

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutus

Matias Kauppinen

TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN MÄÄRÄLASKENNASSA

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2019**  
**Rakennustekniikka**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä  
Matias Kauppinen

Nimeke  
Tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa

Toimeksiantaja  
Karelia-amk

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella, miten tietomallia voidaan hyödyntää määrälaskennassa esimerkin kautta. Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös minkälaisia vaikutuksia tiedonsiirrolla voi olla eri ohjelmien välillä. Määrälaskennat tehtiin harjoittelujaksolla tehdyille omakotitalon tietomalleille. Mallintamiseen käytettiin Autodesk Revit -ohjelmaa ja rakennuksesta on arkkitehti- ja rakennemallit.

Työn määrälaskentoihin on käytetty Autodesk Revit -ja Solibri Model Checker -ohjelmia. Opinnäytetyön esimerkissä näytetään, miten kummallakin ohjelmalla saadaan määrälaskennat yksinkertaiseen Excel-muotoon.

Määrälaskentojen tuloksista selvisi, että tiedonsiirron välillä voi tulla muutoksia, mutta suurin osa tämän esimerkin muutoksista tuli mallintamisen aikana tulleista virheistä. Tietomallipohjaisen määrälaskennan onnistuminen nojaa vahvasti mallintamisen tarkkuuteen, sekä ohjelmien käytön osaamiseen. Tietomallipohjainen määrälaskenta on erittäin hyvä apuväline määrälaskentojen tekemiseen, sillä se nopeuttaa prosessia huomattavasti.

Kieli	Sivuja	40
suomi	Liitteet	4
	Liitesivumäärä	4

**Asiasanat**

opinnäytetyö, tietomallintaminen, määrälaskenta, bim



**THESIS**  
**May 2019**  
**Degree Programme in construction Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+358 13 260 600

Author  
Matias Kauppinen

Title  
Utilization of the building information model in quantity calculations

Commissioned by  
Karelia UAS

#### Abstract

The aim of this thesis is to examine how it is possible to use building information model in quantity surveying through example. It's also studied what kind of effects the data transfer could have between to software. Quantity calculations were made to detached house model which were modelled during training period. The software used for modelling was Autodesk Revit. The building used in example has architectural and structural models.

The software used for quantity calculations were Autodesk Revit and Solibri Modelchecker. At the example of this thesis, it is shown how to use the software to make basic quantity calculations and export them to Excel.

Quantity calculation results showed that there can be some data transfer between software, but most of the transfer on this example happens within the mistakes made while modelling. Quantity calculations based on the building information model lean strongly on level of detail on the models and the level of experience of the user operating the software. Building information modelbased quantity calculation is a useful tool in making quantity calculations, because it expedites the working time significantly.

Language

Finnish

Pages 40

Appendices 4

Pages of Appendices 4

#### Keywords

thesis, building information model, quantity calculation, bim

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Opinnäytetyön tietomallit.....	5
2.1	Yleistä tietomalleista .....	6
2.2	Opinnäytetyön tietomallit .....	6
3	Opinnäytetyössä käytetyt ohjelmat .....	12
3.1	Revit .....	13
3.2	Solibri Modelchecker .....	13
3.3	Trimble Connect .....	14
4	Yleiset tietomallivaatimukset 2012.....	14
4.1	YTV2012 Osa 7, määrälaskenta.....	15
4.2	Mallipohjaisen määrälaskennan ongelmat.....	16
5	Esimerkki määrälaskennan toteuttamisesta.....	17
5.1	Revit määrälaskenta .....	18
5.2	Solibri määrälaskenta .....	24
6	Määrälaskentojen tulokset .....	28
6.1	Ohjelmien erot .....	28
6.2	Tulosten vertailu ohjelmien välillä .....	29
6.3	Käsinlaskennat .....	33
6.4	Laskennan haasteet .....	35
7	Pohdinnat.....	36
7.1	Mallin tarkkuustaso .....	37
7.2	Määrälaskentojen vastuu .....	39
7.3	Lopuksi .....	40
	Lähteet.....	41

## Liitteet

Liite 1	Määrävertailu rakennemalli
Liite 2	Määrävertailu arkkitehtimalli
Liite 3	Pohjakuvat (1.krs & kellari)
Liite 4	Pohjakuvat (2.krs)

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on näyttää, miten tietomallia voi hyödyntää määrälaskennan apuna esimerkin kautta Revit- ja Solibri Model Checker -ohjelmilla. Lisäksi työssä tarkastellaan, miten tiedostojen siirtäminen eri ohjelmien välillä vaikuttaa tietomalliin ja miten mahdollisia muutoksia voidaan ehkäistä. Opinnäytetyössä myös vertaillaan käsilaskentojen, Revit Structuresin ja Solibri Model checkerin määrälaskentojen tuloksia keskenään. Työssä tarkastellaan myös näiden kahden ohjelman käytännöllisiä eroja. Rakennusten mallintamiseen on käytetty Revit Structuresia ja määrälaskennoissa on käytetty Revit Structuresia sekä Solibri Model Checkeriä.

Sain idean opinnäytetyön aiheesta harjoittelujaksolla, jossa valmistettiin rakennus ja arkkitehtimallit pientalosta, tutkittiin eri keinoja hyödyntää malleja määrälaskennassa sekä tehtiin Revit -malleista virtuaalitodellisuusohjelmistot. Teimme opinnäytetyössä käytettävät tietomallit harjoittelujaksolla opiskelijatoverini Risto Kortelaisen kanssa. Työskentelimme Karelia Ammattikorkeakoululla rakentamisen digitalisaatio -projektissa, jossa meidän tarkoituksenamme oli mallintaa rakennus ja arkkitehtimallit omakotitalosta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esimerkki omakotitalon määrälaskennoista perinteisellä käsinlaskenta menetelmällä ja Revit Structures-, Solibri Model checker ohjelmilla. Tavoitteena oli myös tutkia minkälaisia määrälaskentoja nämä ohjelmat ja menetelmät antavat opinnäytetyössä käytetyistä tietomalleista.

## 2 Opinnäytetyön tietomallit

## 2.1 Yleistä tietomalleista

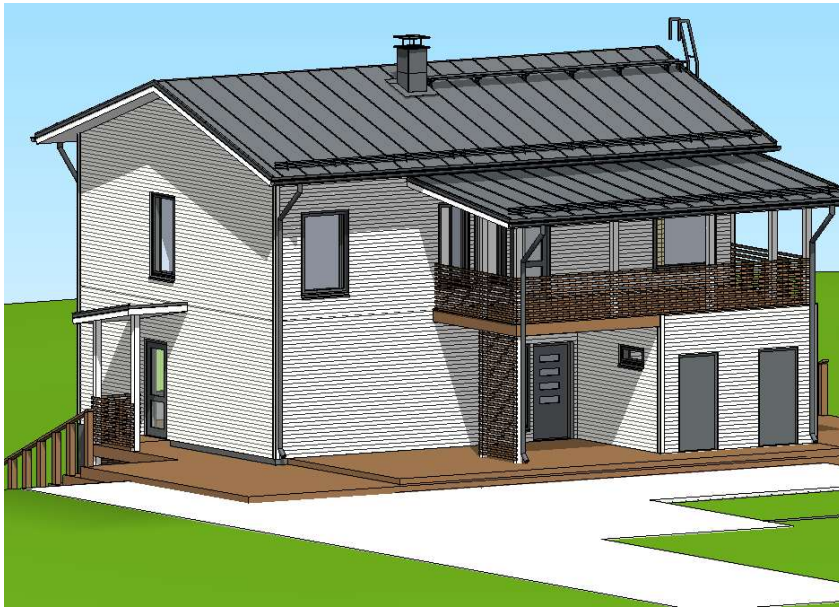
Tietomalli on tehty mallintamiseen tarkoitetulla ohjelmalla ja se voi sisältää kaiken tiedon, mitä talon suunnitelmiin tarvitaan. Tietomalleja on paljon erilaisia ja niitä on suunnattu eri alojen ammattilaisille, kuten arkkitehdeille, rakenne-, sähkö- tai LVI-suunnittelijoille. Tietomallintaminen on yleistynyt lähivuosina työmaa- ja suunnittelukäytössä. Ennen työmailla ja suunnittelutoimistoissa käytettiin vain paperisia 2D-kuvia, mutta nykyään monet yritykset lähtökohtaisesti tekevät suunnittelun tietomallipohjaisesti. Perinteisiä piirustuksia rakennuksista tarvitaan vielä, mutta niidenkin valmistus onnistuu nopeammin tietomallipohjaisilla suunnitteluohjelmilla. Tietomalleille on julkaistu vuonna 2012 vaatimus ja ohjeistusteos *Yleiset tietomallivaatimukset*. (YTV 2012). Infra-alalle on myös tehty YIV 2015 -teos, joka ohjeistaa samankaltaisesti infra-alan tietomallintamista. [1, 8.]

Tietomallipohjaisten määrälaskentaohjelmien käyttö on myös yleistynyt ja nykyään määrä- ja kustannuslaskelmia saadaan tehtyä paljon nopeammin tietomallien avulla. Myös tietomallien hyödyntäminen rakentamisen eri vaiheissa on yleistynyt. Tietomalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi työmaa-alueiden suunnittelussa, rakennuskohteeseen perehdyttämisessä tai vaikka tuotannon aikataulutuksessa. Tietomallien hyödyntäminen vaatii tietomallintamisen laitteiden käyttöön liittyvää osaamista ja ymmärrystä. Tietämys korostuu etenkin, kun ohjelmat kehittyvät lähes vuosittain ja uusia sekä tehokkaampia ohjelmia tulee markkinoille. Lisäksi työmaiden varustelun on oltava sillä tasolla, että tietomallin hyödyntäminen rakentamisen projektissa on mahdollista. Myös projektissa käytettävien tietomallien ja niihin liittyvien dokumenttien on hyvä olla urakoitsijan saatavilla yhdessä pilvipalvelussa, sillä suunnittelijat todennäköisesti päivittävät tietomalleja usein projektin aikana. [1, 8-10.]

## 2.2 Opinnäytetyön tietomallit

Opinnäytetyössä käytettävässä rakennuksessa (Kuva1) on kolme kerrosta ja se sisältää noin 250 m<sup>2</sup> asuintilaa. Rakennus suunniteltiin noin viiden henkilön käyttöön ja siinä on kolme kerrosta. Ensimmäisessä kerroksessa on keittiö, olohuone, kodinhoitohuone sekä sauna- ja pesutilat. Kellarissa on kolme eri huonetta, jotka suunniteltiin kuntosali-, elokuvateatteri- ja asuinkäyttöön. Ylimmässä kerroksessa on neljä makuuhuonetta sekä WC, joiden lisäksi kerrokseen on tehty myös parveke. Rakennuksessa on ulkovarasto sekä tekninen tila ensimmäisessä kerroksessa. Alkuperäisessä mallissa on myös erillinen autotalli, mutta tämän opinnäytetyön esimerkissä sitä ei huomioida. Opinnäytetyössä käytetyille malleille ei ole tehty mitään rakenteellisia laskelmia vaan niissä on keskitytty puhtaasti mallintamiseen. Molemmista tietomalleista tehtiin myös virtuaalitodellisuus versiot Unity-pelimoottorin avulla. Pohjakuvat rakennuksesta on esitetty liitteissä 3 ja 4.

Ensimmäisenä talolle mallinnettiin arkkitehtimalli (kuva 1), joka sisälsi rakennusosien lisäksi kalusteet, kodinkoneet ja elektronisia laitteita. Arkkitehtimallin tarkoitus oli olla pintapuolisesti mahdollisimman aitoa rakennusta jäljittelevä. Visuaalinen aitous tuli vielä paremmin esille virtuaalitodellisuusohjelmistossa, joka myöhemmin tehtiin kummallekin mallille. Arkkitehtimalli tehdään yleensä ensimmäisenä suunnitteluvaiheessa. Vaikka arkkitehtimalliin ei ole mallinnettu rakennosia, siinä on silti todella paljon hyödyllistä tietoa määrälaskentaa varten. Arkkitehtimallista saadaan ikkunoiden ja ovien määrät sekä seinien pinta-aloista voidaan arvioida esimerkiksi kipsilevyjen menekkiä [2, 16]. YTV 2012 antaa arkkitehtimallille huomattavan monia eri määrälaskentaan kuuluvia määriä. Kuitenkin jokaisessa projektissa määritetään kullekin mallille vaatimukset niiden sisällöstä ja tarkkuustasoista. [2, 6.]



Kuva 1. Opinnäytetyössä käytetty arkkitehtimalli.

Arkkitehtimallin jälkeen mallinnettiin rakennemalli, jonka tarkoituksena oli sisältää mahdollisimman tarkasti rakenteiden osat (kuva 2). Rakenteiden tarkoituksena oli olla interaktiivisia myöhemmässä virtuaalitodellisuusmallissa. Tällöin rakenteet pystytään piilottamaan kerroksittain ja niitä pystytään tarkastelemaan lähemmin virtuaalitodellisuus ohjelmassa. Lisäksi rakenteiden yksityiskohtainen mallintaminen antoi mahdollisuuden tarkkojen määräluetteloiden tekemiselle määrälaskentaohjelmilla. Rungon mallintaminen osoittautui työläimmäksi vaiheeksi omakotitalon muuntamisessa rakennemalliksi. Alkuun rungon mallintamiseen kokeiltiin monia erilaisia vaihtoehtoja, minkä seurauksena huomattiin, miten työlääksi mallintaminen tämänkaltaiselle runkorakenteelle voi käydä.



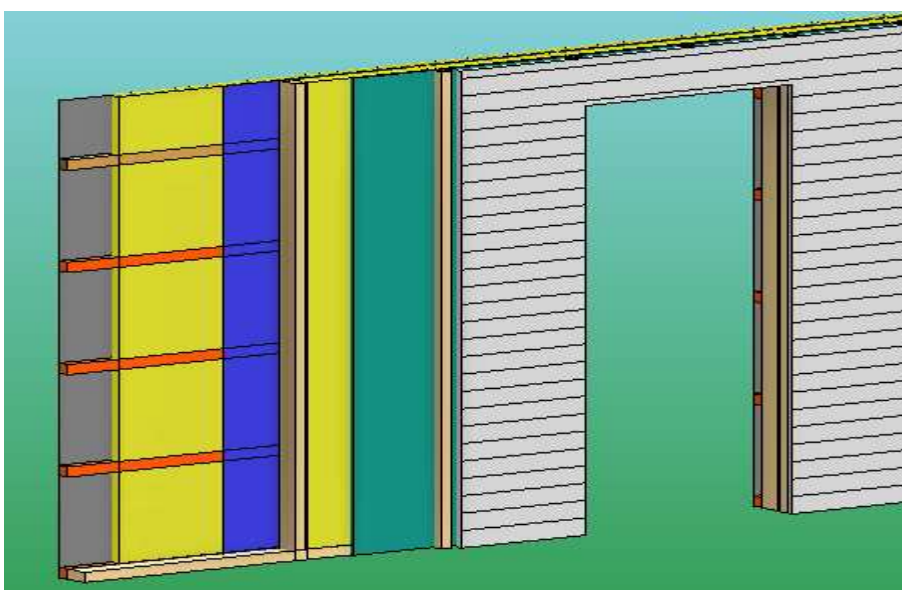
Kuva 2. Opinnäytetyössä käytetyn talon rakennemalli.

Lopullisen rungon mallintamiseen käytettiin Frame generator -lisäosaa, jolla sai mallinnettua taloon rungon automaattisesti ja nopeasti. Tällaisten lisäosien hyödyntäminen helpottaa mallintajan työtä ja nopeuttaa huomattavasti rakenteiden mallintamista. Runkoa ei ole mitoitettu lujusopin mukaisesti, mutta se kuvastaa pientalon runkoa ja antaa pohjan määrälaskennan tekemiselle. Rungon mallintamisen jälkeen mallinnettiin seinien materiaalit käyttämällä seinän piirtotyökalua kerroksittain. Rungon päälle mallinnettiin eristevilla, jonka jälkeen voitiin tehdä materiaalikerrokset yksitellen (kuva 3). Seinien koolaukset tehtiin palkkityökalulla ja alkuun niiden tekeminen vei aikaa, mutta rakenteiden valmistuessa edellisten koolauksen kopioiminen seuraavaan seinään nopeutti mallintamista huomattavasti.



Kuva 3. Frame Generator lisäosan tekemää runkoa. Oranssit osat 50x50 koolauksia sisäpuolelta, joihin ei ole käytetty lisäosaa.

Arkkitehtimalliin mallinnettiin seinät yhtenä rakenteena, joka sisältää kaikki rakenteet, kuten eristevillat ja tuulensuojalevyn. Rakennemallin seinien tarkoitus oli olla käytettävissä myös virtuaalitodellisuusohjelmistossa, joten seinien materiaalit mallinnettiin kerroksittain (kuva 4). Tämä mahdollisti seinärakenteiden piilottamis-mahdollisuuden pelimoottorissa ja antoi myös mahdollisuuden luoda yksilöllisiä määräluetteloita seinämateriaaleille. Taulukossa 1 esitetään ulkoseinien rakenteet esitettynä ulkoa-sisään.



Kuva 4. Mallinnettu seinärakenne.

Taulukko 1. Ulkoseinän rakenne mallinnettuna ulkoa sisään.

vaakalaudoitus	25 mm
Pystykoolaus	50x50
Tuulensuojalevy	24 mm
Eristevilla	100 mm
Sahatavara	100x50 mm
höyrynsulku	-
Vaakakoolaus	50x50 mm
Kipsilevy	5 mm

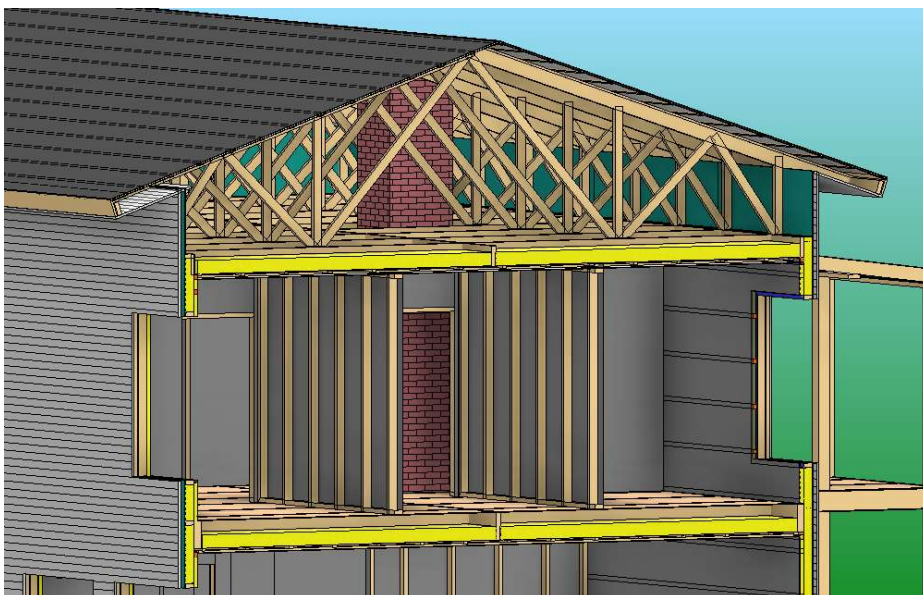
Taulukossa 2 esitetään välipohjan rakenne. Yläpohjassa on sama rakenne, mutta eristevillan päällä on lisäksi puhallusvillaa 500 mm ja kattoristikot (kuva 5). Taulukossa 3 on esitetty yläpohjan ja vesikaton rakenne.

Taulukko 2. Välipohjan rakenne alhaalta ylöspäin.

Kipsilevy	6 mm
Ristikoolaus	2x25 mm
Eristevilla	300 mm
Liimapuupalkit	56x315 mm
Vaneri	20 mm

Taulukko 3. Yläpohjan rakenne esitettynä alhaalta ylöspäin.

Kipsilevy	6 mm
Ristikoolaus	2x25 mm
Eristevilla	300 mm
Eristevilla	500 mm
Kattoristikot	56x315 mm
Tuuletusrimat	25x50 mm
Aluskate	-
Ruodelaudoitus	25x50 mm
Peltikate	-



Kuva 5. Yläkerran ja yläpohjan leikkaus.

Kattoristikot täytyi mallintaa erikseen käyttäen palkkien ja pilarien mallinnustyökalua. Kattoristikoissa oli haasteena osien geometrian asetteleminen oikeille kohdille. Kellarin ja ensimmäisen kerroksen välipohjana on käytetty ontelolaattaa, joka on paksuudeltaan 250 mm. Kellarin seinänä on käytetty eristeharkkoja ja alapohjana toimii 80mm betonilaatta, jonka alla on 200 mm XPS eriste. Nämä on mallinnettu käyttäen lattiatyökalua (kuva 6). Sokkeli on mallinnettu *structural wall* työkalulla.



Kuva 6. Kuvassa kellarin ja ensimmäisen kerroksen leikkaus

### 3 Opinnäytetyössä käytetyt ohjelmat

### 3.1 Revit

Autodeskin Revit on maksullinen ohjelma, joka on yksinomaan tarkoitettu rakennusten tietomallintamista varten [7]. Revitillä on mahdollisuudet eri tekniikkalajien, kuten lvi-, sähkö- ja rakennesuunnittelijoita varten [7]. Revit tuli luonnollisena vaihtoehtona rakennuksen mallintamiseen, sillä ohjelmasta oli aiempaa kokemusta. Revitillä voidaan tehdä erilaisia laskentoja tietomallin rakenneosista, kuten pilarien ja palkkien määristä. Näitä laskelmia voidaan tulostaa edelleen esimerkiksi Exceliin määrälaskentoja ja määräluetteloita varten. Rakennusosiin on myös mahdollista lisätä hintatietoja, jolloin määriä laskiessa voidaan Revitin sisällä jo tehdä esimerkiksi kustannusarvioita.

### 3.2 Solibri Modelchecker

Solibri on ohjelma, jolla voidaan tarkastella IFC-tiedostoja tietomalleista esimerkiksi törmäysten varalta. IFC-tiedostolla tarkoitetaan mallien tiedostomuotoa, jota käytetään suunnitteluohjelmien välillä. Ohjelma tarkastelee IFC-tiedostoa virheiden kannalta säännöstöillä, joita Solibrissa käytetään. [1, 42-44]. Solibrilla on myös mahdollista tehdä tietomallista erilaisia luetteloita, kuten määräluettelot ja tuoda ne Exceliin. Informaation talteenotto näkymässä (ITO-näkymä) voidaan laskea mallista esimerkiksi kappalemääriä. Luvun viisi esimerkissä näytetään, miten Solibrilla on mahdollista tehdä määräluetteloita tietomallista.

Solibri on kuin Word-ohjelman kieliopin tarkastus ja se on erittäin hyvä apu muutostenhallinnassa ja tietomallien laadun varmistamisessa. Solibri Model Checker on maksullinen ohjelma, mutta siitä on myös olemassa ilmainen Solibri Model Viewer. Model viewer ohjelmalla voidaan tarkastella IFC- tai smc tiedostoja. Se

on käyttöliittymältään samankaltainen model Checkerin kanssa, mutta huomattavasti puutteellisempi toimintojen kannalta. Se on kuitenkin hyvä työkalu työmaalle mallin perustarkasteluun [1, 44].

### 3.3 Trimble Connect

Trimble connect on ilmainen verkkoselainpohjainen pilvipalvelu, johon voidaan tallentaa tietomalleja tai muita hankkeen dokumentteja kaikkien osapuolten nähtäväksi ja käytettäväksi. Trimble Connectilla on sekä ilmainen että maksullinen versio. Ilmaisversiossa on rajoitettu käyttäjämäärä sekä tallennustila, kun taas maksullisella versiolla saa rajattomasti käyttäjiä sekä tallennustilaa. Trimble Connectin kaltaiset pilvipalvelut edesauttavat tietomallipohjaisen projektin hallintaa sekä kommunikointia hankkeen eri osapuolten välillä. [4.]

Trimble Connect -ohjelmaa käytettiin harjoittelun aikana tietomallien projektipankkina. Molempia tiedostoja siirrettiin Trimble Connectin avulla ja se osoittautui erinomaiseksi apuvälineeksi projektin aikana. Trimble Connectia käytettiin myös IFC-tiedoston mahdollisen muutoksen tarkasteluun.

## 4 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

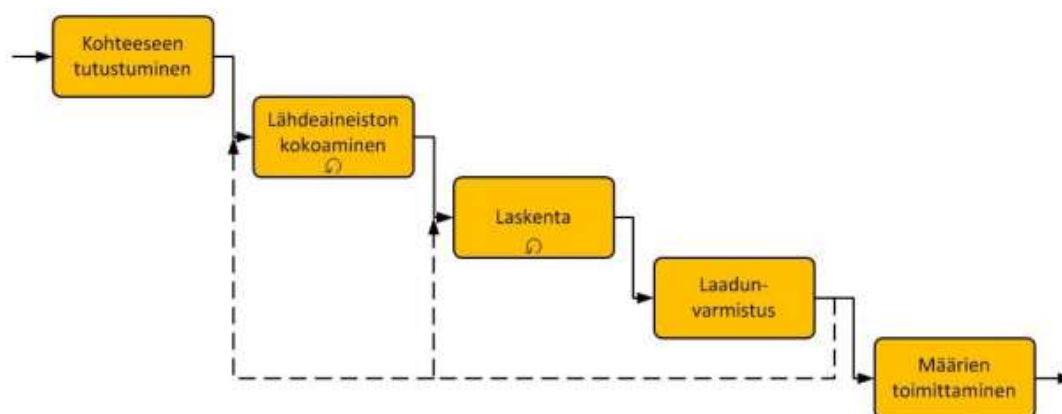
Yleiset tietomallivaatimukset ovat kokoelma eri vaatimuksia ja niiden ohjeistuksia tietomallintamista varten, mitkä esittävät käytännössä tietomallien toimintatavan talonrakennusalalla [1, 8]. Näitä sääntöjä on hyvä käyttää rakennushankkeessa, jotta kaikilla hankkeen osapuolilla on selvää, mihin tietomallia tulee käyttää tai mitä sen tulee sisältää. YTV-ohjeistukset kattavat ohjeet uudis- ja korjausraken-

tamiskohteille, sekä rakentamisvaiheen jälkeisen käytön ja ylläpidon. Nämä ohjeistukset on jaettu 14 eri osaan, kuten arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitteluun sekä määrälaskentaan. Ohjeistuksissa annetaan vähimmäisvaatimukset malleille, jotka on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa rakentamisen vaiheissa, mikäli näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Kuitenkin lisävaatimuksia on mahdollista esittää malleille tapauskohtaisesti. [1, 34-37.]

YTV2012:n periaatteena on avoin tietomallintaminen. Avoin tietomallintaminen tarkoittaa sitä, että rakennushankkeessa kaikkien osapuolten malleja annetaan muidenkin osapuolten käyttöön sovittujen tiedonsiirtomenetelmien kautta [1, 9]. Yleisten tietomallivaatimusten paras hyöty tulee esiin hankkeissa, jotka on päätetty vietäväksi alusta loppuun tietomallipohjaisesti [1, 36].

#### **4.1 YTV2012 Osa 7, määrälaskenta**

YTV2012 osa seitsemän määrälaskenta antaa tietomalleille vaatimukset ja ohjeistukset, jotka varmistavat niiden hyödyntämisen määrälaskentaan. Osa seitsemän ei kuitenkaan anna ohjeistusta sille, miten tietomallipohjainen määrälaskenta suoritetaan, vaan se antaa käsityksen, siitä mitä tietomallipohjaisella määrälaskennalla tarkoitetaan [2, 5]. Osa seitsemän vaatimukset tietomallille koskettavat esimerkiksi sen johdonmukaisuutta, tarkkuustasoa sekä mallinnustyökalujen käyttöä. Vaatimusten ohjeet on kirjattu vaatimusten alapuolelle, josta ne voidaan lukea helposti. [2, 9-13.] Vaatimusten ja ohjeiden lisäksi YTV 2012 kuvaa tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessin (kuva 7). Tälle prosessille on myös asetettu vaatimukset ja ohjeet vaatimuksille, jotta määrälaskenta onnistuisi.



Kuva 7. Määrälaskennan prosessi kuvattuna YTV 2012 mukaan [3].

Prosessi kuvataan kohteen tutustumisesta määrien toimittamiseen tilaajalle asti, mikä luo edellytykset mallipohjaisen määrälaskennan onnistumiseen. Prosessin kuvauksessa annetaan vaatimukset lähdeaineiston kokoamiselle ja määrälaskennan ja laskennan suorittamiselle. Lähdeaineiston kokoamisen vaatimuksissa listataan useita kohtia, jotka on selvitettävä ja sovittava projektikohtaisesti ennen jokaista laskentaa. Määrälaskennan ja laskennan suorittamisen ainoa vaatimus on se, että se tulee tehdä laskentaan soveltuvalla tietokoneohjelmistolla. Dokumentti kuitenkin tarjoaa ohjeet määrälaskennan menetelmille. Prosessin kuvauksessa on myös lopuksi ohjeet laadunvarmistamiselle ja määrien toimittamiselle. [2, 14-17.]

## 4.2 Mallipohjaisen määrälaskennan ongelmat

Tietomallinpohjainen määrälaskenta ei ole kuitenkaan täydellinen tapa laskea määriä. YTV2012 osa 7 listaa viimeisessä osiossaan tietomallipohjaisen määrälaskennan tyypillisiä ongelmakohtia. Se antaa hyvän käsityksen siitä minkälaisiin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota, kun lasketaan määriä suunnittelijoiden tekemistä malleista. Ongelmatapauksien havaitsemisen jälkeen ne voidaan selvittää, mutta havaitsematta jääneet ongelmat aiheuttavat virheet laskennan lopputulokseen. Ongelmakohtia määrälaskentaan tuovat laskenta usean

suunnittelualan malleista, tilojen pinnat, katot, portaat, verhoseinät, parametriset malliosat ja geometriset erikoistapaukset. [2, 18-19.]

Nämä ovat samaisia ongelmia, mitä kohdattiin myös opinnäytetyön määrälaskentojen tekemisessä. Arkkitehtimallisissa erityisesti parametriset malliosat ja geometriset erikoistapaukset olivat haasteellisia. Näillä tarkoitetaan malliosia, jotka ovat mallintajan itse tekemiä objekteja, kuten kaapit ja hyllyt. Tällaiset osat sisältävät numeerisesti määriteltäviä osia, joita määrälaskentaohjelmat eivät usein osaa lukea. Kattojen ja portaiden kohdalla voidaan kohdata samanlaisia tilanteita, joissa ohjelmat eivät osaa lukea niitä. [2, 18-20.] Päällekkäisyydet ovat myös usein ongelma, sillä esimerkiksi arkkitehti- ja rakennemalleista löytyy samanlaiset seinät. Malleja yhdistettäessä esimerkiksi Solibri Model Checkerillä ilmenee väistämättä päällekkäisyyksiä, mikä vältetään parhaiten sopimalla, mistä mallista mitäkin lasketaan. [2, 18.]

## 5 Esimerkki määrälaskennan toteuttamisesta

Esimerkin tavoitteena on näyttää, miten Revit- ja Solibri-ohjelmissa voidaan käyttää määrälaskentatoimintoja. Lisäksi sen avulla voidaan tutkia mahdollisia virheitä, mitä ne tuovat käytön aikana. Esimerkki tehtiin opinnäytetyöhön käytännön toiminnan havainnollistamiseksi ja ohjeeksi näiden ohjelmien käytölle. Esimerkissä *kursivoidulla* tekstillä kirjoitetut sanat/nimet kuvaavat ohjelmien painikkeita. Määrien laskeminen malleista jakaantuu taulukossa 4 näkyvällä tavalla.

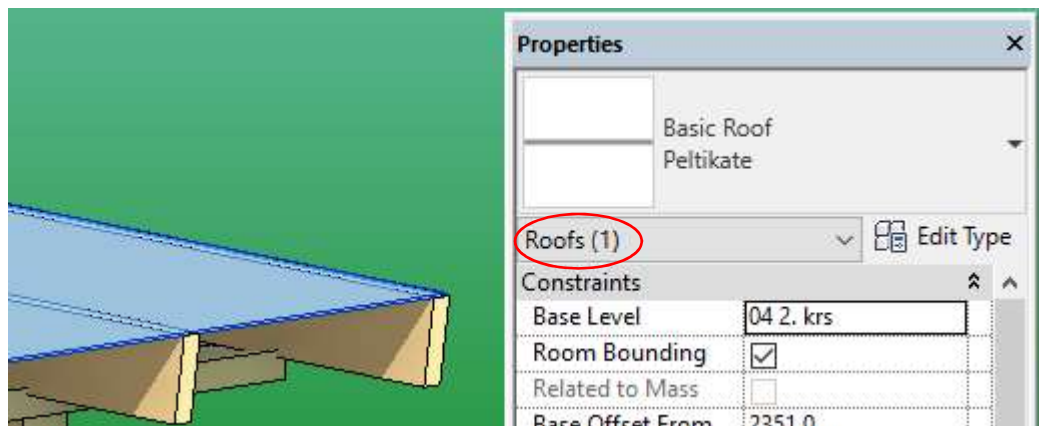
Taulukossa 4 esitetynä rakennusobjektien jakautuminen eri malleille.

Arkkitehtimalli	Rakennemalli
Ikkunat	Palkit
Ovet	Pilarit
Kiinteät kalusteet	Lattiamateriaalit
Kodinkoneet	Seinämateriaalit
Kattovarusteet	Kattomateriaalit

Laskettavien rakennusosien määräytyminen riippuu mallien sisällöstä. Yleisesti arkkitehti- ja rakennemallista löytyvät nämä taulukossa 4 mainitut osat. Ennen määrälaskennan aloittamista on varmistuttava siitä, mitä malli sisältää. Mikäli lasketaan määriä, joita ei ole mallinnettu vaaditulla tavalla, voidaan saada vääriä tuloksia. Esimerkissä on tarkoituksena käyttää Revit Schedule -työkalua ja Solibri Model Checkeriä.

## 5.1 Revit määrälaskenta

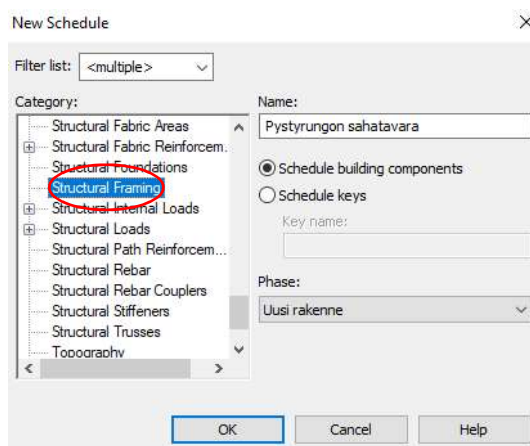
Esimerkin rakennemallissa on rakennusosille kuusi eri kategoriaa, joista saadaan tarvittavien rakennusosien määrät. Jokaiselle rakennusosalle tulee tehdä oma luettelo, jonka nimi on ohjelmassa ”*schedule*”. Tämä johtuu siitä, että Revitillä täytyy tehdä luettelot eri kategorioille erikseen. Jos rakennusta ei ole itse mallinnettu, siihen on epähuomiossa käytetty monia eri piirtotyökaluja rakennusosille tai tekijä ei ole tietoinen siitä, mitä kategoriaa tulisi käyttää luettelossa, tarvittava kategoria rakennusosa löytyy painamalla haluamasta osasta, jolloin *Properties* valikossa näkyy oikea kategoria osalle (kuva 8).



Kuva 8. Ympyröitynä kategoria, jota valittu objekti käyttää.

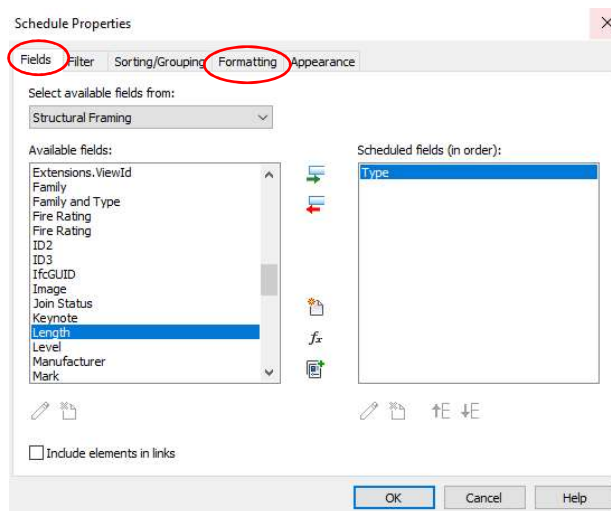
1. Ensimmäiseksi tehdään määrälaskentaa rungon sahatavaraista. Avataan päänäkyvässä yläpalkista *view* valikko auki ja valitaan sieltä *schedules*. Tästä aukeaa valikko, josta valitaan ylin vaihtoehto *Schedules/Quantities*.

2. Seuraavaksi aukeaa *New Schedule* valikko (kuva 9), josta voidaan aloittaa luettelon tekeminen. Frame generator -lisäosa loi aiemmin talolle rungon ja muodosti runkopuut niin sanotusta *Structural Framing* -kategorian osista. Näin ollen määräluetteloa tehdessä rungon osille käytetään kyseistä kategoriaa. Painamalla kerran *Structural Framing* -valintaa valitset kategorian, jonka osat Revit listaa määräluetteluun. Määräluettelo nimetään projektissa sovitulla tavalla. Painamalla *OK* pääsee seuraavaan valikkoon.



Kuva 9. Esimerkki New Schedule valikosta

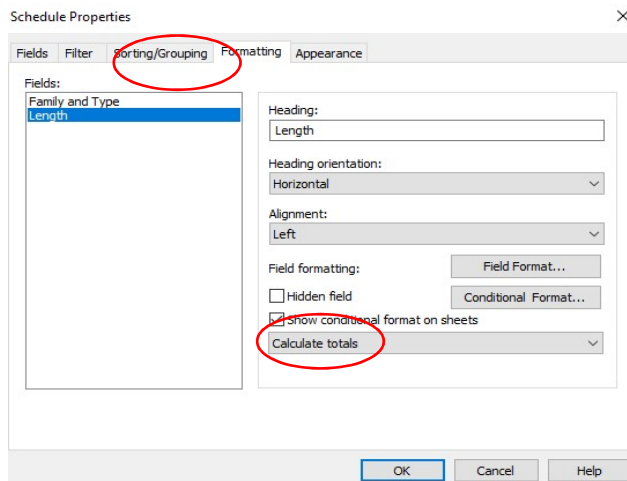
3. Kategorian valinnan jälkeen lisätään luetteloon halutut kentät (kuva 10.). Näihin kenttiin kuuluu esimerkiksi pituus ja määräluettelossa nimettyjen osien nimet. Runkopuille käytetään tässä esimerkissä yksikkönä pituutta *Length*. On tärkeää myös valita *Family and type* tai *Type*, sillä nämä listaavat objektien nimet määräluetteloon. *Family* kertoo objektin kategorian esimerkiksi *Palkki-Sahatavara* ja *type* kertoo mallintajan antaman osan nimen, kuten *Sahatavara 50x100*.



Kuva 10. Esimerkki valikosta, jossa valitaan tarvittavat kentät luettelolle.

4. Seuraavaksi valitaan *Schedule Properties* valikon yläosassa *Sorting/Grouping* osioon ja valitaan sieltä *sort by type* tai vaihtoehtoisesti *Family and Type*. Kannattaa ottaa myös valinta pois *Itemize every instance* kohdasta, sillä tämä valinta erittelee määräluettelossa jokaisen objektin omalle rivilleen. Tämä ominaisuus voi olla hyödyllinen esimerkiksi poikkeamien tarkasteluissa.

5. Seuraavaksi siirrytään *Formatting* osioon (kuva 11), josta valitaan *Length*, *Area* tai jokin muu käytössä oleva yksikkö ja vaihdetaan alimmasta pudotusvalikosta *no calculation* sijalle *Calculate totals*. Tällä valinnalla Revit laskee yhteenlasketun summan valitulle yksiköille, kuten pituuksille tai neliöille.



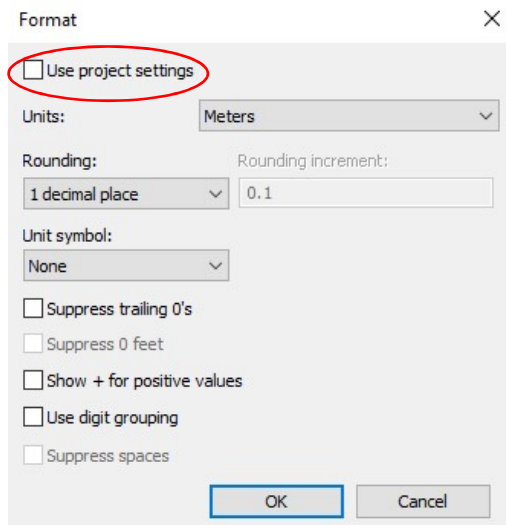
Kuva 11. Esimerkki Sorting/Grouping valikosta.

6. Revit luo määräluettelon valituista objekteista (kuva 12). Määräluettelo on vielä tässä vaiheessa epäselvä ja sitä voidaan muokata selkeämmäksi.

<Pystyrungon sahatavara>	
A	B
Nimike	Length
Limapuupalkki 56x225	163996
Limapuupalkki 56x315	79888
Limapuupalkki 90x315	37625
Sahatavara 25x50	46280
Sahatavara 25x195	20438
Sahatavara 50x25	1042931
Sahatavara 50x50	442600
Sahatavara 50x100	1248908
Sahatavara 50x150	225995
Sahatavara 150x50	17690
Sahatavara 195x25	45600
Grand total: 875	3371952

Kuva 12. Esimerkki Revitin luomasta määräluettelosta

7. Valitaan *Format* valikko ylemppää työkaluluettelosta (kuva 13) ja otetaan valinta pois *Use project settings* kohdasta. Vaihdetaan millimetrien tilalle metrit sekä valitaan haluttu desimaalitarkkuus.



Kuva 13. Esimerkki Format valikosta.

8. Lopuksi voidaan vaihtaa sarakkeiden nimet haluamiksi yksinkertaisesti painamalla niistä. Näin saadaan määräluettelo, joka on valmis tuotavaksi Exceliin (Kuva 14). Toistetaan vielä nämä samat toiminnot jäljellä oleville rakennusosille. Kategoriat, joista löydetään loput rakenneosat ovat *Walls*, *Structural Columns*, *Floors*, *Roofs* ja *Foundation slabs*.

<Pystyrungon sahatavara>	
A	B
Nimike	jm
Limapuupalkki 56x225	164.0
Limapuupalkki 56x315	79.9
Limapuupalkki 90x315	37.6
Sahatavara 25x50	46.3
Sahatavara 25x195	20.4
Sahatavara 50x25	1042.9
Sahatavara 50x50	442.6
Sahatavara 50x100	1248.9
Sahatavara 50x150	226.0
Sahatavara 150x50	17.7
Sahatavara 195x25	45.6
Grand total: 875	3372.0

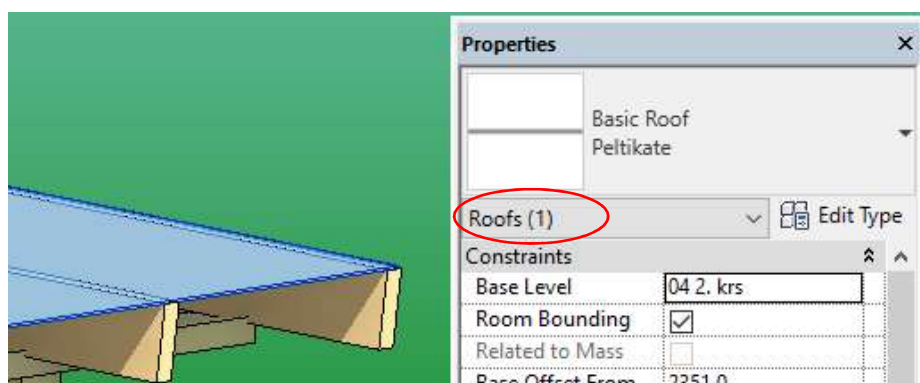
Kuva 14. Esimerkki Määräluettelosta Revitissä.

Revit-määräluetteloiden tuominen Exceliin. Valitaan vasemmasta yläkulmasta *File* ja sieltä aukeava *export* valikko. Tämän jälkeen valitaan *Reports* ja sen alta *Schedules*. Tässä vaiheessa täytyy olla haluttu luettelo auki Revitin päänäkymässä, muuten Revit ei anna mahdollisuutta tehdä exporttia luettelosta. Revit muuntaa luettelon .txt tiedostoksi, jota voi nyt käyttää Excelissä (kuva 15).

Seinät		
Nimike	m2	m3
C30/37 Sä	25.786	7.813
Eristehark	118.309	35.848
Eristevilla	165.600	7.949
Eristevilla	213.801	21.166
Kipsilevy	586.541	2.933
Laasti	37.984	0.038
Laatoitus	39.873	0.040
Savupiipu	15.901	1.590
Tuulensu	249.140	2.990
Vaakalauc	256.470	6.412
Vesieriste	38.003	0.038
Grand tot	1747.407	86.816

Kuva 15. Esimerkki viedystä määräluettelosta Excelissä.

Seuraavaksi voidaan ottaa määrälaskennat arkkitehtimallista. Määrien ottaminen arkkitehtimallista toimii samalla tavalla kuin rakennemallista. Mikäli on epävarmaa, mihin kategoriaan *Scheduleen* tarvittava objekti kuuluu, löydetään kategoria painamalla objektia, jolloin oikea kategoria näkyy pudotusvalikosta *properties* valikossa (kuva 16). Kun ollaan saatu molemmista malleista määräluettelot, ne on hyvä yhdistellä ja muokata järkevämpään muotoon esimerkiksi Excelissä.



Kuva 16. Esimerkki kategorian sijainnista.

## 5.2 Solibri määrälaskenta

Revit-malli tuodaan Solibriin valitsemalla Revitin päänäkymässä *File* vasemmasta yläkulmasta, *Export* ja *IFC*. Tästä aukeaa ikkuna, jossa valitaan tiedostolle nimi ja tallennussijainti (kuva 17). Seuraavaksi otetaan pudotusvalikosta IFC 2x3 Coordination View.



Kuva 17. Kuvassa esimerkki Export IFC valikosta.

Mikäli tarvitaan IFC-tiedostolle lisäasetuksia, painetaan *modify setup*, josta aukeaa lisäasetus valikko. Esimerkiksi Solibri ei pysty lukemaan kaikkia IFC-versioita ja ohjelmista riippuen IFC-tiedosto voi tarvita lisäasetuksia [10]. Kun ohjelmat ja IFC-versiot kehittyvät, kannattaa tarkastaa niiden IFC asetukset tuotevalmistajan sivuilta, ennen kuin muuntaa tiedoston IFC:ksi. Näin löytyy oikeat asetukset tarvittavalle versiolle.

1. Avataan Solibri ja valitaan aiemmin tallennettu IFC tiedosto. Ensimmäiseksi Solibri haluaa tietää, mitä suunnittelualaa mallille käytetään. Tässä tilanteessa käytetään valmiiksi asetettua arkkitehtialaa, sillä näillä ei ole vaikutusta määrälaskentojen tekoon. Suunnittelualan valinta vaikuttaa säännöstöihin ja tarkasteluihin, joita ohjelmalla voi tehdä. Lopuksi valitaan *OK*.

2. Valitaan ylävalikossa oleva *information talteenotto* -näkyvä. Määrälaskentaa varten tarvitaan vain tätä.

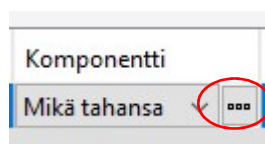
3. Solibrilla on valmiiksi tehtyjä pohjia määrälaskentoja varten, mutta tässä esimerkissä niitä ei tarvita.

4. Painetaan (kuva 18) ympyröityä painiketta, josta avautuu informaation tallennuskuvaus, johon voi sisällyttää kaikki ne objektit, joita halutaan Solibrin lukevan. Nimetään vielä kuvaus haluamalla tavalla.



Kuva 18. Esimerkki luo ITO, painikkeesta.

5. Painetaan (kuva 19) ympyröidystä painikkeesta, josta saadaan valittua luettavan komponentin eri kategorioista. Tässä esimerkissä kaikki tarvittavat komponentit löytyvät arkkitehti valikon alta. Esimerkissä riittää, kun jätetään valikkoon *mikä tahansa* kohta, sillä kaikki komponentit ovat tarpeellisia rakennemallin määrälaskentaan. Lopuksi painetaan *OK*.



Kuva 19. Esimerkki komponentti painikkeesta

7. Seuraavaksi lisätään luetteloon määriä, kuten neliöt, kuutiot ja pituus. Painamalla hiiren oikealla näppäimellä tyhjää ITO-luetteloaukkoa aukeaa valikko, jossa on *uusi sarake* ylipänä. Tästä painamalla aukeaa seuraava valikko, josta voidaan valita tarvittavia yksiköitä kohdasta *määrät* (kuva 20). Tässä esimerkissä käytetään *pinta-ala*, *tilavuus* ja *pituus*.

Kuva 20. Esimerkki uuden sarakkeen luonti ikkunasta.

8. Määrien sijaintia voi siirtää yksinkertaisesti vetämällä niitä eri sarakkeisiin. Seuraavaksi voidaan poistaa ITO:sta ylimääräiset *lukumäärä* ja *väri* sarakkeet. Lopuksi painetaan *Laske kaikki* painikkeesta.

9. Määrissä näkyviä desimaalitarkkuuksia voidaan muokata painamalla *Tiedosto* ja valitsemalla vasemmasta kulmasta *asetukset*. Sieltä valitsemalla *yksiköt*, avautuu valikko, jossa voi muokata eri määrien desimaalitarkkuuksia tai yksiköjä.

10. Määräluettelon tuonti Exceliin tehdään painamalla *raportointipainikkeesta*. Painikkeesta avautuu uusi valikko, jolla voidaan tuoda määrälaskenta Exceliin. Solibrilla on omia Excel pohjia ja moni niistä on kelvollisia, mutta ne vaativat tietyt asetelmat kuvaukselle. Tämä johtaa esimerkissä määrälaskennan sekavuuteen Excelissä. Valitaan siis *Tavallinen Excel-raportti*.

11. Painetaan *tallenna raportti* painikkeesta. Tallenna raportti haluttuun sijaintiin, jonka jälkeen Excel aukeaa määrälaskenta valmiina (kuva 21).

Komponentti	Tyyppi	Tilavuus	Pituus	Pinta-ala
Aukko		6,837		265,927
Katto	25mm laudoitus	0,887		35,574
Katto	Aluskate	0,592		118,477
Katto	Peltikate	1,058		252,02
Laatta	9mm vaneri	1,192		132,497
Laatta	C25/30 Betonimassa	9,215		92,149
Laatta	Eristevilla 150mm	23,124		154,162
Laatta	Kipsilevy 6mm	0,976		162,656
Laatta	Ontelolaatta 250mm	20,921		81,724
Laatta	Puhallusvilla	27,819		85,212
Laatta	Terassin laudoitus	24,962		99,849
Laatta	XPS 200mm	16,341		81,706
Palkki	Limapuupalkki 56x22!	2,066	163,996	
Palkki	Limapuupalkki 56x31!	1,409	79,888	
Palkki	Limapuupalkki 90x31!	1,067	37,625	
Palkki	Sahatavara 150x50	0,133	17,69	
Palkki	Sahatavara 195x25	0,252	45,6	
Palkki	Sahatavara 25x195	0,103	20,438	
Palkki	Sahatavara 25x50 (va	0,058	46,28	
Palkki	Sahatavara 50x100 (Ri	3,062	605,307	
Palkki	Sahatavara 50x100 (V	3,104	621,282	
Palkki	Sahatavara 50x150	1,696	225,995	
Palkki	Sahatavara 50x25 (yp,	1,351	1042,931	
Palkki	Sahatavara 50x50 (va	1,144	437,511	
Perustus	Wall Foundation:C 30	8,865		
Pilari	Sahatavara 140x140	0,647	33,168	
Pilari	Sahatavara 25x50	0,05	39,777	
Pilari	Sahatavara 50x50 (py	1,156	462,319	
Pilari	Sahatavara 50x100	0,893	151,941	
Seinä	C30/37 Säänkestävä	7,785	38,066	25,694
Seinä	Eristeharkko 300mm	35,729	48,226	117,917

Kuva 21. Esimerkki Solibrin määrälaskennasta tuotuna Exceliin.

Toistetaan samat toiminnot arkkitehti- kuin rakennemallillekin. Arkkitehtimallissa on kuitenkin paljon muitakin objekteja, joita ei välttämättä tarvita määräluetteloon. kuten seinät ja lattiat. Laitetaan ITO luettelon kuvaukseen jälleen *mikä tahansa* valinta. Solibri lukee jälleen kaikki samat objektit kuin tietomallissa, jolloin laskija voi poimia sieltä tarpeelliset osat määrälaskennan kannalta. Arkkitehtimallista lasketaan ikkunat, ovet, kiinteät kalusteet sekä kodinkoneet. Kodinkoneet löydetään Solibrista *objekti* tyyppistä. Rakennemallista lasketaan pilarit ja palkit (sahatavara), lattia-, seinä- sekä kattomateriaalit. Otetaan ylös komponenttityyppisarakkeesta määrälaskennan kannalta tarvittavat osat, kuten ikkunat ja ovet (kuva 22). Kun tarpeelliset osat on saatu tietoon, painetaan uudelleen ITO-kuvaus painikkeesta ja lisätään komponentteihin osat, joita halutaan Solibrin lukevan (kuva 22).

Rajoittaa Informaation talteenotto -kuvauksen näihin komponentteihin				
Komponentit	Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori
	Sisällytä	☐ Ikkuna		
	Sisällytä	🪑 Kaluste		
	Sisällytä	🚪 Ovi		
	Sisällytä	Mikä tahansa	GUID	Sisältää
	Sisällytä	Mikä tahansa	GUID	Sisältää

Kuva 22. Esimerkki komponentti valikosta

Kun kaikki tarpeelliset osat on listattu ITO-kuvaukseen, lasketaan määrät ja valitaan jälleen tarvittavat yksiköt. Lopuksi tulostetaan raportti Exceeliin.

## 6 Määrälaskentojen tulokset

### 6.1 Ohjelmien erot

Revitin määrälaskenta antaa tulokset suoraan ohjelman omasta tietomallista (kuva 23). Tällöin tietomallin tietosisältö ei joudu vaaraan IFC-muunnoksen aikana. Etuna tulee myös se, että luettelot täytyy tehdä tietomallin mallintamisen aikana vain kerran. Lisätessä tai muokatessa rakennusosien määriä tai sisältöä luettelot päivittyvät reaaliajassa. Tämä auttaa olemaan paremmin selvillä siitä, mitä tietomalliin on mallinnettu ja mitä sinne vielä tulisi lisätä. Luetteloihin voidaan sisällyttää myös hyvin paljon erilaista tietoa, kuten kustannuksia, mikäli osille määritellään hintoja. Hintojen asettelun jälkeen *schedule* valikossa voidaan asettaa kaavat, millä osien hinnat voidaan laskea. Luetteloihin voidaan myös lisätä nimikkeistöjä käyttämällä *keynote* kenttää. Nimikkeistöjen käytöstä tietomalleissa on kuitenkin sovittava hankekohtaisesti [2, 9].

<Seinät>		
A	B	C
Type	m2	m3
C30/37 Säänkestävä	26.0 m <sup>2</sup>	7.8 m <sup>3</sup>
Eristeharkko 300mm	118.5 m <sup>2</sup>	35.8 m <sup>3</sup>
Eristevilla 50mm	165.0 m <sup>2</sup>	7.9 m <sup>3</sup>
Eristevilla 100mm	214.0 m <sup>2</sup>	21.2 m <sup>3</sup>
Kipsilevy 5mm	586.5 m <sup>2</sup>	2.9 m <sup>3</sup>
Laasti	38.0 m <sup>2</sup>	0.0 m <sup>3</sup>
Laatoitus	40.0 m <sup>2</sup>	0.0 m <sup>3</sup>
Savupiipun tiiliharkot	16.0 m <sup>2</sup>	1.6 m <sup>3</sup>
Tuulensuojalevy 12mm	249.0 m <sup>2</sup>	3.0 m <sup>3</sup>
Vaakalaudoitus 25mm	256.5 m <sup>2</sup>	6.4 m <sup>3</sup>
Vesieriste	38.0 m <sup>2</sup>	0.0 m <sup>3</sup>
Grand total: 175	1747.0 m <sup>2</sup>	86.8 m <sup>3</sup>

Kuva 23. Esimerkki *architectural walls* toiminnon tekemistä seinäobjekteista.

Revitin määräluetteloiden tekeminen voi olla työlästä, koska luettelot joudutaan tekemään jokaiselle kategorialle erikseen. Tämä on Solibria hitaampaa etenkin tilanteissa, jossa tietomalliin on jouduttu käyttämään paljon eri mallinnustyökaluja.

Solibrin määrälaskentatyökalut ovat helppokäyttöisempiä ja niillä määräluetteloiden tekeminen on yksinkertaisempaa ja nopeampaa. Ohjelman etuna Revitiin verrattuna on mahdollisuus tuoda kaikkien osien määrät mallista yhteen määräluetteloon. Määrien tuonti yhteen luetteloon voi säästää aikaa huomattavasti joissain tilanteissa. Myös ohjelman valmiiksi luodut pohjat määrälueteloille voivat tuoda helpotusta määrälaskijan työhön. Esimerkkiä tehdessä kävi kuitenkin ilmi, että tiedostojen siirtäminen IFC-muotoon toi riskin datan muuttumiseen, joka voi johtaa lisätöihin määrälaskijalle. Solibrin ja Revitin määräluettelot ovat liitteissä 1 ja 2.





## **6.2 Tulosten vertailu ohjelmien välillä**

Määrälaskentojen ottaminen tietomalleista on kuitenkin nopeaa ja tehokasta. On syytä olla tarkkana mahdollisten virheiden varalta ja tarkastettava malli sekä määrät mahdollisten virheiden varalta. Frame generator -lisäosan käyttäminen nopeutti rungon mallintamista, mutta se loi virhetilanteita rungon rakenteeseen. Solibrilla tarkastettaessa tietomallia rungosta löytyi suuri määrä virheitä. Yleisimmät virheet johtuivat siitä, ettei pilari ollut kosketuksessa ala- tai yläpäästä joko kattoon tai lattiaan. Nämä virheet voivat olla ongelmallisia joissain kohteissa, mutta tässä tilanteessa oli kyse vain milleistä. Sama virhe esiintyi myös osassa seinäobjekteista, mutta nämä olivat mallinnusvaiheessa tulleita virheitä, jotka on syytä korjata ennen lopullisten määräluetteloiden tekemistä. Tällaisten virheiden ka-

sautuminen tuo ongelmia tietomallille etenkin määrälaskentaan. Useiden kappa-  
leiden pituusvirheet, vaikka kyseessä olisi vain sentit tai millit, kumuloituvat ja  
voivat tuoda useiden metrien heittoa määräluetteloissa. Solibri myös löysi pääl-  
lekkäisiä rungon osia, jotka johtavat taas suurempiin mittavirheisiin.

Ottaessani ulos määräluetteloja Revitistä, pidin IFC-tiedoston auki Solibrista,  
josta vertailin samalla materiaalien määriä. Erot värjättiin virheiden mukaan 0.01-  
5% keltainen, 5-10% oranssi, 10%+punainen taulukon 5 näyttämällä tavalla.

Taulukossa 5 on esitetty virheiden väritunnukset.

Ero	Väri
0%	
0,01-5%	
5-10%	
+10%	

Poikkeamia ilmeni huomattavan paljon ja suurin osa niistä osui keltaiselle 0,01-  
5% alueelle taulukon 5 esittämällä tavalla. Kuitenkin suurimmat virheet olivat  
47,36% ja 15,26% kokoisia ja nämä olivat tämän määrälaskennan ongelmakoh-  
tia. Määriä tarkasteltiin kolmen desimaalin tarkkuudella.

Taulukossa 6 Materiaalien vertailu Revit oikealla ja Solibri vasemmalla.

SEINÄT			SEINÄT			Ero%
C30/37 Säänkestävä	7,785	m3	C30/37 Säänkestävä	7,785	m3	0,00
Eristeharkko 300mm	117,917	m2	Eristeharkko 300mm	117,9	m2	0,01
Eristevilla 50mm	165,472	m2	Eristevilla 50mm	165,47	m2	0,00
Eristevilla 100mm	213,801	m2	Eristevilla 100mm	213,8	m2	0,00
Höyrynsulku	175,478	m2	Höyrynsulku	171,03	m2	2,60
Kipsilevy 5mm	635,88	m2	Kipsilevy 5mm	584,4	m2	8,81
Laasti	41,402	m2	Laasti	39,367	m2	5,17
Laatoitus	41,424	m2	Laatoitus	39,391	m2	5,16
Savupiipun tiiliharkot	12,809	m2	Savupiipun tiiliharkot	12,809	m2	0,00
Tuulensuojalevy 12mm	249,277	m2	Tuulensuojalevy 12mm	249,14	m2	0,05
Vaakalautoitus 25mm	256,424	m2	Vaakalautoitus 25mm	256,47	m2	-0,02
Vesieriste	37,998	m2	Vesieriste	37,998	m2	0,00

Esimerkin ohjelmien välillä kipsilevyjen määrissä on eroja reilut 8%. Tämä 8%  
vastaa yli 50 m2 eroa kipsilevyjen määrissä. Myös monilla muilla osilla on heittoa,  
mutta ne eivät olleet yhtä suuria neliömääriä kuin kipsilevyissä. Kipsilevyjen poik-  
keama johtui siitä, ettei Solibri tunnistanut kipsilevyihin mallinnettuja aukkoja ja  
laski lähes kaikki aukot kipsilevyinä. Oikea tulos kipsilevyjen määrille saatiin tar-

kastelemalla aukkojen määriä. Solibri loi myös määrät aukkoille, jotka se luki tietomallista. Esimerkiksi tuulensuojalevyille solibri luki ja loi aukko objektit. Vähentämällä näiden aukko-objektien määrät kipsilevyjen määrästä, saatiin lähes sama määrä kipsilevyille kuin Revitin määrälaskennoissa.

Höyrynsulkumuoveissa löydetään myös pieniä eroja Solibrin ja Revitin välillä (kuva 24). Näistä eroista tekee mielenkiintoisen se, että vaikka Solibri ei lue visuaalisesti höyrynsulkumuoveissa olevia ikkunoita samalla tavoin kuin kipsilevyissä, ei määrissä ole tähän viittaavaa eroa. Ero on vain 2,6% eli noin 4 m<sup>2</sup>, mutta jos oletetaan, ettei Solibri lue aukkoja eron pitäisi olla jopa 12 m<sup>2</sup>.

Höyrynsulku	175,478 m <sup>2</sup>	Höyrynsulku	171,03 m <sup>2</sup>	2,60
-------------	------------------------	-------------	-----------------------	------

Kuva 24. Höyrynsulkujen vertailu Solibrin ja Revitin välillä.

Päätin myös selvittää, olisiko aukkojen peittyminen pelkästään IFC-tiedoston muunnoksessa oleva ongelma, joten siirsin IFC-tiedoston Trimble connect -palveluun. Palvelussa on mahdollista katsoa IFC-tiedostoa verkkoselaimella tai puhelimen applikaatiolla. Trimblen 3D viewer -ohjelma ei kuitenkaan peittänyt samoja aukkoja kuin Solibri, vaan aukot olivat niiden oikealla paikoilla, eivätkä kipsilevyt peittäneet niitä. Lopuksi suurensin Revitissä höyrynsulkumuovien ja kipsilevyjen paksuutta 10mm asti ja toin uuden IFC-version Solibriin. Seinämateriaalien paksuntamisen jälkeen Solibri luki neliömäärät oikein ja asetti aukot oikeisiin kohtiin.

Seuraava poikkeama löytyi peltikatteista, poikkeama esitelty taulukossa 7. Tässä oli kyse siitä, että solibri loi kolmelle pienimmälle peltikatteelle kopiot. Yritin löytää Revitistä olisiko malliin jäänyt joitain peltikateosia piilotetuksi tai unohtuneeksi jonnekin näkymään, mutta näitä peltikatteita ei löytynyt Revit-ohjelman sisältä. Objektit eivät näyttäneet yhtään sen suuremmilta visuaalisesti kuin alkuperäiset. Lisäksi Solibri oli merkannut niille saman geometrisen aseman, mutta niiden tietoihin oli neliömetrien määrä kaksinkertaiseksi alkuperäisiin verrattuna. Kyseessä ei ollut myöskään alkuperäisten peltikatteiden neliömäärien kasvu, sillä Solibrin määräluettelosta voi nähdä nämä uudet peltikatteet omina osinaan.

Taulukossa 7 esitelty peltikatteiden ero.

KATTO			KATTO			Ero%
25mm laudoitus	35,574	m2	25mm laudoitus	35,574	m2	0,00
Aluskate	118,477	m2	Aluskate	118,48	m2	0,00
Peltikate	252,02	m2	Peltikate	171,03	m2	47,36

Seuraavana suurempana ongelmana tuli taulukossa 8 näkyvien 50x100 runko-objektien virhe. Kyseessä oli kattotuolien mallintamiseen käytetyt pilari objektit, joissa oli neljä täysin erilaista mittaä esim. 1500 mm pitkä 50x100. Näistä osa oli Solibrin mukaan vain 100 mm pitkiä, mikä välittömästi vihjasi siitä, että Solibri olisi lukenut puun profiilin sen pituudeksi. Mielenkiintoista tässä oli se, ettei tätä ongelmaa ollut kaikissa puissa. Lisäksi suuressa osassa kattotuolien vinopuita oli 100-900 mm poikkeamia, jotka kumuloituivat suuremmaksi virheeksi ja aiheuttivat tämän poikkeaman määräluettelossa.

Taulukossa 8 Sahatavaroiden määrien vertailu Solibrin ja Revitin välillä.

SAHATAVARA			SAHATAVARA			Ero%
Sahatavara 25x50 (vaaka)	46,280	jm	Sahatavara 25x50 (vaaka)	46,28	jm	0,00
Sahatavara 50x50 (vaaka)	437,511	jm	Sahatavara 50x50 (vaaka)	437,51	jm	0,00
Sahatavara 50x100	151,941	jm	Sahatavara 50x100	179,26	jm	-15,24
Sahatavara 140x140	33,168	jm	Sahatavara 140x140	33,168	jm	0,00
Limapuupalkki 56x225	163,996	jm	Limapuupalkki 56x225	164	jm	0,00
Limapuupalkki 56x315	79,888	jm	Limapuupalkki 56x315	79,888	jm	0,00
Limapuupalkki 90x315	37,625	jm	Limapuupalkki 90x315	37,625	jm	0,00
Sahatavara 25x50	39,777	jm	Sahatavara 25x50 (pysty)	39,777	jm	0,00
Sahatavara 25x195	20,438	jm	Sahatavara 25x195	20,438	jm	0,00
Sahatavara 50x25 (yp, vp, ruode)	1042,931	jm	Sahatavara 50x25 (yp, vp, ruode)	1042,9	jm	0,00
Sahatavara 50x50 (pysty)	462,319	jm	Sahatavara 50x50 (pysty)	462,38	jm	-0,01
Sahatavara 50x100 (Runko)	605,307	jm	Sahatavara 50x100 (Runko)	605,31	jm	0,00
Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	621,282	jm	Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	621,28	jm	0,00
Sahatavara 50x150	225,995	jm	Sahatavara 50x150	226	jm	0,00
Sahatavara 150x50	17,690	jm	Sahatavara 150x50	17,69	jm	0,00
Sahatavara 195x25	45,600	jm	Sahatavara 195x25	45,6	jm	0,00

Näihin poikkeamiin vaikuttavat todennäköisesti mallinnusvaiheessa tehdyt virheet tai mallintamisratkaisut. Kun pituuksia tarkastellaan Revitissä ei tällaista ongelmaa ole, mutta uskon että tiedoston muuntaminen IFC:ksi on vaikuttanut osien geometriaan tai siihen, miten Solibri lukee kyseiset rakenteet. Peltikattojen määrä tarkistettiin myös Revitissä siltä varalta, olisiko tiedoston muuntaminen IFC:ksi ollut vaikuttajana niiden määriin. Peltikattojen määrät eivät muuttuneet Revitin scheduleissa, vaikka tiedosto avattiin IFC-muodossa. IFC-muunnoksen aikana

Revitin natiividata kuitenkin muuttuu IFC-muotoon, jolloin esimerkiksi komponenttien nimet muuttuvat. Tämä taas johtaa siihen, että Scheduleitten tekeminen hankaloituu Revitin sisäisesti, esimerkiksi kaikki *Structural Framing* kategorian objektien nimet saivat peräänsä erilaiset numerosarjan, kuten *Sahatavara 50x50 543267*. Numerosarjan takia esimerkiksi sahatavara 50x50 objekteille ei voi laskea summia yhteen. Kuitenkaan tämä ongelma ei Revitin sisäisessä määrälaskennassa olisi kovin todellinen, sillä tiedosto olisi avattavissa natiivimuodossaan.

### 6.3 Käsinlaskennat

Opinnäytetyötä varten tehtiin myös molempien mallien määristä määrälaskennat käsin vertailua varten. Laskennat tehtiin käyttäen apuna Revitin arkkitehtimallin 2D-piirustuksia, jotta tuloksia voidaan verrata tietomallipohjaisen määrälaskennan ja perinteiseen piirustuslaskennan väillä. Käsinlaskennassa meni samojen määrien laskemiseen huomattavasti enemmän aikaa. Käsinlaskentojen osuvuus riippuu omasta tarkkuudesta ja osaamista [1, 62]. Ohjelmalla tehdyt laskennat osoittautuivat tarkemmaksi kuin käsinlasketut tulokset, vaikkakin ne olivat lähellä samoja tuloksia. Ohjelma kuitenkin laskee jokaisen objektin pienen nurkan ja geometrisen pisteen niin kuin se on mallinnettu, kun taas laskijalla voi tulla virheitä epähuomiossa tai tilanteissa, joissa hän joutuu oletamaan tiettyjä rakenteita [1. 62].

Vaikeimmaksi osioksi määrälaskennassa osoittautui sahatavaran laskeminen, sillä Frame generator -lisäosa loi osan runkopuista epäloogisesti. Rungon käsinlaskennat on tehty siten, että oletus on runkopuiden jaon pituuden olevan 500mm. Tämä ei kuitenkaan toteudu jokaisella seinällä, vaan usein nurkissa tai liittymäkohdissa on enemmän sahatavaraa, mitä jako antaisi olettaa. Tällainen tilanne voisi olla taas todellinen, mikäli suunnittelija olisi joutunut lisäämään sahatavaran määrää johtuen esimerkiksi jostain erityisen rasittavasta kuormassa tietyllä kohdalla tai putkien paikasta. Tällaisessa tilanteessa määrälaskentaohjelmien ja mallintamisen todellinen hyöty tulee esiin. Mallista saadaan todellisia

määriä visuaalisesti, eikä määrälaskijalle jää niin paljoa oletusten varaan (Kuva 26).



Kuva 26. Nähtävät ulkoseinien koolaukset vähentävät laskijan oletuksia.

Samaisia virheitä löytyy myös muista sahatavaroiden määristä, kuten 25x50 kokoisista koolauspuista. Näiden laskemisessa käytettiin samaa tapaa kuin rungon mitoituksessa, jolloin oletettiin koolauksien tapahtuvan järjestelmällisellä jaolla. Sahatavara 25x50 materiaalien virheet on esitelty taulukossa 9. Mikäli määrälaskijalla on käytössään vain rakennuksen perinteiset piirustukset, tiettyjen määrien laskeminen perustuu oletuksille, jolloin laskennan tarkkuus voi heikentyä. Nämä koolaukset ovat myös hyvä esimerkki siitä, miten tulos voi muuttua, mikäli kaikki rakenteet eivät sijoitu määrälaskijan oletusten mukaan. Mikäli apuna on kuitenkin tietomalli, voidaan sieltä käydä tarkistamassa tuloksia ja rakenteita.

Taulukossa 9 esiteltynä punaisella korostetut 25x50 erot: vasemmalta oikealle: käsin, Solibri Revit.

SAHATAVARA (Käsin)		SAHATAVARA (Solibri)		SAHATAVARA (Revit)		Ero% (R-S)	Ero% (R-K)			
Sahatavara 25x50 (vaaka)	34,4	m	Sahatavara 25x50 (vaaka)	46,280	m	Sahatavara 25x50 (vaaka)	46,28	m	0,00	-35,67
Sahatavara 50x50 (vaaka)	457,4	m	Sahatavara 50x50 (vaaka)	437,511	m	Sahatavara 50x50 (vaaka)	437,511	m	0,00	4,55
Sahatavara 50x100	167,046	m	Sahatavara 50x100	151,941	m	Sahatavara 50x100	179,26	m	-15,23	-6,81
Sahatavara 140x140	34	m	Sahatavara 140x140	33,168	m	Sahatavara 140x140	33,168	m	0,00	2,51
Limapuupalkki 56x225	162	m	Limapuupalkki 56x225	163,996	m	Limapuupalkki 56x225	164	m	0,00	-1,22
Limapuupalkki 56x315	77	m	Limapuupalkki 56x315	79,888	m	Limapuupalkki 56x315	79,888	m	0,00	-3,62
Limapuupalkki 90x315	38	m	Limapuupalkki 90x315	37,625	m	Limapuupalkki 90x315	37,625	m	0,00	1,00
Sahatavara 25x50	41,9	m	Sahatavara 25x50	39,777	m	Sahatavara 25x50 (pysty)	39,777	m	0,00	5,34
Sahatavara 25x195	20,54	m	Sahatavara 25x195	20,438	m	Sahatavara 25x195	20,438	m	0,00	0,50
Sahatavara 50x25 (yp.vp.ruode)	919	m	Sahatavara 50x25 (yp.vp.ruode)	1042,931	m	Sahatavara 50x25 (yp.vp.ruode)	1042,9	m	0,00	-11,68
Sahatavara 50x50 (pysty)	470,218	m	Sahatavara 50x50 (pysty)	462,319	m	Sahatavara 50x50 (pysty)	462,38	m	-0,01	1,69
Sahatavara 50x100 (Runko)	577,835	m	Sahatavara 50x100 (Runko)	605,307	m	Sahatavara 50x100 (Runko)	605,31	m	0,00	-4,54
Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	620,986	m	Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	621,282	m	Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	621,28	m	0,00	-0,05
Sahatavara 50x150	212,42	m	Sahatavara 50x150	225,995	m	Sahatavara 50x150	226	m	0,00	-6,01
Sahatavara 150x50	17,6	m	Sahatavara 150x50	17,690	m	Sahatavara 150x50	17,69	m	0,00	-0,51
Sahatavara 195x25	42	m	Sahatavara 195x25	45,600	m	Sahatavara 195x25	45,6	m	0,00	-7,89

Tietomallipohjaisen määrälaskennan heikompi puoli tuli ARK-mallin määrälaskennoissa esiin, sillä malli sisälsi monia erityisen kategorian objekteja, joiden mitatietoja Solibri tai Revit eivät pystyneet lukemaan. Tätä ongelmaa käsiteltiinkin aiemmin YTV2012 osassa seitsemän dokumentissa luvussa kuusi ”*mallipohjaisen määrälaskennan ongelmakohtia*”. Käsinelaskenta tuli välttämättömäksi talo- ja tilaosille, kuten lumiasteille, ränneille ja tikkaille. Nämä ovat erillisestä objekti kategoriasta, jotka sisältävät hankalia geometriatietoja, jolloin Revit tai solibri ei lue näiden objektien pituuksia tai muita mittoja.

#### **6.4 Laskennan haasteet**

Esimerkkiä tehtäessä kohdattiin virheitä ja ongelmia, joita tehtiin mallintamisvaiheessa. Nämä virheet vaikuttivat määräluetteloiden tarkkuuteen ja käytettävyyteen. Näitä samaisia ongelmakohtia on myös esitetty YTV2012 osa 7 määrälaskenta ohjeistuksessa. Vaikka virheitä tuli, oli niiden vaikutuksen huomaaminen kuitenkin opettava kokemus jatkoa varten.

Ensimmäinen tekemäni virhe liittyi nimeämiseen. Määrälaskentaa tehtäessä osa mallin objekteista jouduttiin nimeämään uudelleen, koska mallinnettaessa joillekin osista oli jäänyt väliaikaisia nimiä. Mallintamisen aloitusvaiheessa on tärkeää aloittaa objektien nimeäminen mahdollisimman johdonmukaisesti. Esimerkiksi kipsilevyt nimellä kipsilevy 6 mm, tai jokin muu projektissa ennalta sovittu nimi. Nimeämällä objektit alusta asti sovittulla tavalla säästää aikaa huomattavasti enemmän, kun välttyään palaamalla takaisin korjaamaan virheitä.

Toinen tekemäni virhe liittyi mallinnustyökalujen käyttöön. Rakennuksen välipohjan levymateriaalien mallintamiseen käytettiin *Foundation slabs* -työkalua ja ensimmäisen kerroksen ontelolaattoihin ja kellarin lattiaan käytettiin *floor*-työkalua. Tämän takia lattiamateriaalit joudutaan ottamaan kahdesta eri kategoriasta määräluetteloon. Myös runkokuissa oli käytetty eri osia, vaikka tietyt rakenteet oli voinut mallintaa aiemmin tehdyillä osilla. Mallinnusvaiheessa onkin hyvä käyttää mahdollisimman montaa saman kategorian objektia, jotta välttyään monen eri luettelon tekemiseltä.

Vaikeuttavan tekijänä oli myös alkuvaiheen epäselvyys mitä mihinkin malliin mallinnettaisiin. YTV 2012 listaakin johdonmukaisuuden tietomallin tärkeimmäksi ominaisuudeksi määrälaskennassa. Alussa on tärkeä tietää mitä rakennusosia, kalusteita, elektroniikkaa tai muita osia malliin tulee ja mitä ei [2, 6]. YTV 2012 antaa hyvän pohjataulukon, joka kertoo, mitä määriä mistäkin mallista pitäisi saada.

Ongelmia tuottivat myös arkkitehtimallin objektit, kuten kaapistot, rännit, pöytäta-sot ja muut itsetehdyt mallit, jotka voidaan luokitella parametrisiin malliosiin. Mää-rälaskentatyökalut eivät voineet tuottaa näistä objekteista muuta tarvittavaa tietoa kuin kappalemäärät, sillä ne eivät kyenneet laskemaan esimerkiksi rännien pi-tuuksia. Määrälaskennassa nämä kaikki osat jouduttiin laskemaan käsin, mikä taas hidasti mallipohjaista määrälaskentaa. [2, 19-20]

## **7 Pohdinnat**

Tietomallin avulla voidaan korvata luotettavasti perinteistä määrälaskentaa. Mää-rälaskentaohjelmat ovat luotettavia ja ne auttavat laskijan työtä huomattavasti. Vaikka määrälaskentojen tekeminen on nopeampaa, ei se kuitenkaan korvaa pe-rinteisiä piirustuksia kaikissa tapauksissa. Suunnitelmia tehdessä voi tulla vas-taan tilanteita, joissa perinteisten piirustusten tekeminen on mallintamista pa-rempi vaihtoehto. Mallipohjainen määrälaskenta myös vaatii toimiakseen virheettömän mallin, sekä muita perinteisiä dokumentteja. Suurimpana haas-teena tietomallipohjaiselle laskennalle tulevat mallien mahdolliset puutteet. [1, 61-62.]

Mallintamisen aloitusvaiheessa on tärkeää aloittaa tekemään tietomallia pitä-mällä sen tavoitteet mielessä. Mallin tietosisällön vaatimukset YTV 2012 antaa hyvät ohjeet määrälaskentaan kullekin suunnittelualan mallille. Lisäksi YTV2012:aan on kirjattu, että mallit tulisi tarkastaa niiden laadun osalta ennen

kuin niitä annetaan määrälaskennan käyttöön. Malli onkin hyvä tarkastaa esimerkiksi Solibrilla, jolloin vältetään päällekkäisyyksiltä tai muilta virheiltä, jotka saattaisivat vaikuttaa lopulliseen määrälaskentaan. [2, 9.]

## 7.1 Mallin tarkkuustaso

Lähtökohtaisesti rakennushankkeen alussa tehdään päätökset mallintamisesta ja siihen liittyvistä tarkkuustasoista. YTV 2012 täydentävissä liitteissä ARK- ja RAK-tilaajan ohjeet on esitetty tarkkuustasot kyseisten tietomallien tarkkuustasoille. RAK-tilaajan ohjeissa tarkkuustasot on jaettu neljään osaan:

*-Ensimmäisessä tarkkuustasossa ”malli mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnen osalta oikein.” [6, 1-2.]*

*-Toisessa tarkkuustasossa ”mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden kokonaismäärät selviävät ja rakenteet elementoidaan.” [6, 1-2.]*

*-Kolmannessa tarkkuustasossa ”mallinnetaan tyyppielementit ja tyyppipaikallavalut geometrian ja sijainnen osalta oikein liittyminen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen. Teräskokoonpanoista tehdään betonielementtejä vastaavat mallikokoonpanot liitoksineen (liittopilareihin myös raudoitteet). Muut osat mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein liittyminen ja valutarvikkeineen.” [6, 1-2.]*

*-Neljännessä tarkkuustasossa ”elementit ja paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittyminen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen. Teräskokoonpanot mallinnetaan konepajatasolle (liittopilareihin myös raudoitteet). Paalutarkkeet siirretään malliin ja paalut mallinnetaan toteuman mukaan.” [6, 1-2.]*

Arkkitehtisuunnittelussa tarkkuudet on jaettu kolmeen eri osaan, mutta rakennusosille on annettu vielä tarkemmat ohjeistukset. Tarkkuudet ARK-suunnitelmiin ta-soittain:

-Ensimmäisessä tarkkuustasossa *"Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Luonnostyyppit ja -määritykset riittävät.* [5, 3.]

-Toisessa tarkkuustasossa *"Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Mallissa tulee olla kohteen oikeat rakennetyypit, ikkunoissa ja ovissa perustyyppitykset sekä EI- ja dB-arvot"* [5, 3.]

-Kolmannessa tarkkuustasossa *"Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Mallissa tulee olla ikkunoiden ja ovien lopulliset litterat"* [5, 3.]

Mielestäni omakotitalojen suunnitelmille riittäisivät yleisesti toisen tarkkuustason mallitarkkuudet rakennesuunnittelussa. Kolmannelle tarkkuustasolle voidaan toki mennä, mutta on hyvä pohtia, onko se tarpeellista pientaloissa ja tuoko tarkkuustason nostaminen liikaa lisäkustannuksia tilaajan näkökulmasta. Mikäli arkkitehtisuunnittelu tehdään omakotitalolle tietomallipohjaisesti, uskon, että jo pelkällä toisen tarkkuustason arkkitehtimallilla ilman mallinnettua runkoa, saadaan huomattavasti hyötyjä määrälaskentaan. Kuitenkin tarkemman mallin edut tulevat talon elinkaaren aikana erittäin hyödylliseksi [8, 11].

Mikäli hankkeen tietomalleja ei ole tarkoitettu käytettäväksi määrälaskentaan, voidaan niitä kuitenkin käyttää hyväksi määrärien laskennassa. Tietosisällöstä riippuen määrälaskennan täsmällisyys ja kattavuus voi jäädä vajaaksi, mikäli niille ei ole asetettu määrälaskentaan tarvittavia vaatimuksia [11, 28]. Tarkemmat määrätiedot tuotetaan rakennusosamallista, mutta esimerkiksi arkkitehdin mallista saadaan paljon määrätietoa laskemalla olemassa olevat rakenneosat [2, 13].

Tämä kuitenkin vaatii sen, että tietomallia voidaan käyttää ohjelmassa, jolla pystyy tuottamaan määrälaskentoja [2, 15]. Mallintamattomien osien, kuten tuulensuojalevyjen määriä voidaan johtaa olemassa olevien määrien perusteella [2, 16].

## 7.2 Määrälaskentojen vastuu

Ryhdyttäessä tietomallipohjaiseen hankkeeseen tilaajan asema tulee olemaan erityinen. Tilaajan tulee määritellä tietomallinnuksen tavoitteet projektille ja edellyttää tietomallien käyttö projektin jokaisen osapuolen kannalta. Koska tietomallien käyttäminen voi olla uudenlainen käytäntö, vaatii niiden käyttö joustavan asenteen kaikilta hankkeen osapuolilta. Kaikkien täytyy olla yhteisymmärryksessä, kun tietomallipohjaista projektia aletaan toteuttamaan. Kaikista tietomallintamiseen liittyvistä sopimuksista on neuvoteltava projektikohtaisesti. YTV 2012 onkin erinomainen pohja, jonka perusteella saadaan sovittua projektin tietomalleille tarvittavat vaatimukset. [1, 25-27.]

Tilaaja voi osoittaa vastuun määrälaskelmien ylläpidosta ja toimittamisesta toimihenkilölle. Toimihenkilönä voi toimia esimerkiksi pääsuunnittelijalle, määräasiantuntija tai tietomallikoordinaattori, joka on sovittu projektikohtaisesti [3, 18]. Määrälaskelmien saajalla on hyvä olla pääsy projektipankkiin, josta löytyvät kaikki hankkeen suunnitelman tiedostot, mikäli hänen tarvitsee löytää joitain määrätietoja. Määrätiedot myös päivitetään kyseiseen projektipankkiin, jolloin ne ovat aina ajan tasalla [2, 17]. Mikäli tilaaja on päättänyt, että hän toimittaa luettelot määräistä, on hänen tai hänen osoittamalla henkilöllä vastuu huolehtia niistä. [3, 15.] Määräluetteloiden toimittamisen vastuun siirtäminen tilaajan osoittamalle vastuuhenkilölle, voisi olla toimiva käytäntö. Esimerkiksi työmailla voi olla heikot olosuhteet tietomallinnusohjelmien käyttämiselle. Mikäli urakoitsija vastaisi itse määräistä eikä hänellä ole valmiutta tietomallien käyttöön hän joutuisi kouluttamaan oman henkilöstönsä ja hankkimaan tarvittavat varusteet työmaalle. Ulkoisten tietomal-

lontamispalveluiden käyttäminen voisi madaltaa kynnystä yritysten tietomallintamisen hyödyntämiseen. Tällaisten palveluiden käyttäminen ei edellyttäisi oman henkilöstön kouluttamista tai kaluston hankintaa.

### 7.3 Lopuksi

Tietomallipohjainen määrälaskenta on erittäin hyvä työkalu, joka nopeuttaa määrälaskentojen tekemistä huomattavasti. Mahdollisimman tarkka ja virheetön malli auttaa määrälaskentojen tekemistä, sekä niiden tarkkuutta huomattavasti. Mielestäni tärkeimmäksi osuudeksi tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa tulee malleille asetettavien vaatimusten tekeminen ja noudattaminen. Hankkeelle luotu pohja selkeyttää vaatimusten ja rajausten avulla kaikkien työtä, mikä taas vähentää mahdollisia epäselvyytilanteita ja niistä johtuvia ongelmatilanteita. Laadunvarmistus malleille on erittäin tärkeässä osassa tietomallintamista ja siihen tulisi panostaa erityisesti.

Opinnäytetyön tekeminen oli minulle mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus, koska pääsin syventämään osaamistani tietomallintamisesta ja määrälaskemisesta. Tietomallikoulutukseen voitaisiinkin panostaa enemmän jo uran alkuvaiheilla. Kouluissa olisi hyvä opettaa entistä enemmän tietomallien hyödyntämistä, sekä niiden periaatteita. Ammattikouluissa rakentajiksi opiskeleville voitaisiin opettaa rakennuspiirustuksien lukemisen lisäksi myös tietomallien katseluohjelmien käyttöä. Korkeakouluissa voisi olla tietomallintamiseen yksilöity kurssi esimerkiksi YTV2012 pohjalta. Näin ollen uransa rakennusalalla aloittavat henkilöt voisivat tuoda osaamista työmaille tai toimistoille, jolloin yritysten ei tarvitsisi satsata niin paljoa uusien työntekijöiden kouluttamiseen.

Odotan itse mielenkiinnolla, mitä tulevaisuudessa teknologia tuo mukanaan etenkin virtuaali- ja lisätyn todellisuuden osalta. Rakennusalalla olisi suuri potentiaali kehittyä entisestään näiden uusien ja osittain vanhojen keinojen osalta, niin suunnittelussa, tuotannossa kuin asuntokaupassa. Näitä keinoja voidaan tuoda myös opetukseen teorian ja käytännön tehostamiseksi.

## Lähteet

1. Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto Oy Helsinki.
2. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012 Osa 7, Määrälaskenta. Versio 1.0 27.03.2012. COBIM - hankkeen osapuolet, Finnmap Consulting Oy Tauriainen, M.
3. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012 Osa 1, Yleinen osuus. Versio 1.0 27.03.2012. COBIM - hankkeen osapuolet, Gravicon Oy Henttinen, T.
4. Civilpoint, Trimble Connect [Viitattu 13.3.2019] Saatavissa: <https://civilpoint.fi/ohjelmistot/trimble/connect/>
5. YTV2012 täydentävä liite tilaajan ohje ARK. Building smart Finland, tilaajaryhmä.
6. YTV2012 täydentävä liite tilaajan ohje RAK. Building smart Finland, tilaajaryhmä.
7. Arksystems, Revit rakennusten suunnitteluun ja rakentamiseen [Viitattu 13.3.2019] Saatavissa: <http://www.arksystems.fi/tuotteet/revit/>.
8. Valjus, J & Varis, M & Penttilä, H & Nissinen, S. 2007 Tuotemallintaminen Rakennesuunnittelussa. Rakennustieto Oy Helsinki.
9. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012 Osa 3, Arkkitehtisuunnittelu. Versio 1.0 27.03.2012. COBIM - hankkeen osapuolet, Gravicon Oy Henttinen, T.
10. Solibri inc., a nemetcheck company, IFC support. [Viitattu 16.5.2019] Saatavissa: <https://www.solibri.com/bim-ifc>
11. Hietanen, J. 2005 Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Rakennustieto Oy Helsinki.

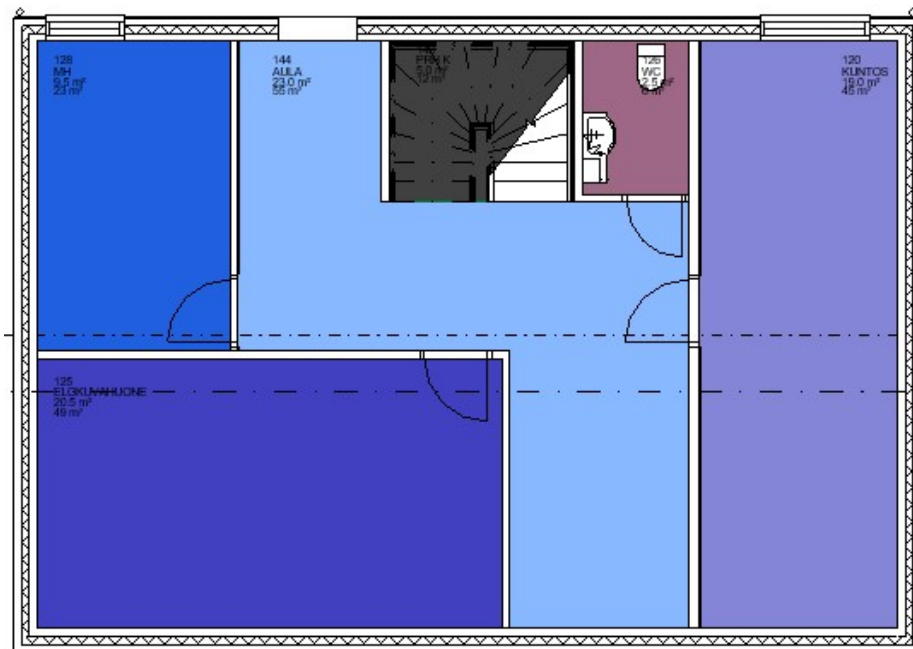
## Liite 1 Määräluetteloiden vertailu (Rakennemalli)

KÄSI			SOLIBRI			REVIT				
LATTIAT	määrä	arvo	LATTIAT	m2	arvo	LATTIAT	m2	arvo	Ero % Revit	Ero % Käsi
C25/30	9,1	m3	C25/30 Betonimassa	9,215	m3	C25/30 Betonimassa	9,215	m3	0,00	-1,25
Ontelolaatta	81	m2	Ontelolaatta 250mm	81,724	m2	Ontelolaatta 250mm	81,724	m2	0,00	-0,89
Terassilaudotus	99,6	m2	Terassinlaudotus	99,849	m2	Terassinlaudotus	99,849	m2	0,00	-0,25
Xps200	81	m2	XPS 200mm	81,706	m2	XPS 200mm	81,706	m2	0,00	-0,86
9mm vaneri	135	m2	9mm vaneri	132,497	m2	9mm vaneri	132,5	m2	0,00	1,89
C30/37	8,49	m3	C 30/37 Säänkestävä	8,865	m3	C 30/37 Säänkestävä	8,865	m3	0,00	-4,23
eristevilla 150	153,58	m3	Eristevilla 150mm	154,162	m3	Eristevilla 150mm	153,97	m3	0,12	3,64
6mm kipsilevy	158	m2	Kipsilevy 6mm	162,656	m2	Kipsilevy 6mm	162,66	m2	0,00	-2,86
puhallusvilla	82	m2	Puhallusvilla	85,212	m2	Puhallusvilla	85,212	m2	0,00	-3,77
<b>Seinät</b>			<b>SEINÄT</b>			<b>SEINÄT</b>				
C30/37	7,695	m3	C30/37 Säänkestävä	7,785	m3	C30/37 Säänkestävä	7,785	m3	0,00	-1,16
Eriteharkko	114	m2	Eristeharkko 300mm	117,917	m2	Eristeharkko 300mm	117,9	m2	0,01	-3,31
Eristevilla 50mm	164,597	m2	Eristevilla 50mm	165,472	m2	Eristevilla 50mm	165,47	m2	0,00	-0,53
Eristevilla 100mm	216,555	m2	Eristevilla 100mm	213,801	m2	Eristevilla 100mm	213,8	m2	0,00	1,29
höyrynsulku	171	m2	Höyrynsulku	175,478	m2	Höyrynsulku	171,03	m2	2,60	-0,02
kipsilevy 5mm	561,741	m2	Kipsilevy 5mm	635,88	m2	Kipsilevy 5mm	584,4	m2	8,81	-3,88
Laasti	44	m2	Laasti	41,402	m2	Laasti	39,367	m2	5,17	11,77
Laatoitus	44	m2	Laatoitus	41,424	m2	Laatoitus	39,391	m2	5,16	11,70
savupiipuntilliharkot	12,07	m2	Savupiipun tiliharkot	12,809	m2	Savupiipun tiliharkot	12,809	m2	0,00	-5,77
TS-JL	250	m2	Tuulensuojalevy 12mm	249,277	m2	Tuulensuojalevy 12mm	249,14	m2	0,05	0,35
vaakalaudotus	254,964	m2	Vaakalaudotus 25mm	256,424	m2	Vaakalaudotus 25mm	256,47	m2	-0,02	-0,59
Vesieriste	44	m2	Vesieriste	37,998	m2	Vesieriste	37,998	m2	0,00	15,80
<b>Katto</b>			<b>KATTO</b>			<b>KATTO</b>				
Laudotus	33,86	m2	25mm laudoitus	35,574	m2	25mm laudoitus	35,574	m2	0,00	-4,82
Aluskate	120	m2	Aluskate	118,474	m2	Aluskate	118,48	m2	0,00	1,29
Peltikate	174,68	m2	Peltikate	252,02	m2	Peltikate	171,03	m2	47,36	2,14
<b>Sahatavara</b>			<b>SAHATAVARA</b>			<b>SAHATAVARA</b>				
sahatavara 25x50 (vaaka)	34,4	jm	Sahatavara 25x50 (vaaka)	46,280	jm	Sahatavara 25x50 (vaaka)	46,28	jm	0,00	-25,67
sahatavara 50x50 (vaaka)	457,4	jm	Sahatavara 50x50 (vaaka)	437,511	jm	Sahatavara 50x50 (vaaka)	437,51	jm	0,00	4,55
Sahatavara 50x100	167,046	jm	Sahatavara 50x100	151,941	jm	Sahatavara 50x100	179,26	jm	-15,24	-6,81
Sahatavara 140x140	34	jm	Sahatavara 140x140	33,168	jm	Sahatavara 140x140	33,168	jm	0,00	2,51
Limapuupalkki 56x225	162	jm	Limapuupalkki 56x225	163,996	jm	Limapuupalkki 56x225	164	jm	0,00	-1,22
Limapuupalkki 56x315	77	jm	Limapuupalkki 56x315	79,888	jm	Limapuupalkki 56x315	79,888	jm	0,00	-3,62
Limapuupalkki 90x315	38	jm	Limapuupalkki 90x315	37,625	jm	Limapuupalkki 90x315	37,625	jm	0,00	1,00
Sahatavara 25x50 (pysty)	41,9	jm	Sahatavara 25x50	39,777	jm	Sahatavara 25x50 (pysty)	39,777	jm	0,00	5,34
Sahatavara 25x195	20,54	jm	Sahatavara 25x195	20,438	jm	Sahatavara 25x195	20,438	jm	0,00	0,50
Sahatavara 50x25 (yp,yp,ruode)	919	jm	Sahatavara 50x25 (yp,yp,ruode)	1042,931	jm	Sahatavara 50x25 (yp,yp,ruode)	1042,9	jm	0,00	-11,88
Sahatavara 50x50 (pysty)	470,218	jm	Sahatavara 50x50 (pysty)	462,319	jm	Sahatavara 50x50 (pysty)	462,38	jm	-0,01	1,69
Sahatavara 50x100 (runko)	577,835	jm	Sahatavara 50x100 (Runko)	605,307	jm	Sahatavara 50x100 (Runko)	605,31	jm	0,00	-4,54
Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	620,986	jm	Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	621,282	jm	Sahatavara 50x100 (Väliseinä)	621,28	jm	0,00	-0,05
Sahatavara 50x150	212,42	jm	Sahatavara 50x150	225,995	jm	Sahatavara 50x150	226	jm	0,00	-6,01
Sahatavara 150x50	17,6	jm	Sahatavara 150x50	17,690	jm	Sahatavara 150x50	17,69	jm	0,00	-0,51
Sahatavara 195x25	42	jm	Sahatavara 195x25	45,600	jm	Sahatavara 195x25	45,6	jm	0,00	-7,89

## Liite 2 Määräluetteloiden vertailu (Arkkitehtimalli)

SOLIBRI		KÄSIN		REVIT	
10x18	2 kpl	10x18	2 kpl	10x18	2 kpl
10x4	2 kpl	10x4	2 kpl	10x4	2 kpl
12x18	3 kpl	12x18	3 kpl	12x18	3 kpl
14x18	1 kpl	14x18	1 kpl	14x18	1 kpl
16x18	3 kpl	16x18	3 kpl	16x18	3 kpl
8x18	5 kpl	8x18	5 kpl	8x18	5 kpl
Alakaappi 400x870	4 kpl	Alakaappi 400x870	4 kpl	Alakaappi 400x870	4 kpl
Alakaappi 600x870	2 kpl	Alakaappi 600x870	2 kpl	Alakaappi 600x870	2 kpl
Alakaappi 870x1000	1 kpl	Alakaappi 870x1000	1 kpl	Alakaappi 870x1000	1 kpl
Kaappi 600x2200	5 kpl	Kaappi 600x2200	5 kpl	Kaappi 600x2200	5 kpl
Pöytätaaso 30mm	3 kpl	Pöytätaaso 30mm	4,34 m	Pöytätaaso 30mm	3 kpl
Seinäkaappi 1000x600	1 kpl	Seinäkaappi 1000x600	1 kpl	Seinäkaappi 1000x600	1 kpl
Seinäkaappi 200x600	1 kpl	Seinäkaappi 200x600	1 kpl	Seinäkaappi 200x600	1 kpl
Seinäkaappi 400x300	1 kpl	Seinäkaappi 400x300	1 kpl	Seinäkaappi 400x300	1 kpl
Seinäkaappi 400x600	1 kpl	Seinäkaappi 400x600	1 kpl	Seinäkaappi 400x600	1 kpl
Seinäkaappi 800x600	3 kpl	Seinäkaappi 800x600	3 kpl	Seinäkaappi 800x600	3 kpl
Astianpesukone	1 kpl	Astianpesukone	1 kpl	Astianpesukone	1 kpl
Jääkaappi	1 kpl	Jääkaappi	1 kpl	Jääkaappi	1 kpl
Kattosilta	1 kpl	Kattosilta	6,5 m	Kattosilta	1 kpl
Liesi	1 kpl	Liesi	1 kpl	Liesi	1 kpl
Liesituuletin	1 kpl	Liesituuletin	1 kpl	Liesituuletin	1 kpl
Lumieste	22 kpl	Lumieste	34,4 m	Lumieste	22 kpl
Pakastin	1 kpl	Pakastin	1 kpl	Pakastin	1 kpl
Wc-istuin	3 kpl	Wc-istuin	3 kpl	Wc-istuin	3 kpl
Pyykinpesukone	1 kpl	Pyykinpesukone	1 kpl	Pyykinpesukone	1 kpl
Savupiipun hormi	1 kpl	Savupiipun hormi	5,36 m	Savupiipun hormi	1 kpl
Syöksyputki A	2 kpl	Syöksyputki A	18 m	Syöksyputki A	2 kpl
Syöksyputki B	1 kpl	Syöksyputki B	6,3 m	Syöksyputki B	1 kpl
Syöksyputki, Parveke	2 kpl	Syöksyputki, Parveke	10,6 m	Syöksyputki, Parveke	2 kpl
Takka	1 kpl	Takka	1 kpl	Takka	1 kpl
Talotikkaat	1 kpl	Talotikkaat	8 m	Talotikkaat	1 kpl
10x21 Lasiövi	1 kpl	10x21 Lasiövi	1 kpl	10x21 Lasiövi	1 kpl
10x21 Ulko-ovi	4 kpl	10x21 Ulko-ovi	4 kpl	10x21 Ulko-ovi	4 kpl
10x23 Ulko-ovi	2 kpl	10x23 Ulko-ovi	2 kpl	10x23 Ulko-ovi	2 kpl
8x21 Sisäovi	2 kpl	8x21 Sisäovi	2 kpl	8x21 Sisäovi	2 kpl
9x21 142mm Sisäovi	3 kpl	9x21 192 mm Sisäovi	8 kpl	9x21 192 mm Sisäovi	8 kpl
9x21 192 mm Sisäovi	8 kpl	9x21 142mm Sisäovi	3 kpl	9x21 142mm Sisäovi	3 kpl
9x21 Ulko-ovi	1 kpl	9x21 Ulko-ovi	1 kpl	9x21 Ulko-ovi	1 kpl
Allastaso	1 kpl	Allastaso	1 kpl	Allastaso	1 kpl

Liite 3 Pohjakuvat

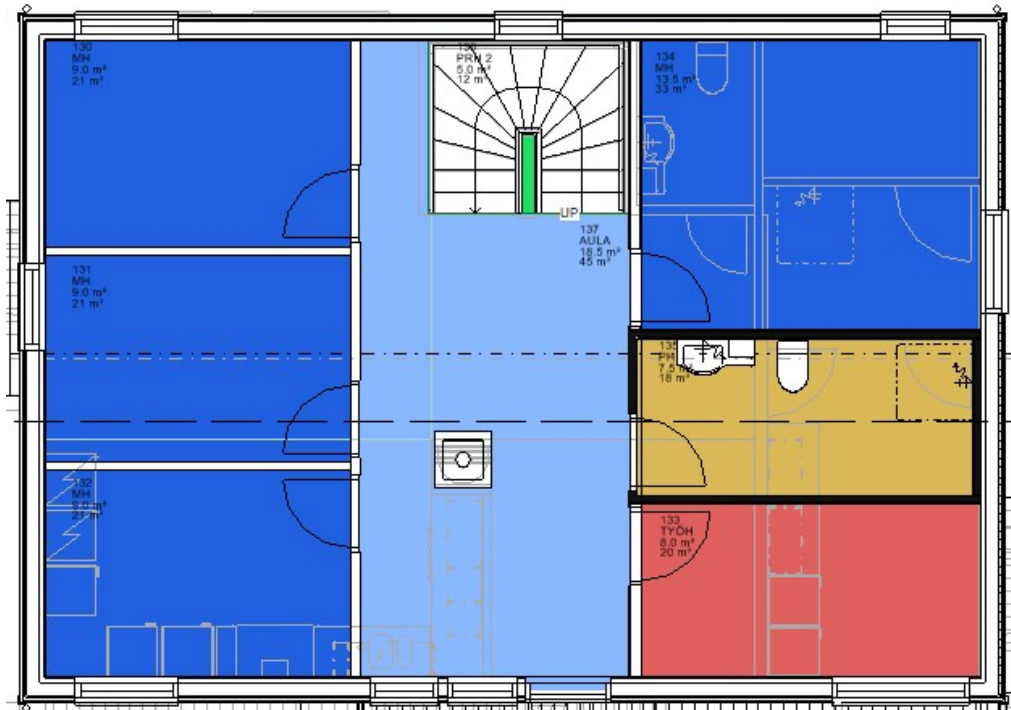


(Kellari)



(1 krs.)

## Liite 4 Pohjakuivat



(2 krs.)