muutokset tuo muutoksen kaikkiin dokumentteihin. Lisäksi yhdistelmämallin kautta hankkeesta saadaan selkeämpi kokonaiskuva. (Somersalmi 2021.)

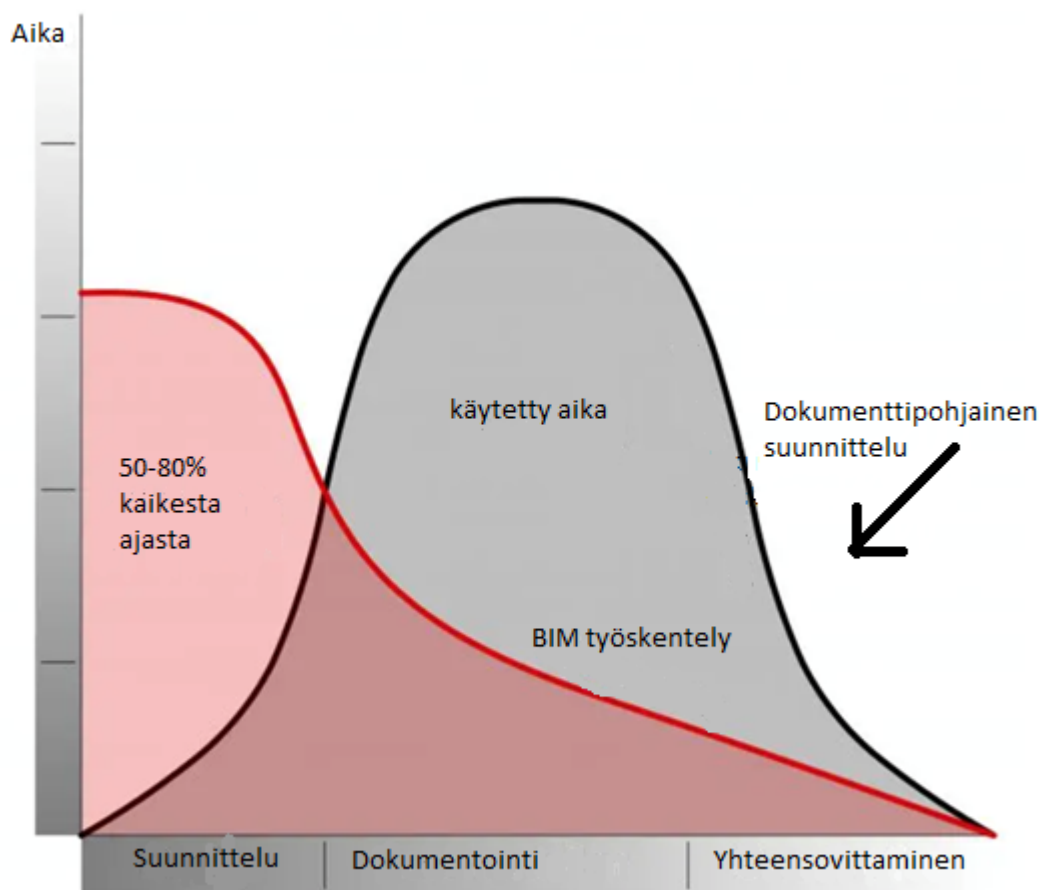
Perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelussa suunnittelutiedot ovat eri dokumenteissa hajallaan ja tarvittavan suunnittelutiedon löytäminen on haastavaa määrä- ja kustannuslaskentavaiheessa. Lisäksi mahdollisten laskentavirheiden löytäminen on haastavaa, sillä pelkästään määrälaskija on tietoinen tekemistään oletuksista. Perinteistä määrälaskentaa käytettäessä määrälaskennan tulokset ovat suoraan riippuvaisia määrälaskijan henkilökohtaisen suorituksen täsmällisyydestä. (Korkeila 2012.)

Kustannuslaskenta on tärkeä tuotantoprosessin vaihe. Kustannusvaikutukset perustuvat mahdollisimman tarkkoihin määrätietoihin ja laadun muutoksiin, joita tietomalli edistää. Tietomallin avulla laskelmien tekeminen helpottuu ja nopeutuu. Määrälaskennan toistettavuus lisääntyy laskelmien nopeutuessa, joka vähentää virheiden riskiä huomattavasti. Tietomallien käyttö määrä- ja kustannuslaskennassa auttaa eri suunnitteluvaihtoehtojen vertailussa jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa. (Teittinen 2016.) Laskentavaiheessa tehdyt virheet heijastuvat suoraan työmaalle, missä on vaikea pysyä kustannustavoitteissa. Tämän vuoksi on tärkeää hyödyntää mahdollisimman paljon erilaisia luotettavia työkaluja ja ohjelmia kustannuslaskennan laadun varmistamiseksi, johon tietomalli on sopiva vaihtoehto. Suuri etu tietomallipohjaista määrälaskentaa vertaillen dokumenttipohjaiseen määrälaskentaan on se, että tietomallipohjainen määrälaskenta on läpinäkyvää. Jokaisella määrällä on olemassa jokin virtuaalinen objekti, josta määrätieto on poimittu ja kuka tahansa pääsee tarkastamaan objektin (kuva 7). Tehokkuutensa vuoksi tietomallipohjainen määrälaskenta antaa mahdollisuuden tehdä laskennan useammin ja enemmän tutkien verrattessa perinteiseen laskentaan (BuildingSMART Finland 2012, osa 7).

Tietomalli ei ole kuitenkaan ratkaisu kaikkiin määrälaskentaan liittyvistä kysymyksistä, ja mallista ei saada kaikkia määrätietoja, joita hankkeen aikana tarvitaan. Määrälaskijan ammattitaito tulee esille edelleen laskennan kannattavuudessa, lähtömateriaalin ja lähtötietojen arvioinnissa sekä erilaisten vaihtoehtojen esille tuomisessa. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7.)

Identiteetti	Sijainti	Määrä	Relaatiot	Luokittelu	Hyperlinkit	BEC	BEC-Työnkulku	Tekla Assembly
Ominaisuus						Arvo		
Tilavuus						3,80 m ³		
Suurin korkeus						400 mm		
Suurin pituus						7,04 m		
Suurin leveys						1,35 m		

Kuva 5. Esimerkki nauha-antura objektin määrätiedoista



KUVA 6. Työmäärän jakautuminen tietomallipohjaisesti toteutetussa hankkeessa verrattuna perinteiseen dokumenttipohjaiseen hankkeeseen (Muokattu lähteestä Tarpila 2016)

Dokumenttipohjaisessa perinteisessä hankkeessa työmäärän suurin taakka ajoittuu hankkeen keskivaiheille (kuva 15). Tietomallipohjainen suunnittelu ottaa aikansa hankkeen alkuvaiheessa, jonka jälkeen työmäärä pienentyy. Yleensä tilanteessa ei huomioida sitä, että laadukkaan mallintamisen ansiosta dokumenttien tuottaminen tietomallipohjaisessa prosessissa nopeutuu ja helpottuu huomattavasti. (Tarpila 2016.) Tehokkaamman suunnitteluprosessin seurauksena ei kustannuslaskentaa jouduta suorittamaan vajavaisista suunnitelmista.

Johdonmukaisuus on tärkein ominaisuus määrälaskennan näkökulmasta. Tekniikka- ja rakennusosat on mallinnettava projektille määrättyjen vaatimusten mukaisesti. Tietomalliselostukseen on dokumentoitava, mitä mallinnustapaa on käytetty. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7.) Ristiriitoja voi syntyä tilanteissa, joissa suunnitteluratkaisuja ei olla mallinnettu tietomallivaatimusten mukaisesti ja suunnitteluratkaisut on mallinnettu eriävästi tietomallin eri osissa. Tietomallista saadut hyödyt eivät ole itsestäänselvyksiä. Hyödyt vaativat hyviä toimintatapoja ja prosessin johtamista.

3.4 Tietomallin haasteet kustannuslaskennassa

Tietomallintamisen haasteisiin on kuulunut osaamisen puute ja negatiivinen asenne uudistuksia kohtaan (Korpela 2011). Kehitysprosessi on ollut pitkä ja edistyksellinen. Sovellukset, tietomallivaatimukset ja osaaminen on kehittynyt. Matkan varrella tietoisuuden määrä on myös lisääntynyt. Tietomallia on hyödynnetty rakennushankkeissa ja sitä on tutkittu paljon, jonka seurauksena on tapahtunut kehitystä. Tietomallintamiseen liittyviä ongelmia ja haasteita on korjattu paljon. Lukuisten mahdollisuuksien ja hyötyjen lisäksi mukana ilmenee edelleen haasteita.

Tietomallintamisen suurimpina ongelmina on koettu enemmän mallintamiseen, kuin käyttöön liittyvät asiat. Yleiset tietomallivaatimukset ovat kattavat ja usein myös riittävät. Tietomallivaatimukset ei pysty sisältämään kaikkia mahdollisia ongelmia, joita malleissa ilmenee. Tämän vuoksi on suositeltavaa, että tietomallia käyttävä yritys tekee itse yrityksen sisäiset ohjeet mallinnukselle. Haluttuun laatuun ja tasoon päästään todennäköisemmin, kun suunnittelijoita ohjeistetaan yrityksen sisäisten tietomallivaatimusten perusteella. Tietomallinnuksessa rakenteita on voitu mallintaa työkaluilla, jotka eivät ole oikeita, tai rakenteiden ryhmittely ja nimittely ei ole selkeää. (Lieri 2014.) Mallintaminen on kehittynyt valtavasti ja objektien määrä lisääntyy koko ajan. Kaikkea rakennukseen tulevaa ei kuitenkaan pystytä tällä hetkellä tai tulevaisuudessa mallintamaan. Tietomallit kattavat tarkan tiedon rakenneosittain, mutta detaljitason tiedot ovat vajavaisia. Esimerkiksi kittaukset, irroituskaistat ja liitokset eivät sisälly määrätietoon.

Tietomallipohjaisella kustannuslaskennalla ei ole mahdollista saada kaikkia rakennuskustannuksia suoraan. Kustannuslaskijan tulee tietää mitä hän laskee työhistorian ja -kokemuksensa avulla. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7.) Kokemattomalle määrälaskijalle haasteita voi tuottaa tietomallin vajavaiset määrätiedot.

Tietomallin käyttöönoton seurauksena on ilmennyt paljon vastuukysymyksiä. Vastuukysymysten kautta on syntynyt uusia tehtävä- ja työnimikkeitä, esimerkiksi tietomallikoordinaattori. Uudet tehtävä- ja työnimikkeet eivät ole poistaneet vastuukysymyksiä kokonaan. Kaikissa projekteissa ei ole palkattu tietomallivastaavia tai koordinaattoreita. Tällaisissa projekteissa nousee esiin kysymykset kuka vastaa tietomallissa olevan tiedon oikeellisuudesta, päivitettävyydestä ja yhteensovitettavuudesta.

Yksi vastuukysymyksen vastaus on VDC (Virtual Design and Connection). VDC on rakennusliikkeen sisäinen tietomalli asiantuntijoista koostuva ryhmä, joka ohjeistaa ja kouluttaa projektin eri osapuolia. Jotta tietomallit saadaan parhaimpaan mahdolliseen hyötyyn, VDC tiimi kokoaa yhdistelmämallin, ja päivittää sitä koko hankkeen ajan. Rakennusliikkeistä esimerkiksi NCC on ottanut VDC-tiimin käyttöön. NCC sivuilla kerrotaan, että VDC- prosessin ansiosta NCC:n on helppo pysyä kustannuksissa sekä aikataulussa. VDC:llä on myös pystytty nostamaan hankkeen ympäristöluokitusta. Kun mahdolliset epäkohdat suunnitelmista löydetään ajoissa, vältetään yllätyksiltä, jotka voivat hidastaa rakentamista. (NCC 2019.) VDC on vähentänyt merkittävästi suunnitteluun ja koordinointiin liittyviä riskejä, sekä suunnittelualojen tapaamisten kestoa ja lyhentänyt päätöksentekoon käytettyä aikaa (Bimcorner.com 2020).

Projektin johtaminen ja koordinoiminen nousee merkittävään rooliin tietomallintamisen johdosta. Tuotannonohjauksessa tapahtuva tietomallin tehokas käyttö vaatii eri ohjelmistoalojen yhteensovittamista. Lukuisat ongelmat johtuvat mallintamisen ja suunnittelun selvistä ohjauksen puutteista. Projektipäälliköt, jotka ohjaavat suunnittelua, eivät ole tarpeeksi tietoisia siitä, kuinka tietomallia halutaan käyttää määrälaskennassa. (Ekman 2012.) Projektin yhteistyö voi koitua ongelmaksi, jos hankkeen kaikki suunnittelijat eivät käytä tietomallintamista.

Vaikka kaikki suunnittelijat käyttävät tietomallinnusta ja ovat samasta suunnittelutoimistosta, se ei välttämättä takaa onnistunutta tietomallinnusta. Suunnittelutoimistosta voi löytyä kaikki suunnittelu alat (LVI, sähkö, rakenne), mutta silti malleista löytyy useita törmäyskohtia. Suunnittelutoimistoissa täytyy kiinnittää erityistä huomiota mallien törmäystarkasteluun sekä tiedon riittävään kulkuun eri osapuolien välillä, jotta mallien törmäystarkastelu ei tapahdu vasta työmaalla. Tietomallin tilaajan on osattava tulkita tietomalli onnistuneeksi ja kelpaavaksi rakennustyömaan käytettäväksi.

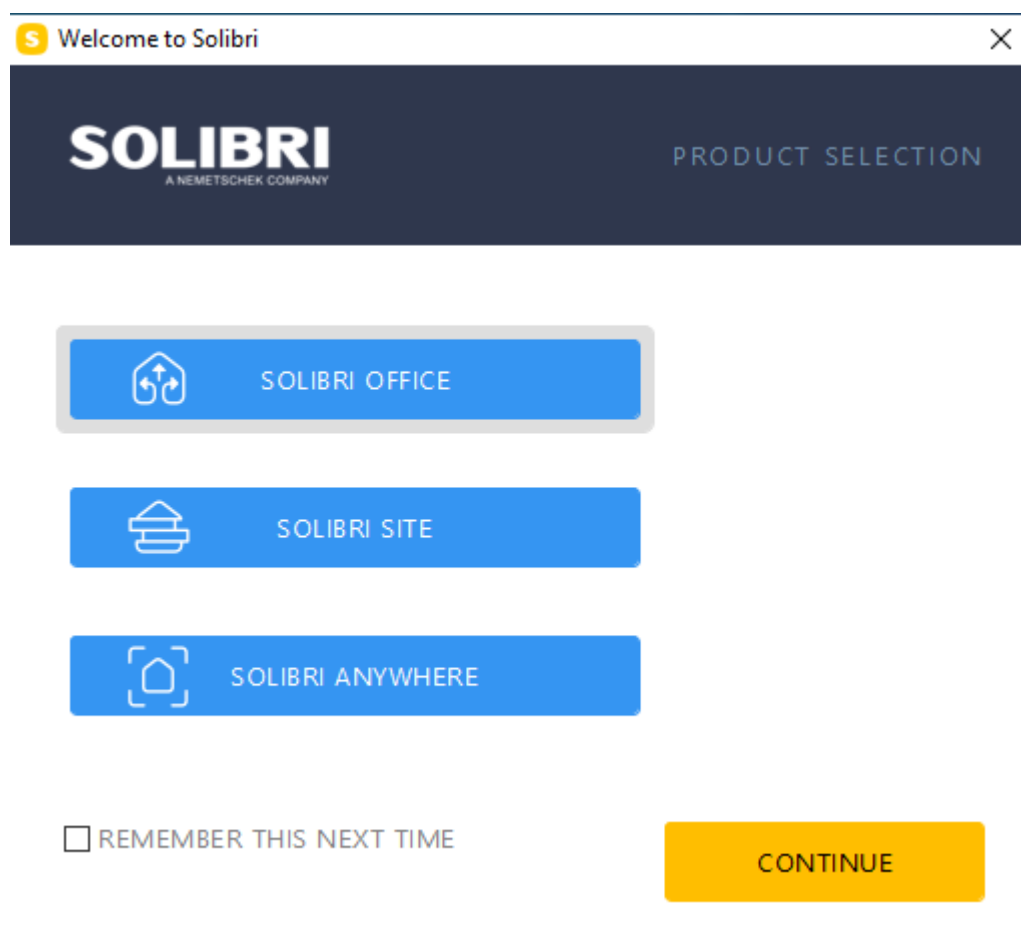
4 KUSTANNUSLASKENTA SOLIBRILLA

4.1 Työkaluihin tutustuminen

Tutkimuksessa määrätietojen tuottamiseen käytetään Solibri Officea. Solibri Office on laadunvarmistussovellus, jolla pystytään myös suorittamaan määrälaskenta. Sovellus on osoittautunut aiempien kokemusten perusteella erittäin hyödylliseksi ja helppokäyttöiseksi. Sovelluksen käyttöön päädyttiin sen helppokäyttöisyyden ja älykkäiden työkalujen vuoksi. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi tutkimuksessa käytettäviä Solibri Officen tärkeimpiä työkaluja ja niiden hyödyntämistä.

4.1.1 Sovelluksen avaus

Solibri sovelluksen avaamisen jälkeen ruudulle aukeaa aloitusvalikko, jossa on lista eri tuotteita (kuva 9). Käytettävä tuote valitaan, jonka jälkeen sovellus avautuu. Sovelluksen avauduttua valitaan käytettävä tietomalli IFC-muodossa.



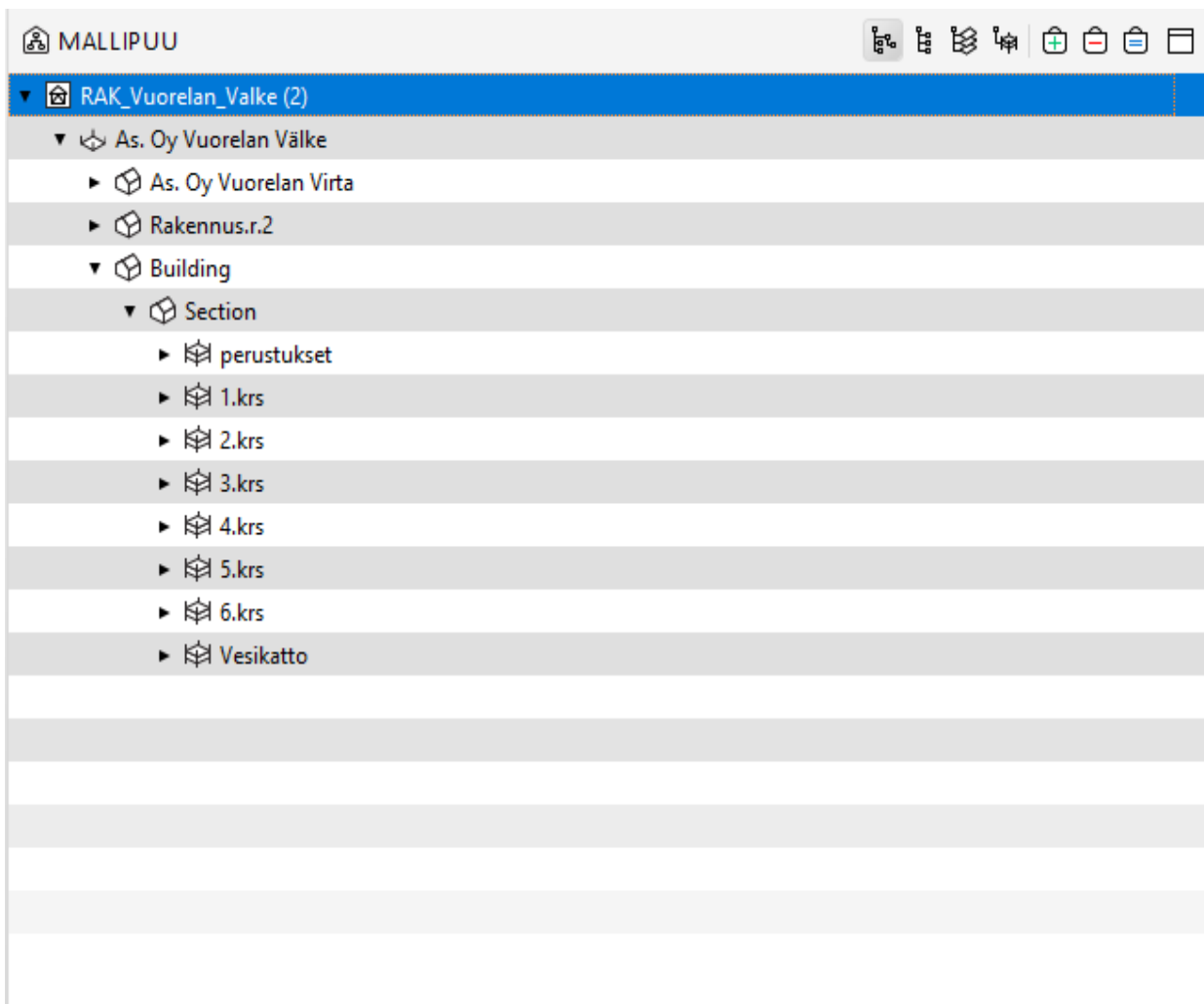
KUVA 7. Solibrin aloitusvalikko

4.1.2 Mallipuu

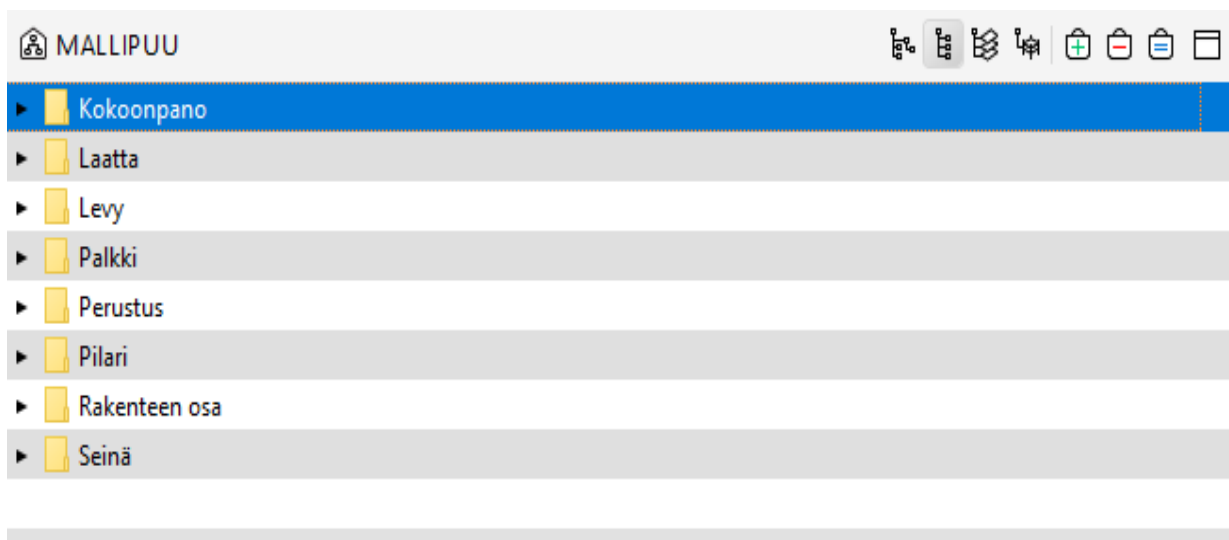
Solibrin yksi tärkeimmistä työkaluista on mallipuu. Mallipuu pitää sisällään tietomallin rakenteen kerroksittain hierarkkisessa järjestyksessä (kuva 10). Mallipuu mahdollistaa tarkasteltavan kokonaisuu-

den määrittämisen. Tarkasteltavaksi kohteeksi voidaan valita esimerkiksi koko rakennus, haluttu kerros tai pelkkä rakennusosa. Tarkasteltavan kokonaisuuden määrittäminen helpottaa huomattavasti havainnointia ja poistaa ruudulta kaiken tiedon mitä ei tarvita.

Tarkasteltavan kokonaisuuden valitseminen tapahtuu valitsemalla mallipuusta haluttu taso, jonka jälkeen taso lisätään vihreästä (+) merkistä valintakoriin. Valintakorin sisältäessä kaikki halutut tasot painetaan (=) merkkiä, jonka jälkeen valitut tasot ilmestyvät tarkasteltavaksi.










KUVA 8. Mallipuun mallihierarkia



KUVA 9. Mallipuun komponenttihierarkia

4.1.3 Aktiiviset työkalut

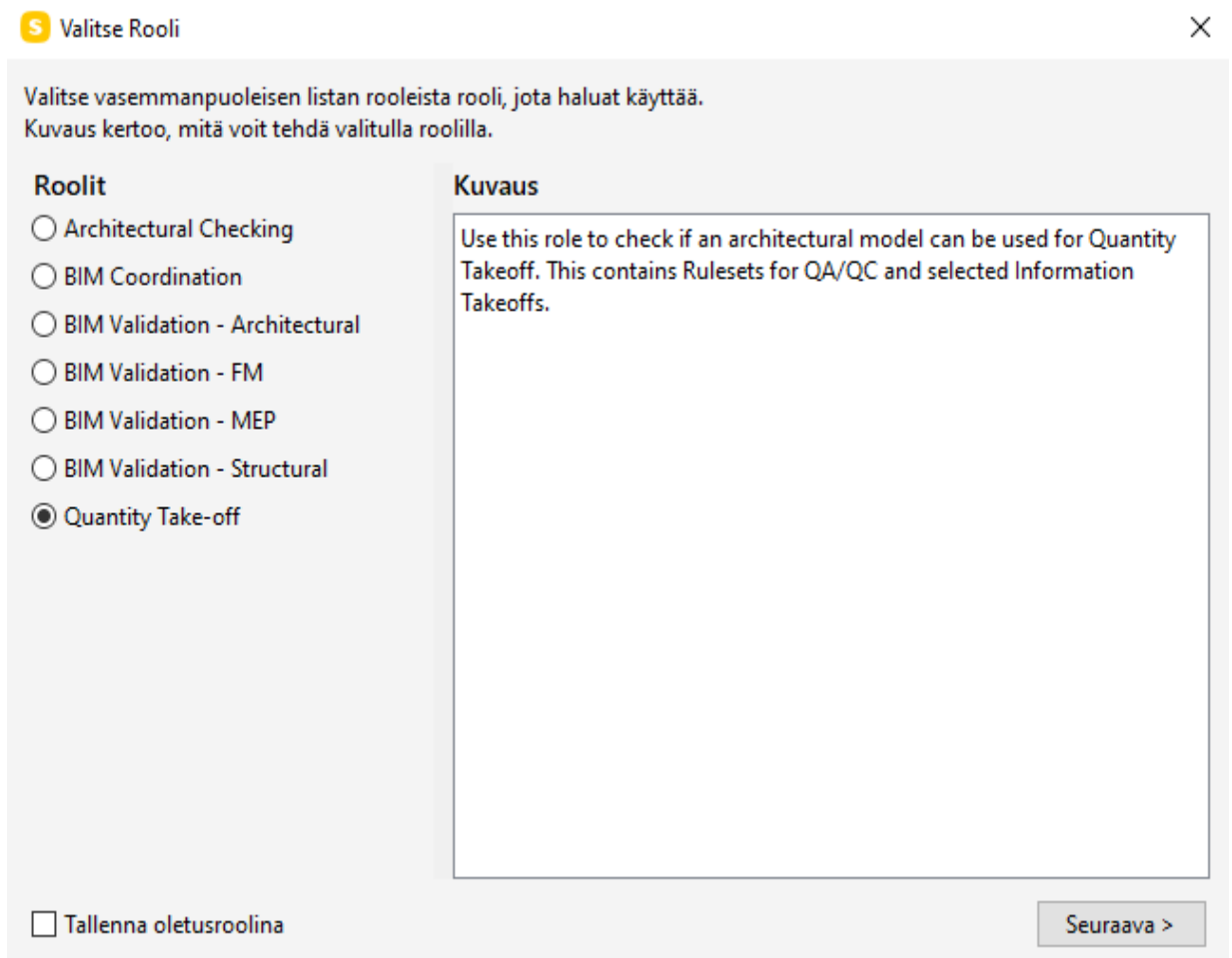
Aktiivisia työkaluja Solibrissa on seitsemän erilaista (kuva 12). Vain yksi työkalu pystyy olla aktiivisena kerrallaan. Työkaluja ovat info, valinta, piilotus, merkintä, mittaus, leikkaus ja läpinäkyvyys. Jokainen aktiivinen työkalu on käyttötarkoitukseltaan hyödyllinen. Tutkimuksessa eniten työkaluista käytetään info-, valinta- ja mittaustyökalua. Infotyökalulla saadaan erilaisia tietoja objektia painamalla. Tiedot sisältävät identiteetti, sijainti, määrä, relaatio ja luokittelu tietoja. Valintatyökalulla pystytään lisäämään valittu objekti valintakoriin, jos objektia ei haeta mallipuun kautta. Mittaustyökalulla pystytään tekemään mallin sisällä erilaisia mittauksia. Tutkimuksessa mittaustyökalua käytetään varmistamaan laskettuja tuloksia.

	Info	5
	Valinta	6
	Piilotus	7
	Merkintä	8
	Mittaus	9
	Leikkaus	0
	Läpinäkyvyys	

KUVA 10. Aktiiviset työkalut

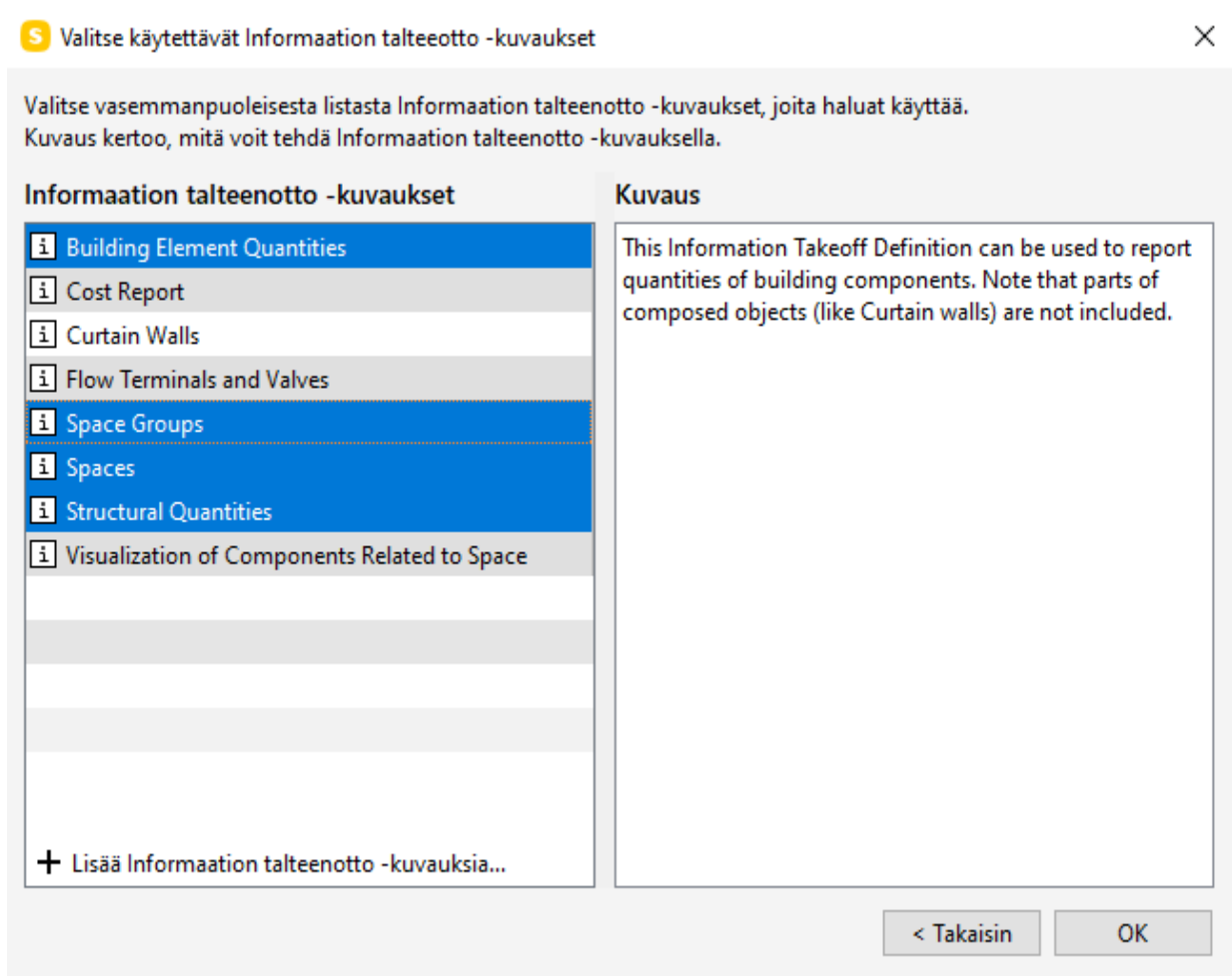
4.1.4 Informaation talteenotto

Informaation talteenotto on Solibri Officen ominaisuus, jonka kautta määrälaskenta suoritetaan. Informaation talteenotto välilehden avaamisen jälkeen ruudulle aukeaa roolin valitseminen. Rooleja on seitsemän, joista valitaan käyttötarkoitukseen sopivin vaihtoehto (kuva 13). Tutkimuksessa käytetään Quantity Take-off roolia.



KUVA 11. Informaation talteenoton roolin valinta

Roolin valitsemisen jälkeen ruudulle avautuu Informaation talteenotto – kuvaukset valikko (kuva 14). Valikosta valitaan kuvaukset, jotka sopivat parhaiten käyttötarkoitukseen. Kuvauksia pystyy luoda myös itse. Tutkimuksessa käytetään Building Element Quantities, Space Groups, Spaces ja Structural Quantities kuvauksia.



KUVA 12. Informaation talteenotto – kuvaukset

4.1.5 Määrien vieni Excel taulukkoon

Informaation talteenoton roolin ja kuvausten jälkeen pystytään suorittamaan määrälaskenta halusta kokonaisuudesta. Määräluettelon yläriiviin pysytään lisäämään lisää haluttuja nimikkeitä, joiden tiedot taulukkoon halutaan. Hyödyllisiä nimikkeitä määrälaskennassa on muun muassa eri määrä tiedot (tilavuus, pinta-ala ja korkeus). Tutkimuksessa määräluettelot viedään vielä erikseen Excel taulukkoon muokattavaksi ja vertailtavaksi. Määrien vieminen Excel -taulukkoon tapahtuu määräluettelon yläkulman kohdasta (raportoi). Raportoinnin valinnan jälkeen ruudulle avautuu raportoi informaation talteenotto taulukko, josta valitaan haluamat asetukset ja tallennetaan raportti (kuva 15). Tallentamisen jälkeen määräluettelosta muodostuu Excel -tiedosto.

Komponenttityyppi	Tyyppi	Lukumäärä	Väri
Kokoonpano	AP01	1	Yellow
Kokoonpano	ERISTE	7	Cyan
Kokoonpano	HISSIKUILUN_POHJA	1	Magenta
Kokoonpano	IMUKANAVA	7	Blue
Kokoonpano	MAANVARAINEN_LAATTA	1	Orange
Kokoonpano	NAUHA_ANTURA	27	Red
Kokoonpano	PERUSMUURI	14	Light Blue
Kokoonpano	PERUSPILARI	1	Light Green
Kokoonpano	PILARIANTURA	4	Orange

Rooli: Quantity Take-off Valittuja: 223

KUVA 13. Esimerkki Solibrin määräluettelo näkymästä

S Raportoi Informaation talteenotto ×

Raportin otsikko

Raportin asetukset

Tavallinen Excel-raportti Valittu ITO Kaikki ITO:t

Raportti Excel-pohjalla Valittu ITO Kaikki ITO:t

Pohja

▼

KUVA 14. Raportoi Informaation talteenotto

5 TULOKSIEN VERTAILU

5.1 Perustukset

Tutkimuksen tulosten vertailun ensimmäisenä vaiheena on perustukset. Perustusten lähtö- ja pohjatietona toimi rakennusliike Laptilta saatu käsin suoritettu määrä- ja kustannuslaskenta. Määrä- ja kustannuslaskenta toimitettiin tutkimukseen käytettäväksi Excel -tiedostona. Tuloksien vertailu vaihe aloitettiin tutkimalla käsin lasketun määrä- ja kustannuslaskennan sisältöä, jonka jälkeen tuotettiin määrälaskenta Solibri Officea käyttäen perustusten osalta.

Käsin laskettu määrä- ja kustannuslaskenta oli erittäin tarkka pitäen, sisällään paljon eri määrätietoja. Tietosisältöä tarkasteltaessa kävi selväksi, että tietomallivaatimusten tason nojalla ei tietomallista kaikkea tietosisältöä voi tulla löytymään. Esimerkiksi raudoitukset, kallistusvalut, irroituskaisat ja kittaukset eivät löydy tietomallista. Näiden rakennusosien määrät ovat saatavissa, kun tiedetään tärkeimpien rakennusosien määrät. Tietomallin ei täydy pitää sisällään kaikkea tätä tietosisältöä. Tutkimuksessa käytetty tietomalli on mallinnettu rakennushankkeeseen havainnollistamista, eikä määrä- ja kustannuslaskentaa varten. Havainnollistamisen lisäksi tietomallia käytetään paljon työmaaympäristössä, joten suurimpien rakennusosien oikeellisuus ja määrätiedot tulisivat olla kunnossa.

Tietomallista tuotetut määrät ovat erittäin lähellä käsin laskettuja määriä, muutamia rakennusosia huomioon ottamatta. Perusmuurin ja väestönsuojan rakenteiden määrätiedoissa ilmeni hieman eroavaisuuksia. Sisäpuoliset perusmuurit ovat laskettu hankkeen elementtikauppaan ja tietomallissa sisäpuoliset perusmuurit ovat paikallavalettuina. Vaikka tässä rakennushankkeessa käsin lasketun määrä- ja kustannuslaskennan ei tarvitse kulkea tietomallista tuotetun määrä- ja kustannuslaskennan kanssa rinnakkain. Kustannuslaskija ja tietomallin tuottaja eivät ole tehneet rakennushankkeessa yhteistyötä, joten esimerkiksi rakennusosien nimissä ja sijainneissa on eroja. Käsin lasketusta tietosisällöstä täysin tietoinen on vain itse kustannuslaskija, joka tietää omista oletuksistaan. Tulosten analysointi osiossa tätä käydään tarkemmin läpi. Käsin lasketussa määrä- ja kustannuslaskenta taulukossa (taulukko 4) on esitetty punaisella yliviivattuna kohdat, jotka löytyvät myös tietomallista. Tietomallista tuotetut määrätiedot näkyvät (taulukko 5). Kuvia vertailemalla nähdään, että saadut määrätiedot ovat erittäin lähellä toisiaan. Kuvia vertailemalla nähdään myös käsin lasketun määrälaskennan tarkkuuden rakennusosien osalta.

ANTURAT

TAULUKKO 4. Käsin laskettu määrälaskenta anturoista

21	ANTURAT	0	
21000000	Nosturin perustus 600x400 nauha-antura muottityö 2x18 jm	30	m2
21000001	Nosturin perustus raudoitus, laskettu 120kg/m3	1 044,00	kg
21000002	Nosturin perustuksen betonointi, C30/37	8,7	m3
210101	Muottityö, NA1 anturat 400x1000	65,6	m2
21010100	Muottityö, NA2 anturat 400x800	37,2	m2
21010101	Muottityö NA3 anturat 400x1350	13,1	m2
21010102	Muottityö NA4 anturat 500x1350	6,4	m2
21010103	Muottityö NA5 anturat 400x1100	7	m2
21010104	Muottityö NA6 anturat 400x1200	11,4	m2
21010105	Muottityö NA7 anturat 400x600	6	m2
21010106	Muottityö pilariantura 800x1400	3,5	m2
21010107	Muottityö pilariantura 1000x1000	3,2	m2
21010108	Muottityö hissikuilun pohjalaatta h=400	5	m2
210211	raudoitus A500HW, sis. 15 % lim.	3 166,40	kg
21021100	raudoitus hissikuilun pohjalaatta, laskettu T10 #k150 + haat T8 k300	122	kg
21021101	raudoitus, tapit AS elementeille, laskettu k1200 T20 L 500 mm	137	kg
210221	betonointi, anturat C30/37, XC2, 100v.	68,6	m3
21022100	betonointi hissikuilun pohjalaatta C30/37, XC2, 100 v.	3,9	m3
210222	viemärin pohjakulman betonointi	7	erä
21022200	anturoiden päälle bitumisively L=600...800mm	171	jm

TAULUKKO 5. Tietomallista tuotetut määrätiedot anturoista

ANTURAT	Määrä	Yksikkö
Muottityö NA1 400x1000	72,5	m2
Muottityö NA2 400x800	37,4	m2
Muottityö NA3 400x1350	15,1	m2
Muottityö NA4 500x1350	7,7	m2
Muottityö NA5 400x1100	7,8	m2
Muottityö NA6 400x1200	13,3	m2
Muottityö NA7 400x600	6,3	m2
Muottityö pilarianturat 800x1400	3,5	m2
Muottityö pilarianturat 1000x1000	3,2	m2
Muottityöt hissikuilunpohja	5	m2
Betonointi anturat	70,0	m3
Betonointi hissikuilun pohjalaatta	3,9	m3

PERUSMUURIT JA -PILARIT

Tulosten vertailu perusmuurin ja -pilareiden osalta. Käsin lasketut määrätiedot (taulukko 6) ja tietomallista tuotetut määrätiedot (taulukko 7). Kuvia vertailemalla selviää, että perusmuurien kokojen välillä on huomattavissa hieman eroavaisuuksia, mutta määrätiedot täsmäävät muuten.

TAULUKKO 6. Käsin laskettu määrälaskenta perusmuurista ja pilareista

22	PERUSMUURIT JA -PILARIT	0	
220102	muottityö, perusmuurit h=930 mm b=300 mm, 50,5 jm	91,6	m2
22010200	muottityö, perusmuurit h=930 mm b=200 mm, 11 jm	20,4	m2
22010201	muottityö, perusmuurit h=1000 mm b=200 mm 50,2 jm	100,3	m2
220103	muottityö, peruspilarit, portaan alla	2,5	m2
220211	raudoitus A500 HW, sokkelit ja perusmuurit	2 427,00	kg
220222	betonointi, perusmuurit C30/37, XC1	26,2	m3
220224	anturan päälle kallistusvalu	90	jm
220231	betonipintojen jälkityöt	214,8	m2
220742	sokkelin tai perusmuurin sisäpintaan EPS 120 routa 50 mm, laskettu hissikuiluun ja rakennuksen ulkoreunoille	46,5	m2
220743	perusmuurin lämmöneriste KE-elem. alle Kingspan Kooltherm K15 100 mm	92,7	m2
22074300	Tuulensuojalevy KE-elem. alle Paroc Cortex 30 mm	92,7	m2
220801	perusmuurilevy, yläreunaan kiinnityslista 81 jm	81	m2
220821	VE80 perusmuurin ulkopintaan, hissikuilu	15	m2

TAULUKKO 7. Tietomallista tuotetut määrätiedot perusmuurista ja -pilareista

PERUSMUURI		
Muottityöt halkaistu sokkeli h=950mm, b=520mm	112,5	m2
Muottityöt PV-PM h=980mm, b=200mm	126,4	m2
Betonointi perusmuurit	26,84	m3

VÄESTÖNSUOJARAKENTEET

Väestönsuojarakenteiden käsin lasketut määrätiedot (taulukko 8) ja tietomallista tuotetut määrätiedot (taulukko 9). Väestönsuojassa seinät olivat mallinnettu korkeammaksi kuin mitä määrälaskentatiedoissa oli ilmoitettu. Seinät on voitu mallintaa yhtenä objektina väestönsuojan yläpintaan saakka tai suunnitelmat ovat voineet muuttua mallinnuksen jälkeen ja kaikkia muutoksia ei ole päivitetty malliin.

TAULUKKO 8. Käsin laskettu määrälaskenta väestönsuojarakenteista

25	VÄESTÖNSUOJARAKENTEET	0
250101	muottityö, lattian reunatopparit	7,5 m ²
25010100	-vaarnaaura	50,5 jm
250102	muottityö, seinät h=2670mm, sis. holvin reunastopparin	248,7 m ²
25010200	muottityö VSS väliseinät b=220 mm	52 m ²
250103	muottityö, holvi	95,5 m ²
25010400	-vaarnaaura	50,5 jm
250105	muottityö, kaulukset h=220...420mm	16,7 m ²
25010500	muottityö konsoli	2,88 m ²
250210	raudoitus B500K, sis. 15% lim. ARVIOITU 120kg/m ³ , Holvi	3 960,00 kg
250211	raudoitus A500HW, sis. 15% lim.,ARVIOITU 120kg/m ³ , seinät	5 040,00 kg
250212	vss-verkko 3#50	110 m ²
250221	AP05 laatan betonointi, hL=150 mm, A-4-II, k3 hierto	95,5 m ²
25022100	AP05 raudoitus ei kuvia, laskettu T10-150 mp. + reunakierto 2T12 ja haat T8 k300	2 065,00 kg
250223	seinien betonointi C30/37, XC1	42 m ³
250225	holvin betonointi C30/37 XC1	33 m ³
250231	betonipintojen jälkityöt	519 m ²
250741	lattian eristys EPS 100 lattia 70+70 mm	95,5 m ²
2507411	lattian reunoille lisäeristys EPS 100 lattia 70 mm	22 m ²
251	VSS katon yläpuoliset rakenteet, VP05 mukaan	0
251100	salaojaputket d=110 mm	95,5 m ²
251261	betonilaatta hL=80 mm, A-4-II BY45	95,5 m ²
25126100	-lattialämmityspotket, 1e lisätty kittaus seinän rajaan	95,50 m ²
25126101	-lattialämmityspotket, reunojen kittaus	50,00 jm
25126102	- irroituskaista	50 jm
2512611	-laatan raudoitus B500K ja A500HW, sis. 15% lim.#6-150 kesk. + reunakierto	355,00 kg
251751	Leca-sora 235 mm	22,5 m ³
25175100	suodatinkangas N1	95,5 m ²
258001	VSS valutoimitus, hinnoiteltu 67 koko potin osuus	1 erä
25800100	VSS kustannukset Virralle	1 erä

TAULUKKO 9. Tietomallista tuotetut määrätiedot väestönsuojarakenteista

VÄESTÖNSUOJA		
Muottityöt seinät	342	m ²
Muottityöt vss väliseinät	52,6	m ²
Muottityöt vss holvi	126,7	m ²
Vaarnaura	49,5	jm
Muottityöt konsoli	1,8	m ²
AP05 Laatan betonointi (vss lattia) h=300, 126,7 m ²	13,9	m ³
Vss seinien betonointi	48,2	m ³
Vss holvin betonointi	33,1	m ³
Betonilaatta hL=80mm	103	m ²

MAANVARAINEN LAATTA JA ULKOPUOLISET RAKENTEET

Maanvaraisen laatan käsin lasketut määrätiedot (taulukko 10) ja tietomallista tuotetut määrätiedot (taulukko 11) Kuvia vertailemalla huomataan, että maanvaraisen laatan betonoinnissa ja hionnassa on 10 m² ero. Lisäksi tietomalliin on mallinnettu kaksi sisäänkäyntilaattaa, jonka takia myös sisäänkäyntilaatan betonoinnissa ja hierrossa on eroja.

TAULUKKO 10. Käsin laskettu määrälaskenta maanvaraisesta laatasta ja ulkopuolisista rakenteista

26	MAANVARAINEN LAATTA	0
260	AP01	0
260201	irrotuskaista ja kittaus kantaviin rakenteisiin	183 jm
260211	laatan raudoitus A500HW, sis. 15% lim.	83 kg
260212	laatan raudoitus B500K, sis. 15% lim.	1 410,00 kg
260241	laatan betonointi hL=80 mm, A-4-II.; hierto 5,5 e/m ² + valusäpityö, sepelintasaus, korot, mittaukset ja topparit	227,8 m ²
26024100	Lattialämmitysputkien asennus, asunto A1	59,5 m ²
260741	lämmöneristys EPS 100 lattia 70+70 mm	227,8 m ²
260742	reunoille lisälämmöneriste EPS 100 lattia 70 mm	53 m ²
260821	radonkernikaista	183 jm
26082100	AP01 mv-laatan hionta	227,8 m ²
28	ULKOPUOLISET RAKENTEET	0
280	Sisäänkäyntilaatta	0
280101	muottityö, reunatopparit 12 jm	6 m ²
280102	irrotuskaista sokkeliin, kl3 peltilista	4,5 jm
280211	laatan raudoitus	76 kg
280221	laatan betonointi	2 m ³
28022100	-laatan hierto	7 m ²
280741	routasuojaus EPS routa 120 200 mm	13,5 m ²

TAULUKKO 11. Tietomallista tuotetut määrätiedot maanvaraisesta laatasta ja ulkopuolisista rakenteista

MAANVARAINEN LAATTA		
Laatan betonointi hL=80mm, 227,8 m ² /18,224 m ³	237,0	m ²
AP01 Mv-laatan hionta	237,0	m ²
ULKOPUOLISET RAKENTEET		
Sisäänkäyntilaatta	2	kpl
Laatan betonointi	8,5	m ³
Laatan hierto	29,7	m ²

5.2 Mallikerros (3krs)

Tutkimuksessa ei koettu tarpeelliseksi tarkastella kaikkia kerroksia erikseen, sillä kerrokset 1–5 ovat identtisiä keskenään. Ainoastaan kuudes kerros eroaa hieman muista. Mallikerroksen taustatietona toimii koko hankkeen määrälaskenta. Tutkimuksen palaverissa sovittiin tilaajan ja työn ohjaajan kesken, että hankkeen määrätiedot jaetaan kerroksien määrällä. Jaettuja määriä verrataan tietomallista saatuihin kolmannen kerroksen määriin. Koko hankkeen määrälaskenta jakamalla kuudella päästään tarpeeksi lähelle tutkimuksen haluttuun tarkkuuteen.

Alla olevissa taulukoissa voi havaita pieniä poikkeamia, koska ylin kerros poikkeaa muista kerroksista. Kuudennessa kerroksessa on vähemmän asuntoja kuin alemmissä kerroksissa, joten tutkimuksessa esiintyy pieniä pyöristyksellisiä eroavaisuuksia. Esimerkiksi ovien määrissä, parvekkeisiin liittyvissä rakennusosissa ja tekniikan laitteissa voi havaita poikkeamia. Tietomallissa seinät ja ikkunat oli määritelty tarkemmin kuin määrälaskenta taulukossa. Käsin laskettu määrälaskenta ei pitänyt sisälään kaikkia seinätyyppejä, jotka löytyivät tietomallista. Suurimmat rakennusosat pyöristyeroista johtumatta olivat hyvin lähellä toisiaan (taulukko 12).

MALLIKERROS (3krs)

TAULUKKO 12. Kolmannen kerroksen määrätiedot tietomallista ja käsin laskennasta

3 KERROS TIETOMALLI	Määrä	Yksikkö	3 KERROS KÄSINLASKETTU	Määrä	Yksikkö
Hormielementit	9,00	kpl	Hormielementit	9,0	kpl
Sisäkuorielementti	180,96	m2	Sisäkuorielementti	160,5	m2
VS01 200mm tb- väliseinä	163,72	m2	BS JA TBS väliseinät	120,0	m2
VS04 90mm puurakenteinen väliseinä	31,44	m2	Puurakenteiset väliseinät	82,8	m2
VS05 92mm puurakenteinen väliseinä	81,32	m2			
VS06 110mm murattu väliseinä	96,56	m2	VS6 ja VS7	127,8	m2
VS07 200mm kevytbetoniharkko seinä	21,11	m2			
VS07.2 190mm kevytbetoniharkko seinä	28,61	m2			
VS06.2 Akoseinät	5,02	m2			
VS 92mm levyseinä (kotelo) EI30	9,10	m2	EI LÖYDY KÄSINLASKENNASTA		
VS5.2 108mm peltirankainen kipsilevyseinä	21,63	m2	EI LÖYDY KÄSINLASKENNASTA		
VS harkko 100 100	3,80	m2	EI LÖYDY KÄSINLASKENNASTA		
Ontelolaatta O-0(?) 326,58m2	44,0	kpl	Ontelolaatta PK32 ja PK32K	34,0	kpl
Massiivilaatta 14,74m2	1,00	kpl	Massiivilaatta	1,0	kpl
Ikkuna 22 F2P/O	12,00	kpl	MSE Puuikkunat	22,0	kpl
Ikkuna kaksiosainen 22 FB/V	12,00	kpl			
Parvekepielielementti	7,00	kpl	Parvekepielielementti	7,0	kpl
Parvekelaatta	6,00	kpl	Parvekelaatta	6,0	kpl
Porraselementti	1,00	kpl	Porraselementti	1,0	kpl
Parvekepilarielielementti	2,00	kpl	Parvekepilarielielementti	2,0	kpl
Petra 320	3,00	kpl	Petra 320	3,0	kpl
Paikallavalukaistat	0,76	m3	Paikallavalukaistat	1,6	m3
Kerrostaso-ovet 10*21	6,00	kpl	Kerrostaso-ovet	4,8	kpl
Pervekeovet	6,00	kpl	Parvekeovet	5,2	kpl
Väliovet	21,00	kpl	Väliovet	14,0	kpl
Parvekkeen hätäpoistumisluukku	6,00	kpl	Parvekeluukut EI30	4,8	kpl
Liukuovet	2,00	kpl	Liukuovet	2,0	kpl
Sähkökiuas	5,00	kpl	Sähkökiuas	4,2	kpl
Suihkuseinä	5,00	kpl	Suihkuseinä	4,2	kpl
Liesituuletin	6,00	kpl	Liesituuletin	5	kpl
Jääkaappipakastin	8,00	kpl	Jääkaappipakastin	5	kpl
Astianpesukone	6,00	kpl	Astianpesukone	5	kpl
Kiintokalusteet erä	6,00	kpl	Kiintokalusteet erä	5	kpl
Alaslasketut katot	136,2	m2	Alaslasketut katot	92,3	m2
Parvekekaiteet 10kpl	38,78	jm	Parvekekaiteet	33,5	jm
Parvekelasit 10kpl	38,78	jm	Parvekelasit	33,5	jm
Jakotukkikaapit	6	kpl	Jakotukkikaapit	5	kpl

5.3 Vesikatto

Vesikaton pohjatietoina on Rakennusliike Laptin käsin lasketut määrätiedot. Vesikaton määrälasketatiedot piti sisällään kaiken ontelolaatan yläpinnasta ylöspäin. Kaikkia määrätietoja ei mallista löytynyt, kuten myrskypeltejä tai kolmiorimoja, jotka ovat detaljitasoa.

Mallissa osa rakenteista oli mallinnettu eri dimensioilla kuin määrälasketatiedoissa oli ilmoitettu, esimerkiksi huoltoluukku on pienempi mallissa (kylkien pinta-ala 16m²) kuin määrälasketatiedoissa (kylkien pinta-ala 23m²). Kaikkia rakenteisiin tehtyjä muutoksia ei ole siis välttämättä päivitetty malliin ja virheitä voi syntyä mallista laskiessa, mikäli kustannuslaskija ei ole tietoinen muutoksista.

Käsin lasketuissa määrätiedoissa katolle oli nimetty 29 eri artikkelia yksiköineen. Mallista löytyi 13 artikkelia. Alla olevissa Excel -taulukoissa käsin laskennassa on esitetty punaisella ne kohdat, jotka löytyivät tietomallista tai niiden vastaavuus löytyy. Tietomallista tuotetut määrät vesikaton osalta täsmäsivät hyvin lähelle käsin laskettuihin määriin, virhemarginaali oli ainoastaan +-20 %. Määrälasketatiedoissa oli myös LVI, sähkö tai arkkitehdin mallintamia objekteja, kuten huippuimureita ja katolle johtavia tikkaita. Näiden objektien määrät täytyi hakea yhdistelmämallista.

VESIKATTORAKENEET

TAULUKKO 13. Käsin laskettu määrälaskenta vesikattorakenteista

ULLAKKO JA KATTORAKENTEET	0
YP1	0
Bitumikermi ontelolaatan päälle k-mis 170-3000 esim. icopal polar hitsattava t12	355,5 m2
Kattoristikot 63 kpl, laskettu yläpaartein mukaan	504 jm
Ristikoiden alle alajuoksu 50x125	343 jm
Raakaponttilaudoitus 23x95 mm	507,5 m2
Puhallusvilla, mineraalivilla, 460 mm, 355,5 m2	177,75 m3
Palokipsilevy 2 x KPS 15 mm parvekkeiden kohdalla 2m parvekkeiden ohii, EI 60	80 m2
Myrskypelti/lintuverkko seinän yläpään	90 jm
Peitelauta 120x20	90 jm
Reunakoroke viistetty 48x98	64,5 jm
Kolmiorima	23 jm
1300x2000 luukulle, puurunko 48x98, villa + levytys mp.	23 m2
-tikasaskelmat ja kahvat	1 kpl
vastakaato SPi luukun kohdalla	1 m2
parvekekatoilla, runko 48x48 + koolaus 25x100, ristikokoolaus	70 m2
k600+mineraalivilla, Paroc cortex 30 mm, pystykoolaus 25x100 k600	84,5 m2
Runko 48x98 k600 ristikkoväleihin parvekkeen kohdalla + yläjuoksu 48x73, 30,5 jm	51,5 m2
Onteloventtiili Securo FB EI 60 +venttiilin tiivistys ristikkoihin molemmissa päissä kivivilla	30,5 jm
Päätyräystäiden räystäärakenne 48x148 k900 ja 48x148 k850	64,8 m2
Pystyrunko 48x148 k600	57 m2
koolaus vaakaan 48x98 k600	57 m2
IV-kokoojien rungot, ARVIO	9 kpl
Hissikuilun katto runko, lämmönerist,	5 m2
Tuulensuojavilla puhalluvillan päällä reuna-alueet	81 m2
Tuulenhajaimet rimakiinnitys 24,5 jm	26 kpl
Kulkusilta 4x 48x98 + runko	30 jm
Vesikaton läpimenot, höyrynsulun kumitiiviste ja vesikattokermin kumitiiviste	9 kpl
otsalauta 20x120	93,5 jm
VS1 vinositeet 25x100	86 jm
VS2 vinositeet 25x100	78 jm

TAULUKKO 14. Tietomallista tuotetut määrätiedot vesikattorakenteista

ULLAKKO JA KATTORAKENTEET	Määrä	Yksikkö
Bitumikermi ontelolaatan päälle	369	m2
Kattoristikot	64	kpl
Kattoristikot	512,6	jm
Alajuoksut	327,3	jm
Raakaponttilaudoitus 23x95mm	507,7	m2
Huoltoluukun ja SPI-luukun runko	16	m2
Tikasaskelmat ja kahvat	1	kpl
Julkisivulevytyksen taustarakenne parvekekatoilla	66,1	m2
Ulkoseinien jatkeet ullakko-osalla	82,3	m2
Päätyräystäiden räystäärakenne	80	m2
VS1 vinositeet	86	jm
Vesikaton läpimenot	9	kpl
IV-kokoojien rungot	7	kpl

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Tulosten analysointia

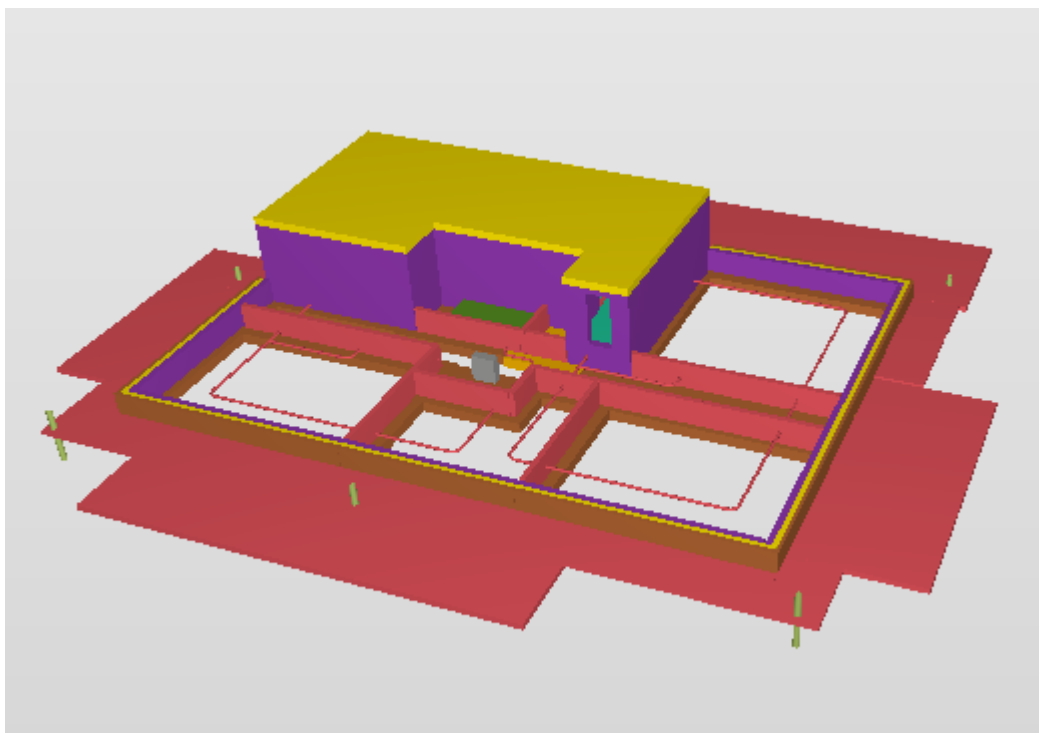
Tutkimuksen merkittävimpänä tuotoksena on tietomallipohjaiset määrälaskentataulukot perustuksista, mallikerroksesta ja vesikatosta. Kappaleessa analysoidaan kyseisiä määrälaskenta taulukoita, käydään läpi mitkä tekijät tuloksiin vaikuttavat, mistä poikkeavuudet johtuvat ja käsitellään tulosten tarkkuutta.

Tietomallin käyttötarkoitus eri rakennushankkeissa on erilainen. Tutkimukseen liittyvässä rakennushankkeessa tietomallin käyttötarkoitus on toimia ainoastaan havainnollistamista varten, eikä määrä- ja kustannuslaskentaa varten. Käsin laskenta on suoritettu täysin 2D-suunnitelmien pohjalta tietomallia käyttämättä. Tietomallin tekijät ja määrälaskentaan osallistuvat osapuolet eivät ole tehneet tietomallin osalta yhteistyötä, koska tietomallin käyttötarkoitus ei ole sitä vaatinut. Jokainen suunnitteluala sekä urakoitsijan edustajat ovat tehneet omaa työtänsä, ilman yhteistyötä. Tämän vuoksi ristiriitaisuuksia ilmenee tietomallista saaduissa määrissä verrattuna käsin laskettuihin määriin.

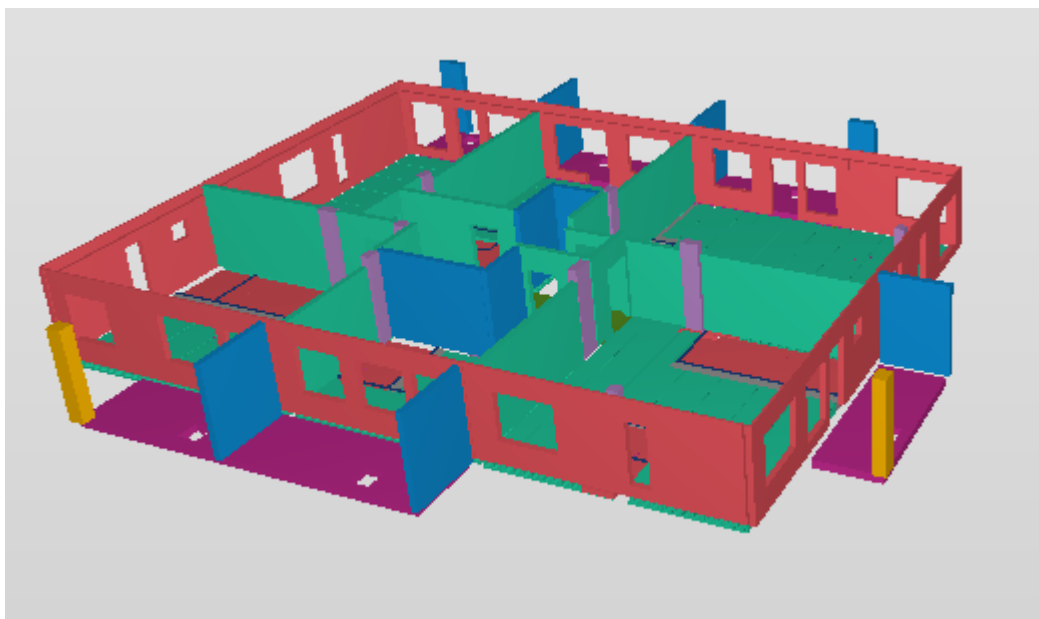
Käsin laskennassa ainoastaan määrälaskija sekä määrälaskentaan osallistuneet osapuolet ovat tietoisia määrälaskennan todellisesta tietosisällöstä. Tutkimuksessa käytetty määrälaskenta sisälsi muutamia ristiriitaisuuksia malliin verrattuna, jotka saattoivat johtua suunnitelmamuutoksista, joita ei ole päivitetty malliin. Määrälaskijan on mietittävä, kuinka rakenteet toteutetaan tehokkaimmin työmaalla. Tietomallissa objekteja ei ole mallinnettu niin kuin määrälaskija on ajatellut ne toteutettavan. Tästä johtuu muun muassa väestönsuojan seiniin ja holviin liittyvät erot käsin laskennan ja mallista tuotettujen määrien välillä. Mikäli määrälaskenta suoritetaan täysin tietomallin perusteella, määrälaskijan asiantuntemus korostuu. (BuildingSMART Finland 2012, osa 7.) Malliin ei ole kustannustehokasta mallintaa detaljitasoista tietoa, eikä kaikkea voida mallintaa. Määrälaskijan on oltava riittävän ammattitaitoinen tiedostaakseen rakennuksen detaljit, sekä ymmärrettävä kuinka rakenteita käytännössä rakennetaan ja mitä siihen vaaditaan.

Tietomallipohjaisen määrä ja kustannuslaskennan kehitysmatkan varrella ilmenneet ongelmat itse mallintamiseen, kuin käyttöönkin liittyen ilmenivät myös tässä tutkimuksessa. Mallista löytyi puutteita ryhmittelyyn, sekä nimeämisen osalta. Tietomallissa tulosten varmistaminen on helppoa erilaisen työkalujen avulla, sekä tieto on helposti löydettävissä. Dokumenttipohjaisessa suunnittelussa suunnitelmat voivat olla hankalasti löydettävissä, ja erilaisia dokumentteja voi olla satoja. Tutkimuksessa käytetty sovellus Solibri saa erityistä kiitosta helppokäyttöisyydestään sekä nopeudesta. Ohjelman käyttö on ajallisesti tehokasta, sillä toistoja voidaan tehdä nopeasti.

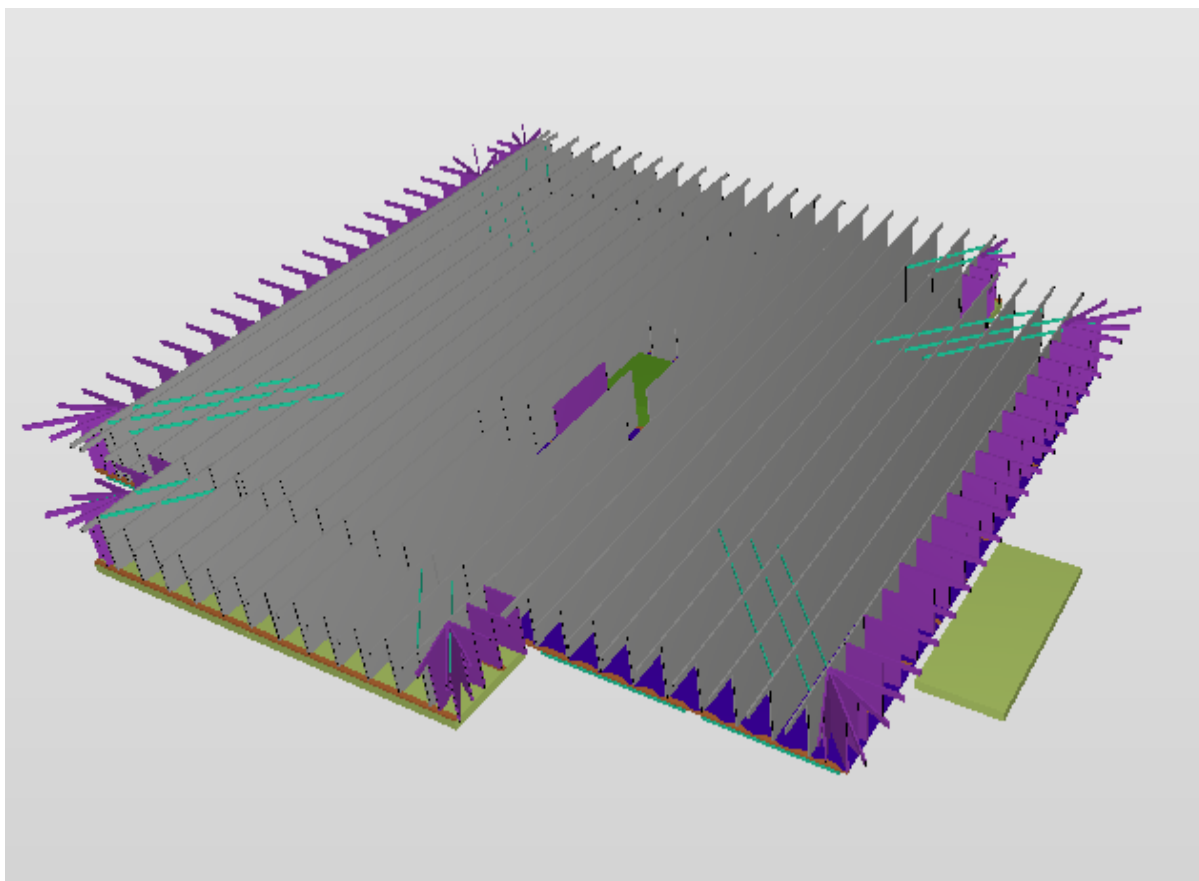
Vertailutaulukoita tutkiessa täytyy ottaa huomioon erilaiset hankintapaketit, joita rakennusliike on tehnyt. Hankintapaketteja ei löydy käsin lasketusta määrälaskenta-aineistosta. Tietomallissa hankintapaketteja ei ole otettu huomioon.



KUVA 15. Tietomallin näkymä perustuksista ja väestönsuojasta



KUVA 16. Tietomallin näkymä kolmannesta kerroksesta



KUVA 17. Tietomallin näkymä vesikaton tasosta

6.1.1 Kehitysideat, tulosten hyödyntäminen ja jatkotutkimus

Tässä kappaleessa esitetyt kehitysideat ovat ainoastaan tutkimuksen tekijöiden huomaamia poikkeamia malliin tai mallinnukseen liittyen. Lisäksi tutkimuksen aikana ilmeni muutamia sovellukseen liittyviä kehitysideoita.

Suurimpana ongelmana tutkimuksessa koettiin ristiriidat määrälaskenta-aineiston ja tietomallin välillä. Joidenkin rakenteiden dimensiot olivat täysin erilaisia kuin mitä määrälaskennassa ilmoitettiin. Kohteen As Oy Vuorelan Välke suunnittelu oli käynnissä koko opinnäytetyön ajan, ja käsin laskennan vuoksi päivitykset on tehty ensin 2D-kuviin. Tietomallia on päivitetty ja tarkasteltu tietomallikoordinaattorin määrittämässä palaverissa. Tietomalliin on tehtävä päivitykset aina, kun suunnitelmia täsmennetään tai muutetaan. Muutokset on esitettävä selkeästi, jotta ne ei jää huomaamatta. Objektien nimeämisen ja ryhmittelyn on oltava selkeää. Ammattitaitoinen määrälaskija tiedostaa rakenteet myös puutteellisilla nimeämällä, mutta sekaannuksia voi syntyä. Mallia tarkastelevan osapuolen voi olla vaikea tunnistaa objektia, joka on nimetty esimerkiksi vain "plate". Rakennekuvista objektin saa tunnistettua, mutta oikein nimeäminen lisää mallin käytettävyyttä ja työskentelyn tehokkuutta.

Tutkimuksessa käytetystä rakennemallista ei pystytty mittaustyökälulla mittaamaan pinta-alaa. Yhdistelmämallista ohjelma antoi mitata pinta-alan, joten on oletettavaa, että poikkeama johtuu rakennemallin mallinnus tavasta, tai kriteereistä. Mikäli määrälaskentaa suoritetaan tietomallin pohjalta, rakennemallissa olisi suotavaa olla myös raudoitukset ja niiden määrätiedot.

Visualisointiin tarkoitettu mallista ei vielä voida suorittaa täysin luotettavaa määrälaskentaa. Suurempien rakenteiden määrät voidaan mallista ottaa, kuten lattian betonimassan määrät. Mikäli tietomallia hyödynnetään määrälaskennassa, se vaatii yritykseltä sekä suunnittelun eri osapuolilta saatua yhteydenpitoa, sekä päätös tietomallipohjaisesta määrälaskennasta täytyy olla selvä jo hankkeen alkuvaiheessa. Mallinnuksen tarkkuutta täytyy parantaa hyödyntääkseen sitä määrälaskennassa.

Huolellisesti tuotettu tietomalli on erittäin tehokas apuväline rakennusliikkeelle. Tietomallista määrät saadaan tuotettua taulukoihin erittäin nopeasti, verrattuna käsin suoritettavaan laskentaan. Taulukoiden analysointiin voi kulua kuitenkin huomattava määrä aikaa, mikäli objektit on nimetty puutteellisesti, tai mallissa on muita puutteita. Puutteellisesti nimettyjen objektien selvityksessä määrälaskijan täytyy etsiä objekti tietomallista ja selvittää ammattitaitonsa avulla mikä objekti on kyseessä.

Jatkotutkimuksena tutkimukselle mielestämme tulisi suorittaa rakennushankkeen määrä- ja kustannuslaskenta tietomallia hyödyntämällä rakennushankkeen alusta alkaen. 2D- suunnitelmat pidetään taustalla tietomallin apuna. Rakennushankkeen alussa tehdään tarkat suunnitelmat suunnittelijoiden ja määrälaskentaan osallistuvien osapuolten kanssa siitä, mitä tietomallin tulee sisältää ja millä tarkkuudella. Tietomallin suunnittelemisen ja mallintamisen painoarvoa lisätään hankkeen alkuvaiheessa. Tietomallin todellinen hyöty määrä- ja kustannuslaskennassa selviää vain kokeilemalla viedä rakennushanke tietomallipohjaisena alusta loppuun asti. Tietomallin tietosisällön sisältäen määrälaskijan näkökulmasta kaiken tarvittavan tiedon, tulisi sen käyttö helpottavan ja nopeuttavan määrä- ja kustannuslaskentaprosessia.

6.2 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Tutkimuksen alussa määriteltiin tutkimuskysymykset, jotka tulivat suoraan tilaajalta. Tutkimuskysymykset toimivat tutkimuksen perustana ja tavoitteena. Tutkimuskysymyksiin pyrittiin vastaamaan sivuten läpi työn ja pitäen ne tutkimuksen pohjana. Tässä osiossa tutkimuskysymyksiin vastataan suoraan. Tutkimuskysymyksiä toimivat: Voiko nykyisestä tietomallista laskea kustannuksia? Miten tietomallia täytyisi kehittää, jotta tietomallin avulla voitaisiin suorittaa kustannuslaskenta? Mitkä ovat tietomallista suoritettujen kustannuslaskennan edut ja hyödyt?

Voiko nykyisestä tietomallista laskea kustannuksia?

Tässä rakennushankkeessa käytetty tietomalli on tehty vain havainnollistamiseen, ei erityisesti määrien laskemiseen. Tästä tietomallista saatiin laskettua suurimmat rakennekokonaisuudet, mutta detaljitasolle ei mallin tarkastelussa ja määrien ottamisessa päästy. Tutkimuksessa tietomallista ei saatu läheskään yhtä tarkkaa määrälaskenta aineistoa mallista, kuin mitä käsin laskettu aineisto on. Tietomallin sivussa on käytettävä myös 2D- suunnitelmia, jotta rakenteista saadaan tarkempi tieto. Tietomalli toimii tällä hetkellä hyvänä apuna määrä- ja kustannuslaskennassa, sillä tärkeimmät rakennusosat ja niiden määrät saadaan tuotettua nopeasti, ja virhemarginaali on hyvin pieni. Tällä tarkkuustasolla tehdystä mallista ei pystytä luotettavasti laskemaan koko rakennushankkeen kustannuksia tai määriä.

Miten tietomallia täytyisi kehittää, jotta tietomallin avulla voitaisiin suorittaa kustannuslaskenta?

Tietomallivaatimukset tulee kehittää tarkemmiksi. Pienten rakennusosien ja detaljien mallinnustarkkuutta täytyy kehittää, mutta kehityksessä on löydettävä yhteinen mielipide suunnittelijoiden ja rakennusliikkeen kesken, miten tarkka mallintaminen on kustannuksiltaan järkevää. Suorien kustannuksien lisääminen tietomalliin helpottaisi entisestään kustannuslaskentaa, mutta hinnaston päivittämiseksi täytyisi varata riittävästi resursseja rakennusliikkeestä. Sekä ohjelmiston kehitystyö on suuri ja aikaa vievä projekti.

Rakennusosat täytyy nimetä mallissa huolellisesti, sillä kaikki mallia käyttävät osapuolet eivät välttämättä ymmärrä suunnittelijan tekemiä oletuksia. Oletuksien tarkastukseen ja ymmärtämiseen kuluu turhaa työaikaa.

Rakennusliikkeen ja suunnittelijoiden on aloitettava yhteistyö hyvin varhaisessa suunnittelun vaiheessa, jotta eri osapuolet saavat yhteisen näkemyksen mallin käytöstä rakennushankkeessa. Määrälaskijan on osallistuttava aktiivisesti mallin kehitykseen, jotta malliin saadaan mahdollisimman hyvin määrälaskijaa palveleva tietosisältö.

Tutkimuksessa käytetyn tietomallin tietosisältö oli vajavainen verrattuna käsin laskettuun tietosisältöön. Tämän tietomallin hyöty rajoittuu rakenteiden havainnollistamiseen. Tietomallia tulisi kehittää tietomallivaatimusten ja mallintamisen osalta siten, että tietomalli on tarkempi ja enemmän hyötyä määrälaskentaa varten. Ihanteellinen tilanne olisi, jos 2D- suunnitelmat toimisivat vain tietomallin tukena.

Mitkä ovat tietomallista suoritettun kustannuslaskennan edut ja hyödyt?

Tutkimuksessa ylempänä on kirjoitettu oma kappale tietomallista suoritettun kustannuslaskennan eduista ja hyödyistä. Vastauksena kysymykseen toimii tiivistetty kokonaisuus kyseisestä kappaleesta.

Tietomallin hyödyntäminen tuo suunnitelmat samaan paikkaan, joka tekee rakennushankkeesta suunnitelmien osalta yhtenäisen kokonaisuuden. Suunnitelmien ollessa samassa paikassa vähentää dokumenttien ristiriitaisuutta ja suunnittelutietojen saatavuus helpottuu. Suunnitelmien yhtenäistäminen mahdollistaa tehokkaamman kommentoinnin ja muutosten hallinnan. Tietomallin hyödyntäminen mahdollistaa tiimien tehokkaamman suunnittelun saman projektin parissa. Lisääntyneen yhteistyön kautta määrälaskentaan osallistuvat osapuolet saavat suoranaista tukea suunnittelualan työntehtäjiltä tietomallin avulla.

Tietomalli selkeyttää rakennuskohteen havainnointia. Hahmottaminen helpottuu ja lisäksi eri parametrien avulla on mahdollista saada yhden painalluksen kautta paljon tietoa rakennusosista. Tietomallin luotettavat työkalut auttavat ja helpottavat määrälaskijan työskentelyä. Tehokkaat määrälaskentamenetelmät lisäävät toistettavuutta ja määrälaskenta nopeutuu. Tietomallia hyödynnettäessä määrä- ja kustannuslaskennan oletukset eivät ole pelkästään määrälaskijan mielessä. Läpinäkyvyys lisääntyy määrätietojen ollessa näkyvillä kaikille rakennushankkeen osapuolille tietomallin tietosisälössä.

LÄHTEET

- Banks, Jared 2015. Why BIM is still bankrupting your firm 2015. Verkkojulkaisu. <http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm/>. Viitattu 4.2.2022.
- Björk, Bo-Christer 1995. Requirements and information structures for building product data models. Väitöskirja. <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/2447/isbn9513860302.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 31.1.2022
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 4.2.2022.
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 11. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 11.3.2022.
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 12. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 24.3.2022.
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 2. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 15.2.2022.
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 3. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 11.3.2022.
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 6. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 1.4.2022.
- BuildingSMART 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 7. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/ohjeet/>. Viitattu 1.4.2022.
- Eastman, Chuck, Teicholz, Paul, Sacks, Rafael & Liston, Kathleen 2011. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Second Edition. BIM Käsikirja. http://bim.pu.go.id/assets/files/BIM_Handbook_A_Guide_to_Building_Information_Modeling_for_Owners_Managers_Designers_Engineers_and_Contractors_Second_Edition.pdf. Viitattu 4.2.2022
- Ekman, Rickhard 2013. Tietomallin hyödyntäminen rakennusliikkeen oman asuntotuotannon määräraja kustannuslaskennassa. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Ammattikorkeakoulu Novia. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54849/Ekman_Rickhard.pdf;jsessionid=D40FF505B77D262CE9E79C8373E05DAB?sequence=1. Viitattu 1.3.2022
- Enkovaara, Esko, Haveri, Heikki, Jeskanen, Pekka 1995. Rakennushankkeen kustannushallinta. 2. painos.

- Heilala, Anni 2020. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta infra-alalla. Diplomityö. Aalto-yliopisto. <https://www.doria.fi/handle/10024/180246>. Viitattu 9.2.2022.
- Karstila, Kari 2004. Rakennusten tuotemallintamisen sanasto. Verkkojulkaisu. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf. Viitattu 9.2.2022
- Kontinen, Hillevi 2022. Laskentapäällikkö. Rakennusliike Lapti Oy. Haastattelu 19.1.2022.
- Korpela, Jenni 2011. Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennushankkeen eri hankeosapuolten näkökulmasta. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Rakennustekniikan laitos. <https://docplayer.fi/2556079-Tietomallintamisen-hyodyt-ja-haasteet-rakennushankkeen-eri-osapuolten-nakokulmasta.html>. Viitattu 1.3.2022
- Moum, Anita 2008. Exploring relations between the Architectural Design Process and ICT. Väitöskirja. file:///C:/Users/s717368/Downloads/124720_FULLTEXT01.pdf. Viitattu 31.1.2022.
- Mäki, Tarja, Paavola, Sami, Kerosuo, Hannele & Miettinen, Reijo 2012. Tietomallintamisen käytöt rakentamisessa. 7 (1-2), 16. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/153347>. Viitattu 18.2.2022.
- NCC 2019. Mitä VDC tarkoittaa? Verkkojulkaisu. NCC rakennusliike verkkosivut. <https://www.ncc.fi/tarjontamme/nain-toimimme/digitaalinen-rakentaminen/vdc-ja-virtuaalitodellisuus/mita-vdc-tarjontamme>. Viitattu 1.3.2022.
- Palonen, Jouni 2020. Tietomallien hyödyntäminen kustannus- ja määrälaskennassa. Opinnäytetyö. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus. LAB-ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/334583/Palonen_Jouni.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Viitattu 18.2.2022.
- Rakennuslehti 2016. Yksi tietomalli, kiitos – mutta millä mausteilla? Verkkojulkaisu. Rakennuslehti verkkopalvelu. Päivitetty 11.3.2016. <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/yksi-tietomalli-kiitos-mutta-milla-mausteilla>. Viitattu 8.2.2020.
- Rakennustieto nimikkeistöt. Verkkoaineisto. <https://www.rakennustieto.fi/nimikkeistot> Viitattu 4.2.2022.
- Ratu 431-T. Talo 2000 -nimikkeistö Ratussa 2007. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 17.2.2022.
- Seppänen, Markus 2022. Projektipäällikkö. Rakennusliike Lapti Oy. Haastattelu 19.1.2022.
- Solibri verkkosivut. Verkkoaineisto. <https://www.solibri.com/>. Viitattu 9.2.2022.
- Somersalmi, Mikko 2021. Tietomallin hyödyntäminen ja mahdollisuudet rakennusalalla. Pdf-tiedosto. <https://www.ipt-hanke.fi/wp-content/uploads/2021/02/Tietomallin-hyodyntaminen-ja-mahdollisuudet-rakennusalalla.pdf>. Viitattu 1.2.2022.

Somersalmi, Mikko 2021. Tietomallin hyödyntäminen ja mahdollisuudet rakennusalalla. Verkkolehti. <https://www.ipt-hanke.fi/wp-content/uploads/2021/02/Tietomallin-hyodyntaminen-ja-mahdollisuudet-rakennusalalla.pdf>. Viitattu 4.2.2022.

Talo-80 ryhmä 1982. Määrälaskentaohje Talo 80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. 3. painos. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

Tarpila, Simo 2016. Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan hyödyntäminen rakennusliikkeessä. Diplomityö. Rakennustuotanto. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://docplayer.fi/40634676-Simotarpila-tietomallipohjaisen-kustannuslaskennan-hyodyntaminen-rakennusliikkeessa.html>. Viitattu 8.2.2022.

Teittinen, Toni 2016. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta. Erikoistyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://docplayer.fi/6411623-Tietomallipohjainen-maara-ja-kustannuslaskenta.html>. Viitattu 7.2.2022.

Vakkilainen, Jussi 2009. Rakennuksen tietomalli rakennushankkeen suunnitteluvälineenä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tyy-200906101077>. Viitattu 7.2.2022.

Virit, Artur 2012. Tietomalliasiantuntija. Lemminkäinen Talo Oy. Haastattelut 2012.

Wojslaw, Krysstof 2020. What is Virtual Design and Construction? Verkkojulkaisu. <https://bimcorner.com/what-is-virtual-design-and-construction/>. Viitattu 1.3.2022.

YTV2020 Julkilausuma. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2020/12/YTV2020-julkilausuma-14.12.2020.pdf>. Viitattu 27.3.2022.