

Tietomallin hyödyntäminen pientalon materiaalilasken- nassa

Topias Tevaniemi

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Talonrakennustekniikka

TEVANIEMI, TOPIAS:
Tietomallin hyödyntäminen pientalon materiaalilaskennassa

Opinnäytetyö 79 sivua, joista liitteitä 22 sivua
Huhtikuu 2022

Opinnäytetyössä kehitettiin rakennesuunnittelun yhteydessä syntyvään tietomalliin perustuva materiaalilaskentatyökalu ja ohje materiaalilaskennan tuottamiseen Inspe Oy:lle. Laskentatyökalu kehitettiin rankarunkoiselle rakennejärjestelmälle, ja sen tavoitteena oli lisätä mallintamisessa kertyvän tiedon hyödyntämistä ja luoda lisäarvoa yrityksen tekemiin rakennesuunnitelmiin materiaalilaskennan muodossa. Materiaalilaskentatyökalun kehitysprosessin tukena käytettiin esimerkkikohdetta, ja se perustuu tietomallinnusohjelma ArchiCADin ja taulukkolaskentaohjelma Excelin yhteistoimintaan.

Työn teoriaosuudessa käsitellään tietomallia ja materiaalilaskentaa, jotka tukevat varsinaista työtä aiheiden ymmärtämisen kautta. Empiirisessä osuudessa kuvataan materiaalilaskentatyökalun tekemisen prosessia sekä tutkitaan työkalun toimivuutta esimerkkikohteen avulla. Raportti käsittelee työn tekemistä ja siihen liittyviä aiheita sellaisella tasolla, että työssä käytettyjen ohjelmien ja rakentamisen perusteet tuntevat voivat hyödyntää työn sisältämää tietoa konkreettisesti ja kasvattaa omaa tietämystä tietomallintamisesta, materiaalilaskennasta sekä näiden yhdistämisestä. Raportissa haastatellaan myös rakentajia, joiden käyttöön materiaalilaskentatyökalu on ensisijaisesti tarkoitettu.

Työn tuloksena saatiin luotua toimeksiantajayrityksen tarpeita palveleva, toimiva ja tarkoituksenmukaisessa muodossa materiaalimäärät listaava työkalu. Tietomallia apuna käyttäen materiaalilaskenta nopeutuu huomattavasti, mutta sen käyttöön sisältyy myös riskejä, ja materiaalilaskennan suorittajalta vaaditaan työssä käsiteltyjen aiheiden ymmärtämistä.

Työkalua tullaan jatkojalostamaan sen käytössä syntyvien kokemusten ja rakentajilta saadun palautteen mukaan. Suunnitelmissa on myös laajentaa työkalun käyttömahdollisuuksia niin, että materiaalilaskennan pystyy suorittamaan myös muista pientalotyypeistä.

Asiasanat: materiaalilaskenta, tietomalli, ArchiCAD, Excel, suunnittelumalli

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

TEVANIEMI, TOPIAS:

Utilization of the Building Information Model in the Material Calculation of a Detached House

Bachelor's thesis 79 pages, appendices 22 pages
April 2022

In the thesis, a material calculation tool based on the Building Information Model was developed for Inspe Oy. The purpose of the calculation tool was to increase the utilization of the building information model and to create added value to the structural plans. The chosen target was used to support the development process of the material calculation tool. The tool is based on a collaboration between the building information modeling program ArchiCAD and the spreadsheet program Excel.

The theoretical part of the thesis deals with the Building Information Model and material accounting, which support the actual work through understanding the topics. The empirical part describes the process of making a material calculation tool and examines the functionality of the tool. The report deals with the performance of the work and the related topics at such a level that those who know the basics of the construction and programs used in the work can increase their own knowledge of building information modeling, material calculation and the integration of these two. The report also interviews builders for whom the material accounting tool is primarily intended.

As a result of the work a tool was created that serves the needs of the client company and lists the quantities of materials in an appropriate form. With the help of the Building Information Model, material accounting is considerably speeded up.

The tool will be further refined based on the experience gained during its use and the feedback received from the users.

Key words: material calculation, building information model, ArchiCAD, Excel, planning model

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TIETOMALLI	9
	2.1 Rakentamisen tietomalli	9
	2.2 Tietomallintamisen kehityskaari	11
	2.3 Vaatimukset tietomallille (YTV 2012)	13
	2.3.1 Osa 1. Yleinen osuus	13
	2.3.2 Osa 5. Rakennesuunnittelu	14
	2.3.3 Osa 7. Määrälaskenta	16
	2.4 Edellytykset ja mahdollisuudet	17
3	MÄÄRÄLASKENTA	20
	3.1 Tietomalli määrälaskennassa	20
	3.2 Rankarunkoinen rakennejärjestelmä	21
	3.3 Materiaalilisät ja -hukat	24
	3.4 Pientalotyömaan tarpeet rakentajan näkökulmasta	26
4	MÄÄRÄLASKENTATYÖKALU	28
	4.1 Käsitteet	28
	4.2 Käytetyt ohjelmistot	29
	4.2.1 ArchiCAD	29
	4.2.2 Excel	30
	4.3 Prosessin kuvaus ja ohjeistus	31
	4.3.1 Tietomallintaminen	32
	4.3.2 ArchiCAD aloituspohjan kehittäminen ja mallinnusohjeet ...	35
	4.3.3 Materiaalitulukoiden luonti ArchiCADissa	39
	4.3.4 Excel-työkirja	43
	4.4 Esimerkkikohde rankarunkoinen pientalo	47
	4.4.1 Tulosten analysointi ja luotettavuus	49
	4.4.2 Kokemuksia määrälaskentatyökalun käytöstä	52
5	YHTEENVETO	53
	5.1 Tulokset	53
	5.2 Pohdinta	54
	LÄHTEET	56
	LIITTEET	58
	Liite 1. Lehtileikkeet	58
	Liite 2. Urakoitsijoiden haastattelu	66
	Liite 3. Esimerkkejä tutkimuskohteen AC-materiaalitulukoista	70

Liite 4. Esimerkkikohteen rakennuslupakuvat	72
Liite 5. Esimerkkejä materiaalitulukoista	76

ERITYISSANASTO

3D-mallinnus	3D-mallinnus eli kolmiulotteinen mallinnus tarkoittaa tietokoneella tehtävää kolmiulotteista suunnittelua.
Arkkitehtimalli	Arkkitehdin tekemä suunnittelumalli
IFC	Industry Foundation Classes, tiedonsiirron standardi
Tietomalli/BIM	engl. Building Information Model on rakennushankkeen suunnittelumalli, johon voidaan sisällyttää geometrian lisäksi hyödynnettäviä ominaisuustietoja
Rakennemalli	Rakennesuunnittelijan tekemä suunnittelumalli
Yhdistelmämalli	Useiden eri suunnittelijoiden suunnittelumallit yhtenä tiedostona
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012
TATE-malli	Talotekniikkajärjestelmiä kuvaava suunnittelumalli
KRL	Kaavoitus- ja rakennuslaki

1 JOHDANTO

Rakennushankkeen kokonaiskustannukset määräytyvät suurimmilta osin rakennussuunnitteluvaiheessa. Materiaalimenekin saaminen rakennesuunnittelun yhteydessä metri-, kappale-, ja kuutiomäärittäin lisäävät kuitenkin rakennusvaiheen helppoutta, ennustettavuutta ja taloudellisuutta. Rakennushankkeen materiaalimenekin laskenta on luonteva osa rakennesuunnittelua, sillä viimeistään tässä vaiheessa rakennusprojektiä tiedetään käytettävät ratkaisut ja materiaalit on riittävältä osin määrätty.

Työn toimeksiantajayrityksessä rakenne- ja rakennussuunnittelu perustuvat kohteen tietomallintamiseen ArchiCAD-ohjelmalla. Tällä hetkellä tietomallin sisältä mää tietoa käytetään hyödyksi vain vähän ja satunnaisesti. Lisäarvon luominen rakennesuunnitelmiin materiaalilaskennalla on tarkoituksenmukaista ja hyödyttää työn teettäjää taloudellisesti.

Tavoitteena oli luoda työn teettäjälle työkalu, jolla voidaan toimittaa rakennesuunnittelun tilaajalle kaikki tietomallin sisällä oleva tieto materiaalin määrästä kohtuullisella lisävaivalla, riittävällä tarkkuudella ja käyttötarkoitusta vastaavassa muodossa. Käyttötarkoitusta vastaavalla muodolla tarkoitetaan sitä, että tavarat voidaan tilata toimittamiemme taulukoiden perusteella työmaalle. Tämä työ keskittyy puurankarunkoiseen rakennejärjestelmään, mutta yksi päätavoitteista oli luoda työkalusta sellainen, että sen jatkojalostus muihin pientalotyyppeihin on luontevaa ja vaivatonta. Materiaalilaskentatyökalusta rajattiin pois ikkunat, ovet ja teräsosat, sillä niiden laskentaan ja toimittamiseen toimeksiantajayrityksessä on valmiina toimivat käytännöt ja taulukot. Rakennesuunnittelun tilaaja voi käyttää saamiaan tietoja hyödykseen esimerkiksi rautakaupassa tai tavarantoimittajien kilpailutuksessa.

Toimeksiantajayritys Inspe Oy on vuonna 2019 pientalojen valvonta- ja suunnittelupalveluihin erikoistunut suunnittelutoimisto. Yritys on syntynyt toimitusjohta-

jan sivutoimisen yrityksen jatkoksi. Alkuperäinen toiminimi Insinööritoimisto Pekkala on perustettu vuonna 2011. Yrityksen henkilöstöön kuuluu kahden yrittäjän lisäksi yksi työntekijä.

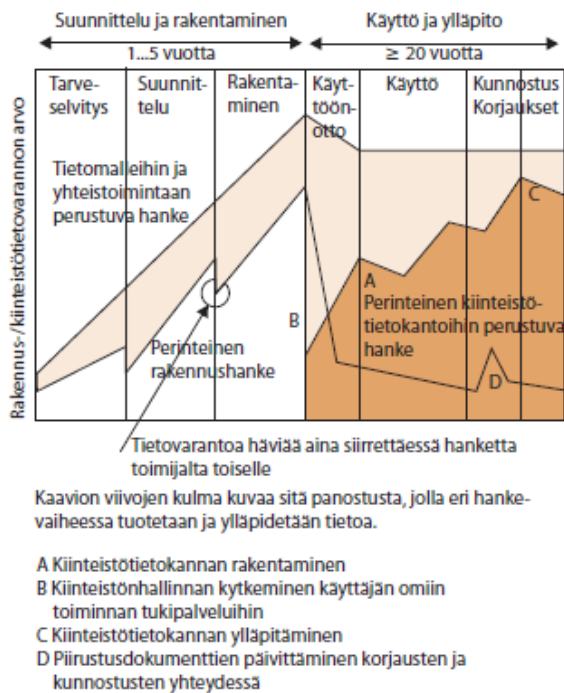
Inspe Oy:n liikevaihto muodostuu pääosin pientalojen valvonta- ja suunnittelupalveluista. Asiakkaina on sekä yksityisiä pientalorakentajia että yrityksiä ja talopakettitoimittajia. Yrityksen yleisimpiä toimeksiantoja ovat lupakuvat, pääpiirustukset, rakennussuunnittelu, rakennesuunnittelu ja valvontatehtävät. Pääosa liikevaihdosta muodostuu rakennesuunnittelusta.

2 TIETOMALLI

2.1 Rakentamisen tietomalli

”Tietomallintamisella (BIM, Building Information Modeling) ja mallintavalla suunnittelulla tarkoitetaan sellaista 3D-malleihin perustuvaa suunnittelua, jossa malleihin on sisällytetty myös muuta kuin rakennuksen muotoa kuvaavaa tietoa” (RT 10-10992 2010, 2.). Rakennuksen tietojen mallintamiseen liittyy rakennuksen tietojen ja ominaisuuksien kuvaaminen niin, että niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi kustannusten, energiankulutuksen tai valaistuksen arvioinnissa. Tietomalli koostuu siis rakenneosista ja objekteista sekä niiden sisältämästä tiedosta; sijainnista, koosta ja laadusta. Talonrakennusalalla tietomallien laatiminen on jo arkipäivää. Vaikka tilaaja ei vaatisi tietomallia, niin sitä usein käytetään silti siitä saatavien hyötyjen takia. Piirustuksia tarvitaan edelleen, mutta niidenkin tuottaminen on helpompaa tietomallipohjaisesti. (RT 10-10992 2010, 2.; RT 10-11066 2012, 1.; Jäväjä & Lehtoviita 2016, 61–62.)

Tietomallihanke eroaa perinteisestä piirustuksiin perustuvasta rakennushankkeesta. Perinteisessä hankkeessa kertyvästä tietovarannosta häviää aina jonkin verran siirryttäessä hankevaiheesta toiseen, koska osa tiedosta joudutaan muokkaamaan uuteen muotoon hankevastuun vaihtuessa eri toimijoiden välillä. Erityisesti tämä ilmiö huomataan, kun rakennushankkeen valmistuessa tieto siirretään toteutussuunnitelmista kiinteistönhallinnan tietokantoihin ja huoltokirjoihin. Kuviossa 1 vertaillaan perinteisen ja tietomallipohjaisen rakennushankkeen tietovarannon kertymistä. Tietomallihankkeessa pyritään siihen, että tietomalliin kerran kerääntynyt tieto on aina mahdollisimman helposti hankkeen eri toimijoiden uudelleen käytettävissä ja muokattavissa. Tietomallintaminen perustuu siis tiedonjaon avoimuuteen sekä osapuolten väliseen joustavaan yhteistyöhön ja luottamukseen. (RT 10-10992 2010, 2–3.)



KUVIO 1. Rakennushankkeen tietovarantoa kuvaava kaavio (RT 10-10992 2010, 2.)

Tietomallintamisella pyritään rakennushankkeen suunnittelun ja toteutuksen aiempaa parempaan tehokkuuteen, turvallisuuteen sekä rakennuksen elinkaari-prosessin tukemiseen. Parhaimmillaan tietomalli sisältää kaiken rakennushankkeeseen liittyvän tiedon ja on käytettävissä luonnossuunnittelusta rakentamiseen ja käytöstä sekä ylläpidosta rakennuksen purkamiseen saakka. Kolmiulotteinen mallinnus ja visualisointi lisäävät myös hahmotuskykyä, jolloin eri ratkaisujen vertailu on helpompaa ja suunnitelmat tulevat konkreettiselle tasolle. Tietomallien parantamiseksi ja tietomallinnusprosessien yhtenäistämiseksi on laadittu vuonna 2012 aiheeseen liittyviä vaatimuksia ja ohjeita kokoava julkaisusarja Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012). Tietomallin ulottuvuuksia on esitelty kuviossa 2. (RT 10-10992 2010, 1.; RT 10-11066 2012, 2.)



KUVIO 2. Havainnekuva tietomallin ulottuvuuksista
(Tietomallinnuksen ABC n.d.)

2.2 Tietomallintamisen kehityskaari

Ensimmäisiä rakennushankkeen tietomalleja on tehty jo 90-luvulla, jonka jälkeen on tapahtunut kuitenkin paljon kehitystä. Merkittävimpiä edistysaskeleita ovat elinkaariajattelun mukaantulo, tietomallin sisältämän hyödynnettävän tiedon kasvu sekä mahdollisuus eri suunnittelumallien yhdistämiseen. Rakennusalan toimijat osaavat nykyään myös hyödyntää eri tietomalleja hyvin, ja tietomallintamisesta on tulossa arkipäivää rakennusalalla, jos ei sitä jo ole. Rakennusaloittain eroja kuitenkin on. Tämänhetkistä tietomallintamisen tilaa voi parhaiten peilata viimeisimpien saavutusten ja ilmiöiden perusteella. Tässä luvussa 2.2 on tiivistelmiä tietomallinnuksen nykyhetkeä käsittelevistä artikkeleista ja puheenvuoroista (liite 1).

Rakennusteollisuus RT:n blogistit kirjoittavat puheenvuorossaan **Lakiuudistus tavoittelee rakennustiedon koneluettavuutta – rakennuksen tietomallin toimiminen edellyttää, että teollinen vakiointi on kunnossa** tietomallintamisen kehitystarpeista kaavoitus- ja rakennuslain (KRL) uudistusta varten. Yksi KRL:n keskeisimpiä tavoitteita on tuottaa rakennuksen digitaalista tietoa koneluettavassa muodossa, joka vaikuttaa tietomallintamisen tulevaisuuteen. Tietomallin

tietosisällön vakioinnin tulee edetä nopeasti, jotta KRL-uudistus voidaan digitaalisen tiedon tuottamisen osalta toteuttaa. Tietomallin tietojen hyödyntäminen on mahdollista vain, jos IFC-formaatin tiedonvaihtoa selkeytetään. Tästä johtuen yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) tulee päivittää ja määritellä koneluettavuustarpeet objekti- ja komponenttitasolle. Rakennuksen tiedonhallinnan ohjeistukset ja tietosisältömääräykset pitää saada tukemaan KRL:n tavoitetta, sillä se ei onnistu nykyisillä sopimusteknisillä ohjeistuksilla. (Ristimäki & Kallio 2021.)

Blogistien mukaan tietomalli erotetaan aivan turhaan omaksi kokonaisuudekseen suunnitteluprosessista. Tietomalli on yhtä kuin suunnittelu. Heidän mielestään on nurinkurista ajatella tietomallipohjaista toimintakulttuuria niin, että tietomallien yhteensovittaminen on rinnakkainen prosessi perinteisen suunnitteluohjauksen ohella. KRL:n koneluettavuuden ja rakennushankkeen tuottavuuden tehostamisen edellytys on eri osapuolien tuottaman tiedon linkittymisen tarkastelu tietomallin ympärille. (Ristimäki & Kallio 2021.)

Rakennusteollisuuden blogisti kirjoittaa puheenvuorossaan **Kehitys kehittyä ja jännitys tiivistyy – onko rakentamisen tietomallintaminen vihdoin läpimurron kynnyksellä?** tietomallintamisen läpimurron näkymistä. Tietomallintaminen on kehittynyt loogisella ja melko ennalta arvattavalla tavalla; ensin suunnittelijat käyttivät sitä omana työkalunaan, seuraavassa vaiheessa rakennusteollisuus ja rakentajat näkivät mahdollisuuden sen hyödyntämiseen ja viimeisimpänä on otettu askel suuntaan, jossa kiinteistöjen omistajat ja käyttäjät käyttävät tietomallia rakennusten ylläpidossa ja huollossa. (Kempainen 2021.)

Uuden lainsäädännön myötä tietomallintamisesta tulee ainakin osittain pakollista, jolloin on mahdollista saada koko kiinteistö- ja rakennusala edelleen kehittämään tietomallintamista. Jotta aiemmin rakennushankkeessa tehtyä työtä pystytään hyödyntämään eri aloittain, tarvitaan yhteisiä pelisääntöjä ja vakiintuneita tapoja. Näihin päiviin saakka tiedonsiirto on toiminut heikosti, mutta uuden standardoinnin myötä tietomallien sisältöä päästään määrittelemään eri osapuolten kannalta järkeväksi ja yhteensopivassa muodossa. Uusi standardi antaa myös hyvät edellytykset YTV2020-hankkeelle. (Kempainen 2021.)

Rakennuslehti kirjoittaa artikkelissaan **Tietomallit tulevat virtuaali- ja lisätyn todellisuuden laseihin** Microsoft HoloLens-laseista ja niiden käyttökohteista. HoloLens on päähän laitettava lisätyn todellisuuden laite, jossa on tietokone, käyttöjärjestelmä sekä kamera. HoloLensin avulla tietomallin voi asettaa hologrammina mille vain pinnalle ja tarkastella kuten tietokoneella. Toistaiseksi HoloLens mahdollistaa vain visualisoinnin ja merkintöjen tekemisen malliin, mutta muutakin on tulossa. (Huusko 2019.)

Yksi sovelluskohde laseille on laadunvarmistus; suunniteltu hologrammi voidaan asettaa valmistetun kappaleen päälle ja verrata suunnittelun ja toteutuman eroja. Tarvittaessa laseilla voi tehdä yhteistyötä kollegojen kanssa verkon yli. Luonnollinen käyttökohde laseille on myös arkkitehtuuri- sekä korjausrakentamissuunnitelmien visualisointi. Seuraava käyttökohde lasien käytössä tulee olemaan kiinteistöjen hallinnassa. (Huusko 2019.)

2.3 Vaatimukset tietomallille (YTV 2012)

”Yleiset tietomallivaatimukset 2012”- julkaisusarja on syntynyt senaattikiinteistöjen vuonna 2007 julkaiseman tietomallivaatimusten päivitystarpeesta. Laajapohjainen kehittämishanke COBIM toteutettiin vuosina 2011–2012. Julkaisusarjan lähtökohtana olivat tilaajaorganisaatioiden aikaisemmat ohjeet ja niistä saadut käyttökokemukset sekä kirjoittajien laaja kokemus tietomallien toiminnasta. Tässä kappaleessa 2.3 käsitellään opinnäytetyön aihetta koskevia kohtia yleisistä tietomallivaatimuksista. (COBIM-hanke n.d.)

2.3.1 Osa 1. Yleinen osuus

Yleisten tietomallivaatimusten (YTV2012) ensimmäisessä osassa kuvataan tietomallinnuskohteissa noudatettavia perusasioita, käsitteitä ja vaatimuksia. Siinä esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle, ja ne on tarkoitettu noudatettavaksi rakennushankkeissa, joissa niitä halutaan käyttää ja joihin osapuolet ovat valmiita sitoutumaan. Lisäksi osassa yksi käsitellään kaikkia

rakennushankkeen eri suunnitteluosapuolia koskevia asioita, joita ovat esimerkiksi mallien mittatarkkuus, mittayksikkö ja koordinaatisto, tietomallikoordinaattori ja tietomallien laadunvalvonta. (RT 10-11066 2012.)

2.3.2 Osa 5. Rakennesuunnittelu

Osassa viisi käsitellään rakennesuunnittelun mallintamista ja rakennesuunnittelijan tuottamien tietomallien vaadittua sisältöä. Rakennemalliin tulee mallintaa kaikki kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet oikein nimetyillä rakenneosilla ja niin, että ne ovat oikein IFC-mallissa. Rakennesuunnittelija määrittelee myös projektin rakennetyypit. Rakenteet mallinnetaan kerroksittain ja lohkoittain suunnitellun rakentamisjärjestyksen mukaisesti ja noudattaen aiemmin sovittua koordinaatistoa. Rakennemalleja julkaistaessa niihin ei sisällytetä toisten osapuolien malleja, vaan rakennemallit saavat sisältää ainoastaan rakennesuunnittelijan mallintamia objekteja ja rakenneosia. (RT 10-11070 2012, 3.)

Korjausrakennuskohteissa rakennesuunnittelija mallintaa edellä mainittujen lisäksi olemassa olevat rakenteet, jos rakenteelliset muutokset sitä edellyttävät. Tietomalliselostukseen tulee merkitä olemassa olevien rakenteiden mittausero ja -tarkkuus. (RT 10-11070 2012, 4.)

Rakennesuunnittelun vaatimusmallissa esitetään rakennesuunnittelulle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia, joita ovat esimerkiksi muuntojoustavuus ja vapaat huonekorkeudet. Ehdotussuunnitteluvaiheessa varsinaisia mallinnusvaatimuksia rakennesuunnittelijalle ei ole, mutta rakennesuunnittelija arvioi arkkitehdin tekemien ehdotusten toteutettavuutta ja voi erillisestä sopimuksesta laatia esimerkiksi erilaisia runkovaihtoehtoja kustannusten selvittämiseksi. Yleissuunnitteluvaiheessa valittu ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi kuvion 3 mukaan, joka myös yhteensovitetaan TATE-mallin kanssa. Yleissuunnitteluvaiheessa rakennemallin tekemiseen tarvittavia lähtötietoja ovat maanpinnat, arkkitehtimalli ja TATE-malli IFC-muodossa. Reikävarauksia suun-

niteltaessa vastuut sovitaan projektikohtaisesti suunnittelijoiden välillä. Rakennusaikaiset rakennemuutokset tulee päivittää tietomalliin, jotta rakennuksen valmistuttua tarvetta erilliseen toteumamalliin ei ole. (RT 10-11070 2012, 5–6.)

Rakenne	Rakennusosa	x/(x)	Tarkkuus
Perustukset	Paalutukset	(x)	
	Anturat	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Perusmuurit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Peruspilarit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Peruspalkit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Lämmöneristeet	(x)	
Alapohjat	Alapohjalaatta	x	Mallinnetaan kantavan osuuden perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Alapohjakanaalit	(x)	
	Erietyiset alapohjat	(x)	
	Lämmöneristeet	(x)	
Runko	VSS	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Kantavat seinät	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Pilarit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Palkit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Välipohjat	x	Mallinnetaan kantavan osuuden perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Yläpohja	x	Mallinnetaan kantavan osuuden perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Erietyiset runkorakenteet	(x)	
Julkisivut	Ulkoseinät	(x)	Voidaan mallintaa esimerkiksi yhtenäisenä seinäobjektina määrien raportoinnin takia
	Erietyiset julkisivurakenteet	(x)	
Ulkotasot	Parvekkeet	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Katokset	(x)	
	Erietyiset ulkotasot	(x)	
Vesikatot	Vesikattorakenteet	(x)	
	Räystäärakenteet	(x)	
	Lasikattorakenteet	x	Kantavat rakenteet mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
Tilan jako-osat	Ei-kantavat betoniset väliseinät	(x)	
Muut tilaosat	Rakenteisiin kuuluvat tilaa vievät osat esim palonsuojalevyt	(x)	
	Hoitotasot ja kulkureitit	(x)	

KUVIO 3. Rakennemallin tietosisältö (RT 10-11070 2012, 10.)

2.3.3 Osa 7. Määrälaskenta

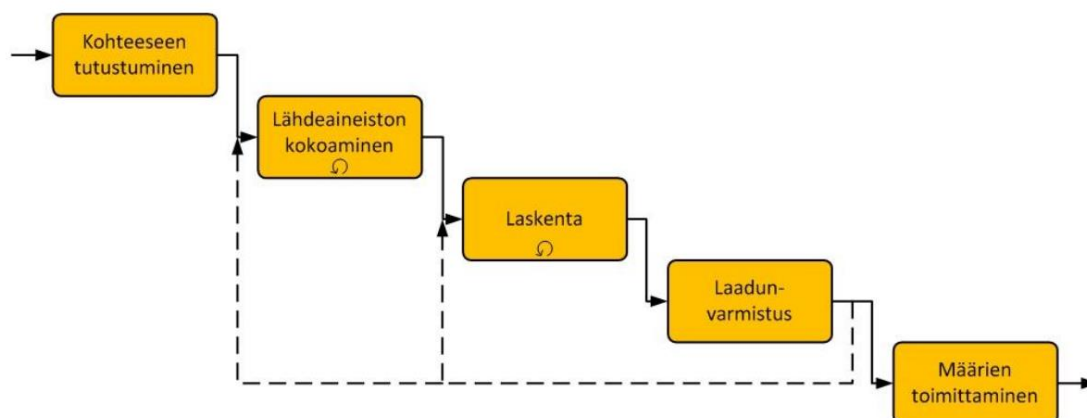
Tietomallia apuna käyttäen pystytään johdonmukaisella ja yhteiset pelisäännöt toteuttavalla mallintamisella nopeuttamaan ja helpottamaan määrälaskentaa olennaisesti. Määriä voidaan laskea eri suunnittelumalleista ja yhdistelymalleista. Osassa seitsemän käsitellään määrälaskennan vaatimuksia malleille ja niihin liittyviä tyypillisiä ongelmakohtia. Tämä dokumentti ei sisällä ohjeita siihen, miten määrälaskenta tulee suorittaa. Dokumentti antaa kuitenkin hyvän kokonaiskäsityksen mallipohjaisesta määrälaskennasta ja siihen liittyvistä haasteista. Kuviossa 4 on esitetty tiivistetysti edellytyksiä mallipohjaiseen määrälaskentaan. (RT 10-11072 2012, 2.)

Määrälaskennan näkökulmasta tietomallin tärkein ominaisuus on johdonmukaisuus. Kaikki rakennusosat tulee mallintaa projektikohtaisten vaatimusten mukaan ja mallinnustapa kirjata tietomalliselostukseen. Määrälaskennan kannalta olennaista on oikean työkalun käyttö kunkin rakennus- tai tekniikkaosan mallintamisessa, jolloin tarvittava tieto saadaan riittävän yksilöidysti listattua. Tiedostomuotona myös määrälaskennassa on IFC. (RT 10-11072 2012, 2–3.)

Seitsemännen osan neljännessä luvussa käsitellään sitä, miten mallipohjainen määrälaskenta liittyy hankkeen ohjaukseen, päätöksentekoon ja mallinnusvaiheisiin. Mallipohjaisuus mahdollistaa sen, että kokeellista määrälaskentaa on helpompi harjoittaa, ja esimerkiksi vertailla eri ratkaisujen hintoja. Kappaleessa kerrotaan avainkäsitteistä, rakenneosien jäsentämisestä riittävällä tarkkuudella ja neljän eri vaiheen ohjeet määrälaskennalle. (RT 10-11072 2012, 4–5.)

Määrälaskennan alussa tutustutaan kohteeseen, jotta saadaan kokonaiskäsitys kohteen laajuudesta ja muista ominaispiirteistä. Lähdeaineistoa kootessa on tärkeää huomioida muutamia seikkoja; käytetäänkö useampaa suunnittelumallia, mikä on mallin tarkkuustaso, mitkä osat ovat laskettavissa mallista, mikä on käytetty nimikkeistö ja onko rakennusselostus yhteneväinen suunnittelumallin kanssa. Kappaleessa käydään läpi eri vaiheiden ohjeistukset määrälaskentaan kohta kohdalta. Kun määrälaskenta on suoritettu, sen tulokset analysoidaan kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta, jolloin pystytään hahmottamaan

tuotettu tieto käyttötarkoitusta edellyttävällä tavalla. Määrälaskennan tuloksena syntyy luettelot, jotka toimitetaan niitä tarvitsevan käyttöön. On tärkeää liittää mukaan laskennassa käytetty lähtöaineisto, jotta mahdollisten virheiden tai muutosten alkuperää voidaan selvittää. (RT 10-11072 2012, 5–7.)



KUVIO 4. Edellytykset mallipohjaiselle määrälaskennalle

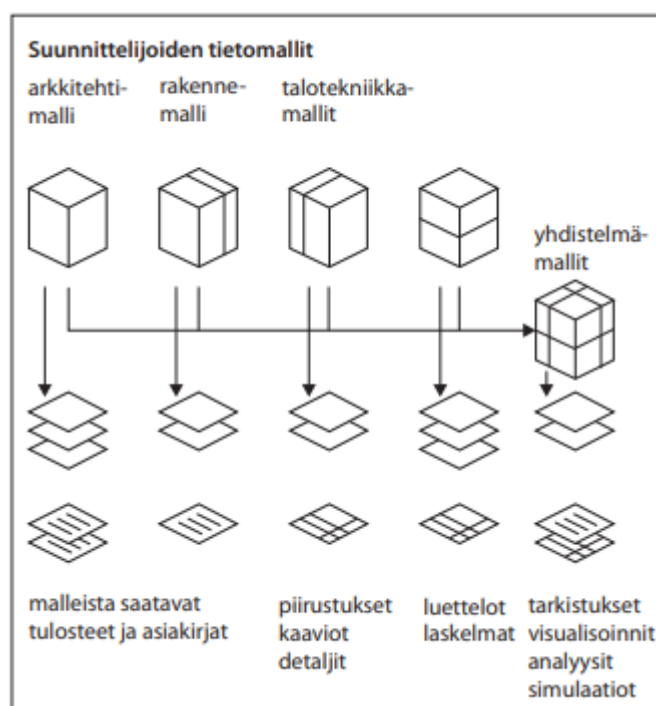
Seitsemännen osan viimeisessä luvussa on listattu yleisiä ongelmakohtia, jotka liittyvät mallipohjaiseen materiaalilaskentaan. Nostetaan muutamia tätä työtä erityisesti koskevia ongelmakohtia esiin. Arkkitehtisuunnitelmien osin puutteelliset työkalut aiheuttavat joskus sen, että tilojen pintoja ei mallinneta erikseen, jolloin eri osapintojen määrälaskenta tuottaa hankaluuksia. Parametristen malliosien tunnistaminen toisella laitteella tai ohjelmistolla on usein hankalaa tai jopa mahdotonta, koska objektin jokainen osa on tunnistettava erikseen. Geometrinen erikoistapausten määrälaskentaan on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä suunnitteluohjelmilla on usein vaikeuksia tuottaa tällaisista luotettavia määriä. (RT 10-11072 2012, 7.)

2.4 Edellytykset ja mahdollisuudet

Tietomalli tuo lukuisia hyötyjä rakennushankkeisiin, mutta kasvukivuutta ei olla mallinnuksen yleistymisestä ja tietomallien aiempaa suuremmasta hyödyntämi-

sestä selvitty. Edut liittyvät havainnollisuuteen, hankkeiden eri osapuolten parempaan kokonaisuymmärrykseen hankkeesta, elinkaariajatteluun ja laadun paraneamiseen rakennushankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Haasteita tietomallintamisen saralla synnyttävät yhteisten pelisääntöjen ja vakiintuneiden toimintatapojen vanheneminen tai puutteellisuus tietotekniikan kehittyessä ja tietomallien hyödyntämisen kasvaessa. Lisäksi kullakin suunnittelualalla on omia haasteita teknisten asioiden kanssa.

Tietomalli mahdollistaa eri suunnittelualojen aiempaa saumattomamman yhteistyön, ja se tehostaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista (kuvio 5). Suunnitelmien sovittamiselle sovitaan ajankohtia, jotka kohdistuvat päätöksenteon ja keskeisten valintojen yhteyteen. Tällöin tietomallit toimivat havainnollisena apuna päätöksenteon tukena. Tietomallintaminen mahdollistaa myös erilaisten ratkaisujen ja vaihtoehtojen aiempaa paremman vertailun taloudellisuuden ja toimivuuden näkökulmasta. Rakenne- ja teknisten ratkaisujen lisäksi tällaisia voivat olla esimerkiksi energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit. (RT 10-10992 2010, 1–4.)



KUVIO 5. Kaavio yhdistelmämallien periaatteesta (RT 10-10992 2010, 5.)

Tietomalli mahdollistaa myös työn toteutusvaiheessa monia asioita. Se helpottaa materiaalien tilauksia, työmaan aikataulutusta ja koordinoitua sekä työmaan alueen käytön suunnittelua. Rakennushankkeen toteutus helpottuu, kun eri toimijat voi havainnoida rakennuksen ”digitaalista kaksosta” rakentamisen eri vaiheissa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 8–10.)

Edellytykset tietomallipohjaisen hankkeen onnistumiselle ja tehokkuudelle luo eri toimijoiden sitoutuminen yhdessä sovittuihin pelisääntöihin. Yleisesti tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa toimintatapana ja viitekehyksenä käytetään yleisiä tietomallivaatimuksia (YTV2012). Se ei kuitenkaan vastaa kaikkeen, joten yhteistyön on oltava sujuvaa ja joustavaa toimijoiden välillä. Mallien hyödyntäminen edellyttää hankkeen osapuolilta myös tietomallintamiseen liittyvien peruskäsitteiden ja prosessien ymmärtämistä, tietomallien käytön vaatimaa teknistä osaamista sekä omien toimintatapojen kehittämistä niin, että tietomallien käyttö on sujuvaa hankkeen eri vaiheissa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 9.)

3 MÄÄRÄLASKENTA

3.1 Tietomalli määrälaskennassa

Määrien manuaalinen mittaaminen voidaan korvata tietomallipohjaisella määrälaskennalla. Hyvästä ja yhteiset pelisäännöt täyttävästä tietomallista saatavat määrät ovat arvokkaita ja tarkkoja, kun perinteisessä määrälaskennassa tulokset riippuvat lähinnä määrälaskijan tarkkuudesta. Perinteinen määrälaskenta on myös huomattavasti hitaampaa. Tietomallipohjainen määrälaskenta tarvitsee kuitenkin edelleen tuekseen myös piirustusdokumentteja. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 61–62.)

Määrälaskenta tietomallia hyödyntäen mahdollistaa sen läpinäkyvyyden. Jokaisella linkitetyllä määrällä on aina jokin virtuaalinen rakennusosa, jolloin sen oikeellisuuden arviointi on helppoa. Määrät on usein laskettu kertaalleen urakatarjousvaiheessa, mutta ne lasketaan aina uudestaan myös toteutusvaiheessa. Tästä syntyvää päällekkäistä työtä pystytään tuntuvasti vähentämään tietomallin avulla; käytännössä laskelmat vain tarkentuvat suunnitelmien tarkentuessa. Yksi tietomallin eduista on myös materiaalmäärien jaottelu eri tilauskertoihin. On esimerkiksi helppoa valita yhden kerroksen kipsilevyt ja tilata ne. Työmaan tarpeiden ja toteutuksen huomioiminen siis helpottuu. Tietomallin avulla eri vaihtoehtojen kustannuksia ja määriä on helppo vertailla. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 62–63.)

Määrälaskennan ongelmat johtuvat useimmiten puutteellisesta tai huonosta suunnittelun ja mallintamisen ohjauksesta. Määrälaskennan suorittajana on usein eri henkilö tai taho kuin rakenne- tai rakennussuunnittelija. Tällöin suunnittelijalla tulee olla hyvät lähtötiedot tietomallin käyttökohteista ja siitä, miten sitä aiotaan käyttää. Mallinnusohjeita tulee päivittää jatkuvasti ja yrittää luoda toimivia käytäntöjä ja vakiintuneita tapoja, jotta tietomallintamisesta hyötyvät sekä määrälaskenta että suunnittelu. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 62–63.)

3.2 Rankarunkoinen rakennejärjestelmä

Puutaloissa yleisimmin käytetty runkojärjestelmä on kantaviin seiniin perustuva kerroksittainen runkojärjestelmä, jota on esitelty kuvassa 1. Rankarakenteista on kokemusta monelta vuosikymmeneltä ja vakiintuneet rakennetyypit ja käytännöt ovat osoittautuneet toimiviksi. Tämä rakentamistekniikka on erittäin joustava ja sen muokkaaminen on helppoa erilaisiin tarpeisiin. Puurankarunko soveltuu hyvin niin paikallarakentamiseen kuin teolliseen tuotantoon, ja sillä voidaan saavuttaa erinomainen energiatehokkuus ja ilmatiiviyys, aina passiivitasoon asti. Puurakenteet toimivat hyvin myös yhdessä betonirakenteiden kanssa. Hintaertailussa puutalo osoittautuu lähes aina halvemmaksi, joka osaltaan selittää sen suosiota (kuvio 6). (Pientaloteollisuus ry 2019; Puuinfo n.d.)

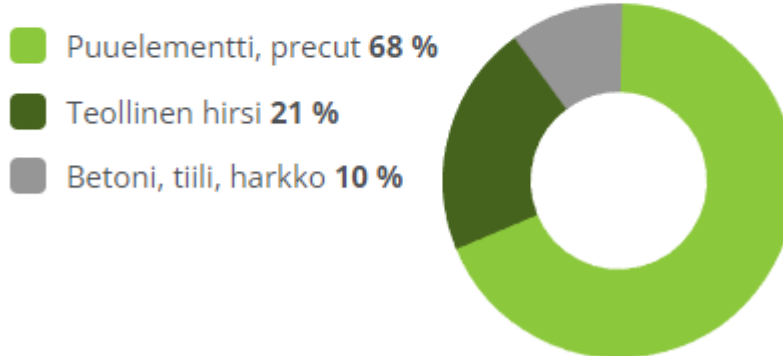


KUVA 1. Rankarunkoinen rakennejärjestelmä (Puuinfo, n.d.)

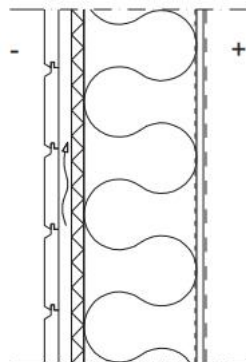
Useimmiten rankarunkoisen rakennuksen toteutustapana on suurelementtien valmistus talotehtaalla, josta ne toimitetaan rakennuskohteeseen. Toimeksiantajayrityksen puurunkosuunnittelun tilaavat asiakkaat ovat kuitenkin ainoastaan niin sanotusti ”pitkästä rakentajia”, jolloin materiaalilaskennan merkitys korostuu. Rankarunkoisen rakennejärjestelmän rakenneratkaisut ovat hyvin heterogeenisiä ja montaa eri tuotetta sisältäviä (kuvat 2, 3 ja 4), jolloin materiaalilaskennan tehokkuus ja oikeellisuus ovat merkittäviä tekijöitä rakentamisvaiheen kustannusten hallinnan kannalta

Runkomateriaali

Uusien pientalojen runkomateriaali (LÄHDE: Valintaopas omakotiraknetajalle 2019-2020, Rakennustukimus RTS Oy)



KUVIO 6. (Pientaloteollisuus ry 2019)



Pintakäsittely rakennuseloituksen mukaan
 28 mm **Ulkoverhous** rakennuseloituksen mukaan, ulkoverhouslauta (vähintään 24 mm)
 22...25 mm **Tuuletusväli**
 Pystylaudat, 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
 25 mm **Tuulensuoja**, mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
 223 mm **Kantava rakenne** rakennesuunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
 Lämmöneriste, 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
 0,2 mm **Ilman- ja höyrynsulku**, polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
 9...15 mm **Rakennuslevy**, esimerkiksi vaneri, lastulevy, kartonkipintainen kipsilevy
Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Jos ulkoverhous tehdään pystyverhouslaudoin, asennetaan vaakasuuntaisten kiinnityslautojen alle (tuulensuojalevyn päälle) lisäksi vähintään 15 mm paksut rimat tuuletusvälin ilmankierron varmistamiseksi.

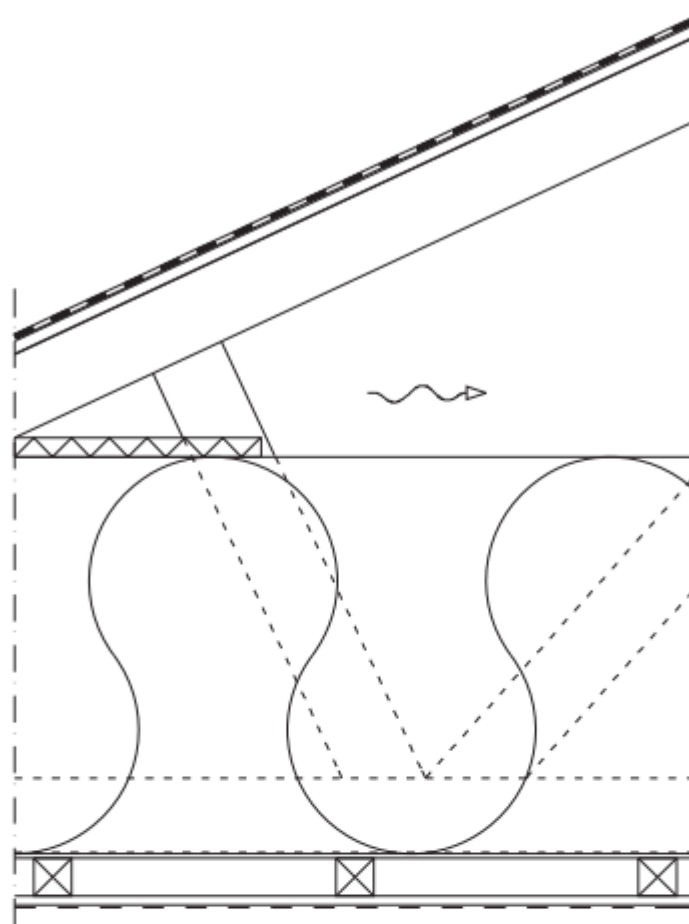
Tuulensuojalevynä voidaan käyttää esimerkiksi säänkestävää puukuitulevyä. Tuulensuojalevyt saumataan tiiviisti lämmöneristeen tuotehyväksyntäpäätöksen mukaisesti.

Lämmöneristeenä voidaan käyttää esimerkiksi puhallettavaa puukuituvillaa.

Runkoa vasten, rakennuslevyn alle voidaan asentaa esimerkiksi 9 mm havuvaneri.

Ks. myös taulukko 1.

KUVA 2. Yleisesti käytetty ulkoseinärakenne rankarunkoisessa pientalossa (RT 82-11006 2010, 24.)



15 mm	Bitumikermikate rakennesuunnitelman mukaan
	Rakennuslevy rakennesuunnitelman mukaan, havuvaneri tai vähintään 20 mm:n raakapontti-laudoitus
≥ 100 mm	Tuuletusväli
	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, kattoristikot
	Tuulensuoja , 1,2 m leveällä reunakaistalla tai tuulenojain
525 mm	Lämmöneriste , puukuituvilla, $\lambda_{Design}=0,041$ W/mK
	Ilman- ja höyrynsulku rakennesuunnitelman mukaan, saumat ilma- ja höyrytiiviiit
6 mm	Rakennuslevy , esim. puolikova puukuitulevy,
≥ 44 mm	Puukoolaus , tai ristiinlaudoitus 2x(22x100) k 400
	Kattoverhous ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

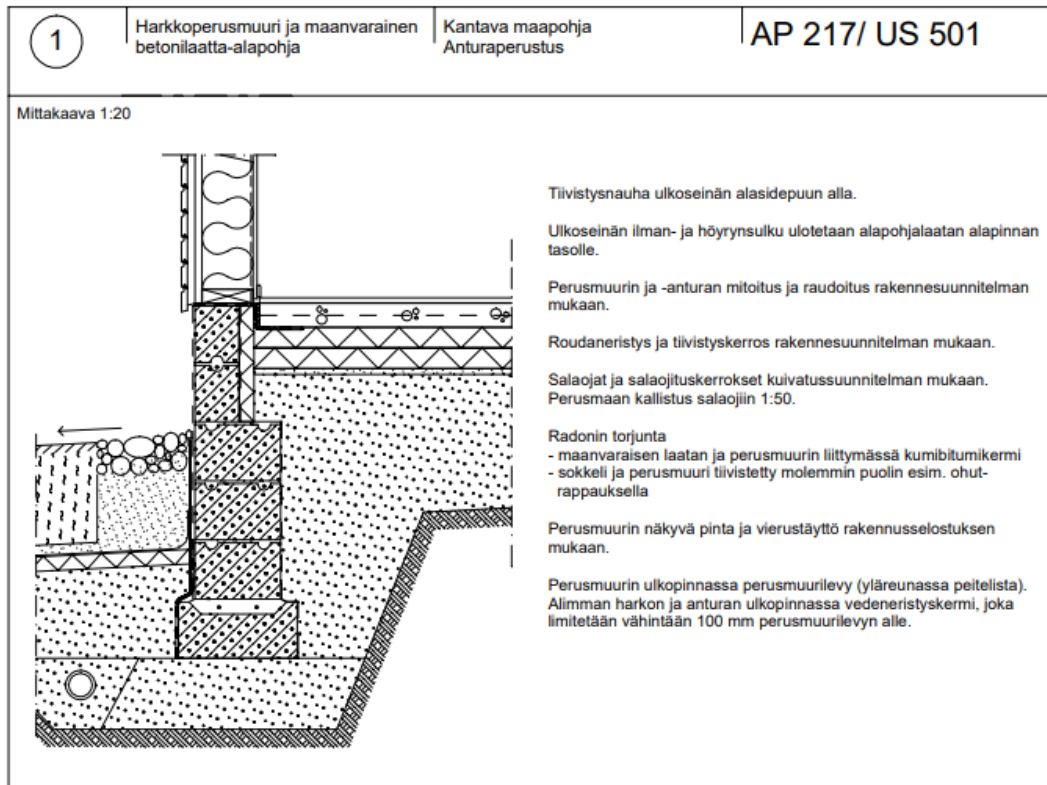
Kermien laatu ja määrä valitaan katon kaltevuuden mukaan. Vesikate voi olla myös esimerkiksi kone-saumattu peltikate, muotolevy- tai tiilikate. Vesikaton kaltevuus ja alusrakenteet suunnitellaan valitun katteen mukaan.

Lämmöneristeen painuminen otettava huomioon eristeen asennuksessa (asennuspaksuus n. 20 % nimellispaksuutta suurempi). Jos lämmöneristeenä käytetään mineraalivillaa, määritetään eristys-paksuus käytettävän tuotteen lambda-arvon ja valmistajan ohjeiden mukaan.

Kattoristikoiden alapaarteeseen kiinnitetty rakennuslevy tukee lämmöneristettä sekä ilman- ja höyrynsulkuja. Ilman- ja höyrynsulun jatkokset limitetään ja sijoitetaan alapaarteen kohdalle.

Ks. myös taulukko 1.

KUVA 3. Esimerkki suositusta yläpohjarakenteesta (RT 82-11010 2010, 19.)



KUVA 4. Esimerkki paljon käytetystä alapohja- ja perustusratkaisusta (RT 81-10854 2005, 4.)

3.3 Materiaalilisät ja -hukat

Yksi keskeisimmistä materiaalilaskennan käsitteistä on materiaalihukka. Tämänkin työn tavoitteena on tuottaa tarkkoja materiaalmääriä, jotta vältetään rakentamisvaiheen ylimääräisistä tilauksista aiheutuvat kustannukset. Tämän työn kannalta keskeisiä hukkaprocentteja on esitelty esimerkinomaisesti taulukoissa 1 ja 2.

Materiaalilisän ja -hukan muodostumisen syitä on useita. Menetelmällisellä tarkoitetaan työjärjestyksestä, tai -menetelmästä johtuvaa lisää, jonka vähentämiseen ei juurikaan voida vaikuttaa työn suunnittelutoimenpiteillä. Materiaaleja voidaan joutua teknisistä syistä limittämään, leikkaamaan tarvittaviin mittoihin tai käyttämään asennusaikaisina tukina, jolloin syntyy materiaalihukkaa. Työvaihelisät syntyvät virheellisten työsuoritusten seurauksena. Rakenteeseen voidaan esi-

merkiksi asentaa suunniteltua pidemmät raudoitteet tai anturaan voi kulua ylimääräistä betonia maapohjan epätasaisuuksien vuoksi. Työmaalisät syntyvät, kun työmaalle tilataan ylimääräistä materiaalia tai sitä rikkoutuu ja häviää varastoinnissa, siirroissa tai käytössä. Rakennusmateriaalien turmeltuminen varastoinnissa johtuu usein sen puutteellisesta suojaamisesta vaihtuvilta sääolosuhteilta. (Ratu 1191-S 2000, 2–4.)

Materiaalihukkien vähentämisessä merkittävä osuus on suunnittelulla; rakenteet suunnitellaan sellaisiksi, että rakennuksen runko saadaan mahdollisimman nopeasti vesikattovaiheeseen, jolloin vältytään sääolosuhteiden vaikutuksilta. Moduulimittoja käyttäen voidaan käyttää myös vakiokokoisia rakennusmateriaaleja, jolloin hukkaa syntyy vähemmän. Määrälaskennan tarkkuudella sekä tilausten sisällön oikeellisuudella ja oikeasuhtaisella ajoittamisella voidaan vaikuttaa hukan syntymiseen. Työnaikaisella suunnittelulla eli menetelmävalinnoilla, työntekijöiden ohjauksella ja materiaalin uudelleenkäytöllä voidaan myös vaikuttaa materiaalihukkaan. Yleisimmin käytetty materiaalisä on noin 5–15 prosenttia. (Ratu 1191-S 2000, 4–7.)

TAULUKKO 1. Puutavaran materiaalisät (Ratu 1191-S 2000, 11.)

Taulukko 4. Puutavaran materiaalisät.

Rakennepuutavara	Materiaalisä
Puurunko	5...13 %
Verhoukset	4...16.%

TAULUKKO 2. Betonin materiaalisät (Ratu 1191-S 2000, 11.)

Taulukko 2. Betonin materiaalisät.

Rakennusosat	Materiaalisä
Antura ja perusmuuri	5...10 %
Seinät ja laatta	5...12 %

3.4 Pientalotyömaan tarpeet rakentajan näkökulmasta

Parhaita asiantuntijoita materiaalilaskennassa ovat sellaiset henkilöt, jotka tekevät tätä työssään jatkuvasti. Haastattelin kahta urakoitsijaa, joilla on ensikäden tietoa ja kokemusta pientalotyömaan materiaalilauksista ja -tarpeista (Liite 2). Haastattelut suoritettiin ajankohtana, jolloin materiaalilaskentatyökalu oli tehty valmiiksi, ja sen toimintaperiaatteita sekä materiaalmäärien tulostussivuja esiteltiin urakoitsijoille. Haastattelu koski myös yleisesti pientalotyömaiden tarpeita. Tässä kappaleessa on tiivistelmä haastatteluissa ilmenneistä asioista ja kehitystoiveista. Haastateltavat olivat Rakkala Oy:n toimitusjohtaja Ville Raikamo sekä Rakennus Tevaniemi Oy:n toimitusjohtaja Samuel Tevaniemi.

Ajankohtaisia materiaaliin liittyviä haasteita ovat materiaalien suuret hinnannvaihtelut ja materiaalien saatavuus. Nämä yhdessä aiheuttavat aikataulupaineita ja -muutoksia työmaille toteutuksen suhteen. Materiaalin tilauksien ajankohdan kanssa täytyy myös olla hyvin tarkkana, jotta vältetään tiedossa olevista hinnannousuista johtuvat ylimääräiset kustannukset. Muita haasteita ovat suunnittelun huonous, josta esimerkkinä urakoitsija käytti käynnissä olevan kohteen kipsilevyjen tilausta. Huonekorkeus oli vain hiukan yli kolme metriä, ja urakoitsijan mielestä suunnittelijan olisi täytynyt ottaa suunnittelussa huomioon saatavilla olevien rakennustarvikkeiden koko. Materiaalitilausten aikataulutusta ja sopiva jäsentely työmaan varastointitilat ja logistiikka huomioon ottaen ovat myös haasteellisia. Tähän liittyen urakoitsijoilta tuli toive aikataulusarakkeen lisäämisestä Excel-työkirjaan ja kysymys mahdollisuuksista jäsenellä materiaaliluettelo tilauskerroittain.

Lopullisten materiaalitaulukoiden esittelyn yhteydessä kysyttiin urakoitsijoilta tarkoituksenmukaisista materiaalmäärien toimitusmuodoista. Urakoitsijat olivat tyytyväisiä tuotekokojen vaihtomahdollisuudesta ja toimitusmuodoista. Oli hyvä, että neliömäärien lisäksi tuotteen valitsemalla saa kappale- tai metrimäärät tulostettuihin. Puutteeksi he näkivät sen, että runkotavaroista ei saanut suoraan kappalemääriä. Tämä tullaan huomioimaan työkalun jatkojalostuksessa. Rakennusai-

neen sijainnin ja käyttötarkoituksen urakoitsijat osasivat päätellä hyvin ja tarpeeksi tarkasti nimen, INSPE-luokituksen, ja elementin ID:n avulla. Näistä asioista kerrotaan lisää kappaleessa 4.3.

Taulukoinnin ulkoasulla ja yksinkertaisuudella nähtiin suuri merkitys sen hahmotamisessa ja käytettävyydessä. Urakoitsijoiden mielestä olisi tarpeellista pitää taulukointi ja alavetovalikot melko typistettyinä, eikä esimerkiksi lisätä eri pienalotyypeissä käytettäviä tuotteita.

Aloituspohjaan lisättävien rakennetyyppien kartoittamiseksi käytiin urakoitsijoiden kanssa läpi käytetyimpiä rakennetyyppejä, ja ne osoittautuivat samoiksi, joita tässä luvussa on aiemmin esitelty. Materiaalilauksissa käytettävät hukkaprosentit olivat hiukan tuotteesta riippuen noin 10 prosenttia. Muita ajatuksia hukkaan liittyen herättivät puiden katkaisupituudet ja niistä syntyvä hukka. Esimerkiksi katon koolauksessa saattaa syntyä suurehkoja hukkapätkiä k-jaon ollessa suuri. Eduksi materiaalitaulukolle urakoitsijat laskivat sen, että materiaalitaulukko tulee suoraan rakennesuunnittelijalta, joka on perehtynyt kohteen materiaaleihin selkeästi eniten ennen rakentamisen aloittamista.

4 MÄÄRÄLASKENTATYÖKALU

4.1 Käsitteet

Tekstin ymmärtämisen ja tekstissä kerrottujen asioiden yksikäsitteisyyden saavuttamiseksi on tärkeää tietää mitä eri käsitteillä tarkoitetaan. Tässä luvussa on kerrottu auki käsitteet, joita tekstissä käytetään ja jotka on hyvä ymmärtää. Käsitteet koskevat viimeistä lukuun ottamatta ArchiCADiä.

Taso	Tason valinnalla määritetään se, missä näkymissä rakenneosat tai objektit näkyvät
Näkymä	Valinta, jolla määritetään näkyvät tasot
Elementtityyppi	Esimerkiksi katto, seinä, tai muunne
Rakennusaine	Rakennusaineelle voidaan määrittää useita eri ominaisuuksia
Rakennetyyppi	Koostuu rakennusaineista
Luokitus	Luokitukset jäsentää rakennusaineita ja objekteja
Ryhmittäminen	Eri rakenneosia voidaan ryhmittää, jolloin niiden valinta yhdessä muokkausta varten helpottuu
Aloituspohja	ArchiCAD-suunnittelumallin lähtökohta, jota voidaan muokata käyttäjän tarpeiden mukaan
Prioriteetti	Rakennusaineen vahvuus suhteessa toisiin rakennusaineisiin
Attribuutti	Yleisnimitys suunnittelumallin muuttujille

Poikkileikkaus	Monimutkaisen muodon omaava rakennetyyppi
Solu	Excel-työkirjan yksikkö, johon voi syöttää lukuja, tekstiä tai kaavoja

4.2 Käytetyt ohjelmistot

4.2.1 ArchiCAD

ArchiCAD on Unkarilaisen Graphisoftin, alun perin rakennussuunnitteluun kehitettyä BIM-ohjelmisto. ArchiCADissa mallinnettava rakennus on yksi tiedosto, joka sisältää kaikki tarvittavat piirustukset ja esimerkiksi määräluetteloita. Suunnittelijan luodessa kolmiulotteista mallia, muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin dynaamisiin piirustuksiin, joka vähentää paljon virheitä. Mallintaminen perustuu parametrisiin rakennusosiin, jotka liittyvät toisiinsa ja niiden muokkaaminen onnistuu 2D- ja 3D-ympäristössä. Kuvassa 5 on esitelty esimerkki rakennussuunnittelukohteesta ArchiCADilla. (ArchiCAD, Nordic BIM Group Oy n.d.)

ArchiCAD ottaa huomioon koko ajan paremmin myös rakennesuunnittelijan tarpeet, ja on luonut lisäosan esimerkiksi puurakentamiseen. Archriframella puurakennesuunnitelmat voidaan jalostaa aina CNC-koodiksi asti. ArchiCADin uusiin ominaisuuksiin kuuluu myös muun muassa integroitu rakenneanalyysimalli, jonka voi jakaa yhteensopiviin analyysiohjelmiin. (ArchiCAD, Nordic BIM Group Oy n.d.)



KUVA 5. Esimerkki rakennussuunnittelukohteesta ArchiCADillä

4.2.2 Excel

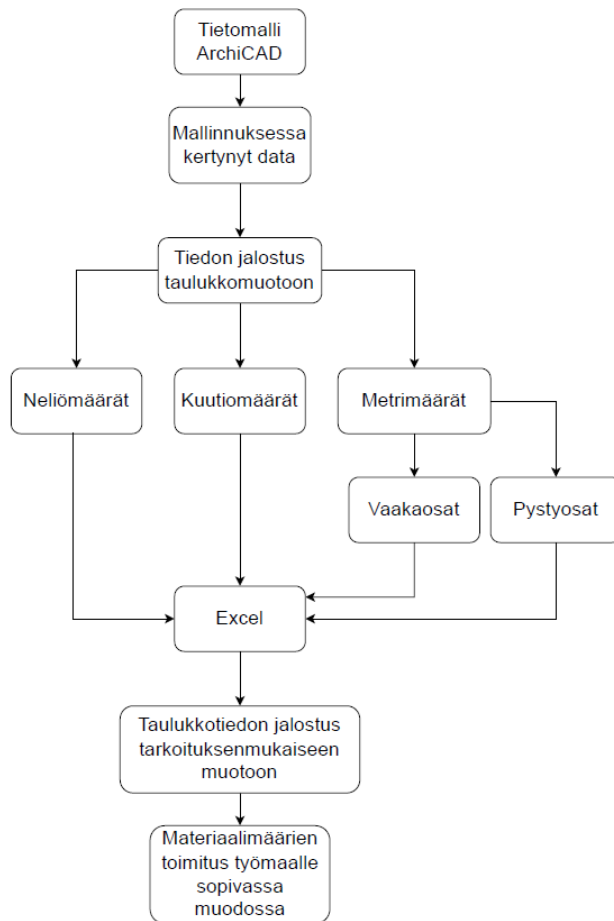
Excel on Microsoftin kehittämä taulukkolaskentaohjelma. Exceliä voi hyödyntää parhaiten silloin, kun käsiteltävää tietoa on paljon, ja sitä tarvitsee jäsentää tai jatkojalostaa. Sen avulla voidaan tehdä laskutoimituksia ja seurata dataa. Excelin toiminta perustuu riveihin ja sarakkeisiin ryhmiteltyihin soluihin, joihin voidaan syöttää erilaista tietoa; lukuja, tekstiä tai kaavoja (kuva 6). Solujen sisältämaa tietoa voidaan edelleen suodattaa, lajitella, laskea yhteen ja niin edelleen. Taulukon ulkoasua voi myös muokata lähes rajattomasti. Excelissä voi suorittaa myös ohjelmointia Visual Basic for Application (VBA) -sovelluksen avulla, jolla voidaan automatisoida tehtäviä. (Microsoft n.d.)

Elementin ID	Luokitus INSP - 01	Nimi	Rakennek- errosken paksuus	Projisoidun rakenneseosan/ rakennekerro- ksen pinta- ala	Valitse hukka	K-jako/hyötyveveys	Puun koko	Metriä	Tuote/tuotteen koko	Pyörästetty	Kappalemäärä	Yksikkö	Betonilaastimenekki	Yksikkö
AR	Alakatto	Harvakaudoitus	20	81,4767	10%	k100	- jx95	890,2				metriä		
AR	Alakatto	Koolaus	22	162,9534	10%	k400	48x48	448,1				metriä		
AR	Alakatto	Pakosuojetus	18	81,3524	10%				1200x2700			21 kpl		
AR	Alapohja	Eriste - EPS 100 lattia	100	269,2926	10%				1000x1200			247 kpl		
AR	Eristys, perustukset	Eriste - EPS pysty	50	46,4704	10%				1000x1200			43 kpl		
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	25	90,0426	10%				1200x2700			31 kpl		
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	30	2,9796	10%				1200x2700			2 kpl		
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali pehmeä	148	53,5171	10%				500x1170			90 kpl		
AR	Kylmä seinä	Kipsilevy	13	53,0736	10%				1200x2700			19 kpl		
AR	Kylmä seinä	Koolaus	22	271,1429	10%	k600	22x100	497,1				metriä		
AR	Kylmä seinä	Palonsuojalevy	30	9,1804	10%				1200x2700			4 kpl		
AR	Kylmä seinä	Yläinen - ulkoverhous - pysty	20	132,3413	10%	85mm	20x95	1712,7				metriä		
AR	Sisäkatto	Kipsilevy	13	134,5373	10%				1200x3000			42 kpl		
AR	Sisäkatto	Koolaus	48	134,5373	10%	k400	48x48	370,0				metriä		
AR	Sokkeli	RUH-200	200	47,2704	10%				RUH-200			434 kpl	1083,28 kg	
AR	Sokkeli	UH-150	150	19,1665	10%				UH-150			176 kpl	263,539376 kg	
AR	Terrassi	Puu - lattia	28	70,2199	10%	k150	28x145	514,9				metriä		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	25	115,5207	10%							m2		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	30	59,5033	10%							m2		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä	198	100,7262	10%							m2		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä + koolaus	48	114,1419	10%	k600	48x48	209,3	560x670			236 metriä/kpl		

KUVA 6. Esimerkki laskentataulukosta

4.3 Prosessin kuvaus ja ohjeistus

Alkuajatuksena on tehdä työkalusta yksinkertainen ja helposti muokattava. Myös sen jatkojalostus muiden pientalotyyppien materiaalilaskentaan soveltuvaksi tulisi tehdä helpoksi. Mallinnuskulttuuri ja -tavat ovat Inspe Oy:llä melko vakioituja ja hyväksi todettuja, joten suuria muutoksia kehitettävä työkalu ei saisi niihin aiheuttaa. Suunnittelumalli yritetään pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja ensisijaisesti rakennesuunnitelmia palvelevana. Materiaalilaskentatyökalu on tarkoitus kehittää vallitseviin tapoihin ja aloituspohjaan sisäänrakennetuksi, jotta sen laatimisesta ei aiheudu kohtuutonta vaivaa. Kuviossa 7 on esitetty materiaalilaskentatyökalun yksinkertaistettu periaate, josta voidaan havaita, että ArchiCADin osuus materiaalilaskennasta on tuottaa rakennesuunnittelun aikana kertyvät materiaalitaulukot, jonka jälkeen kehitettyä Excel-työkirjaa käyttäen jalostetaan kertynyt raakadata haluttuun muotoon. Materiaalilaskentatyökalun luomisen apuna käytetään esimerkikohdetta, jolloin sen toimivuutta voidaan tarkastella kokeellisesti ja reaaliajassa. Huomio pidetään kuitenkin siinä, että työkalun toiminta ei saa häiriintyä rakenteiden muuttuessa.



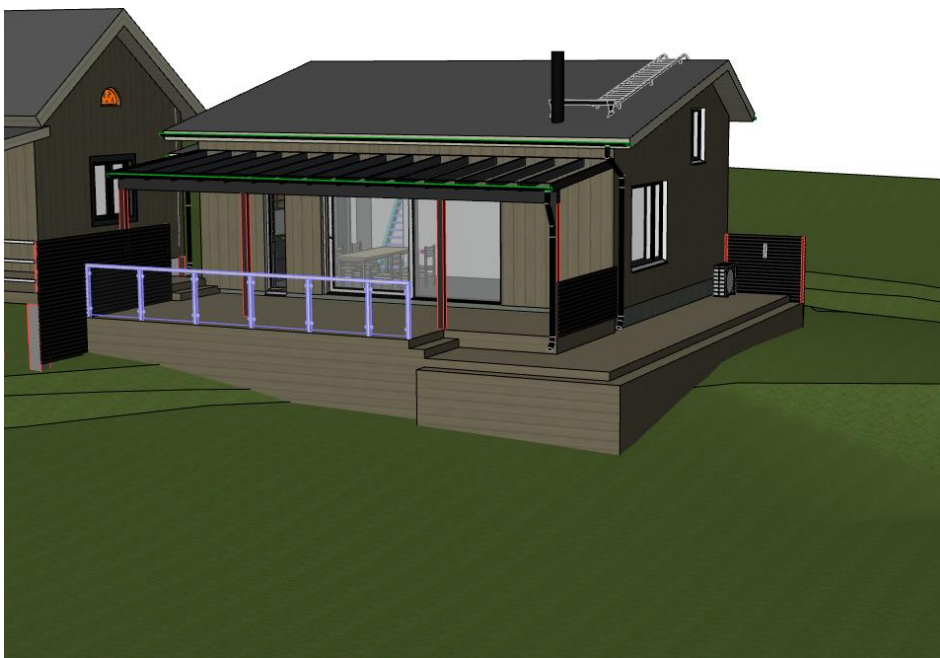
KUVIO 7. Materiaalilaskentatyökalun toimintaperiaate pähkinänkuoressa

4.3.1 Tietomallintaminen

YTV2012 seitsemännessä osassa määritellään ohjeistukset ja vaatimukset tietomallipohjaiseen määrälaskentaan, joita tulee noudattaa. Toimivan materiaalilaskentatyökalun lähtökohta ja edellytys on riittävällä tarkkuudella ja oikein laadittu suunnittelumalli. Pientalosuunnittelussa tietomallinnus ja tietomallien jakaminen eri suunnittelualojen välillä on monilta osin tehotonta ja toimimatonta, eikä sitä tehdä juurikaan. RT-ohjekortti listaa neljä eri tietomallintamisen laajuutta, joista suppeaa se kuvaa näin; ”Jos tietomallintaminen keskittyy ainoastaan yhteen hankesapuoleen, esimerkiksi rakennussuunnitteluun, ei mallintamisesta koidu laajempaa hyötyä koko hanketta ajatellen. Mallintamisen tavoitteena on silloin yhden suunnittelualan oman työskentelyn tehostaminen ja sisäinen systematisointi, joka sekin yleensä on tekijälleen hyödyllistä” (RT 10-10992 2010, 3.). Tämä kuvaa

hyvin pientalosuunnittelussa vallitsevaa tilannetta. Kuitenkin alati lisääntyvä tietomallintaminen rakennusalalla yleisesti on havaittavissa myös pientaloissa, ja kehitys niiden hyödyntämisen määrässä on nopeaa. Tietomallien käytön lisääntymässä myös niiden käyttö eri suunnittelualojen välillä tulee entistä paremmaksi.

Puurunkoisen pientalon suunnittelun lähtökohtana on siis useimmiten 2D-lupakuvat, jolloin rakennesuunnittelu alkaa talon arkkitehtuurin mallintamisella (kuva 7). Mallintaminen tapahtuu käyttäen lupavaiheessa valittuja rakennetyyppejä ja -ratkaisuja. Käytäntö kuitenkin osoittaa, että talon arkkitehtuuriinkin vaikuttavat suunnitelmat usein muuttuvat rakennesuunnitteluvaiheessa, ja tästä loogisesta syystä tarkempi materiaalilaskenta on hyvä ja tarkoituksenmukainen suorittaa rakennesuunnittelun yhteydessä. Jos arkkitehtimalli luodaan ainoastaan palvelemaan sen sisään rakennettavaa rakennemallia, kannattaa mallien mittatarkkuudessa käyttää yleisten tietomallivaatimusten rakennusosamallivaatimusten mukaisia ohjeita. Tällöin esimerkiksi ikkunoiden sovitukset on huomioitava, eikä nimellismittoja saa käyttää.

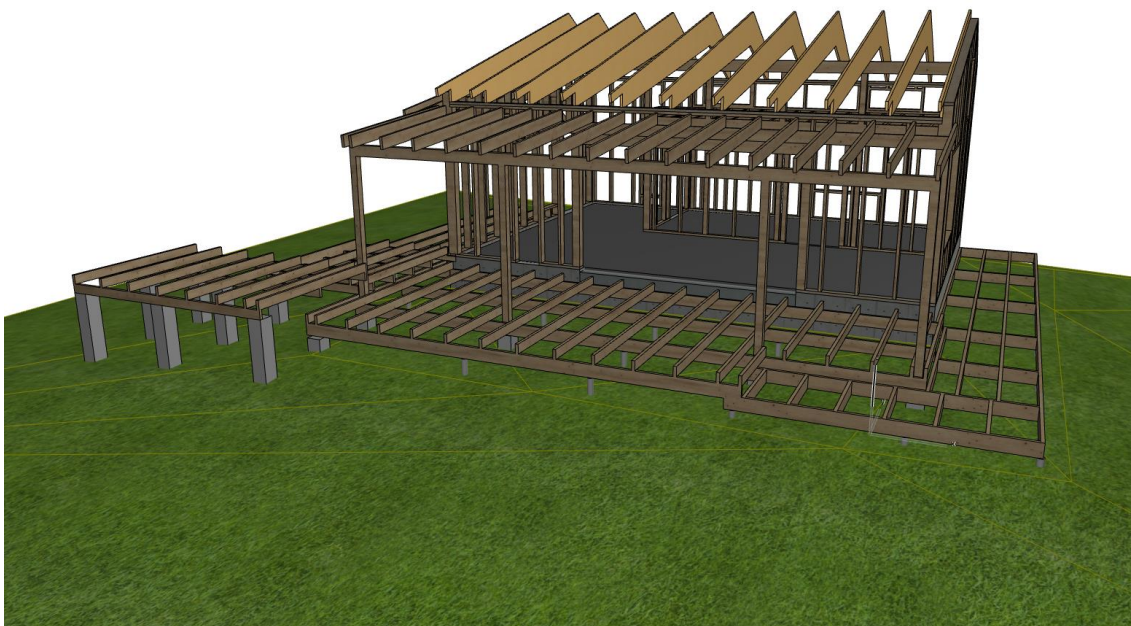


KUVA 7. Arkkitehtimalli

Yleisten tietomallivaatimusten osassa viisi annetaan ohje rakenteiden mallintamiseen; kaikki rakenneosat tulee mallintaa siihen tarkoitettulla työkalulla. Seinä

mallinnetaan seinätyökälulla, palkki palkkityökälulla ja niin edelleen. Lisäksi vaatimuksena on se, että rakennemalliin mallinnetaan kaikki kantavat rakenteet, sekä ei kantavat betonirakenteet. Näitä ohjeita tulee noudattaa. (RT 10-11070 2012, 5–6.)

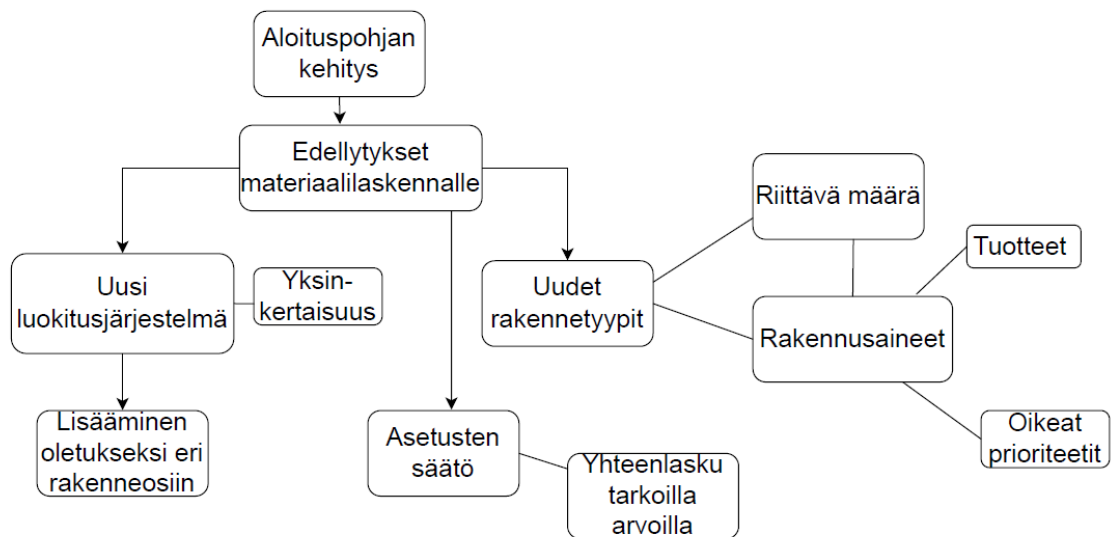
Puurunkoisen pientalon tietomallintaminen rakennesuunnitteluvaiheessa tarkoittaa Inspe Oy:llä mitoitettujen kantavan puurungon ja perustusten tarkkaa 3D-mallintamista aiemmin laaditun tai saadun arkkitehtimallin sisään. Esimerkki rakennemallista on esitelty kuvassa 8. Kantavan rungon mallinnus ja mitoitus kulkevat rinnakkain mallia tehdessä. ArchiCADin elementtiluettelot- tai nimikkeet-työkälulla tarkasti mallinnetun rungon materiaalilistaus onnistuu melko vaivattomasti myös pelkästään ArchiCADiä käyttäen. Esimerkiksi koolauspuita tai terassilautoja ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista mallintaa, jolloin niiden metrimääriä ei saada suoraan taulukoitua ArchiCADin ominaisuuksilla, vaan tähän tarvitaan laskentataulukkoa.



KUVA 8. Rakennemalli

4.3.2 ArchiCAD aloituspohjan kehittäminen ja mallinnusohjeet

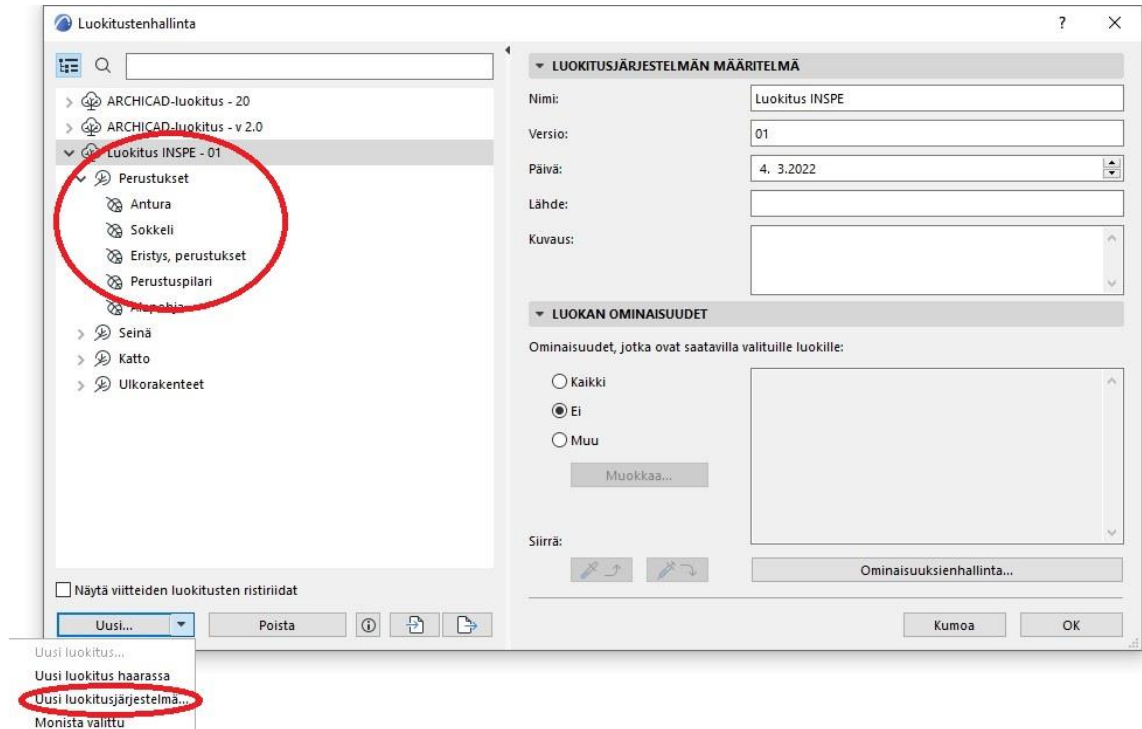
Tavoitteena on se, että materiaalitaulukot koostuvat mallia tehdessä automaattisesti, ja riittää, että ne suunnittelun valmistuessa tulostaa Excel-työkirjoiksi ja sijoittaa tässä työssä kehitettyyn laskentapohjaan. Materiaaliluettelot vaativat sujuvasti ja oikealla tavalla toimiakseen siihen soveltuvan aloituspohjan. Inspe Oy:llä on käytössä kauan paranneltu ja hyvin rakennesuunnitteluun sopiva aloituspohja, jota käytetään myös pohjana uusien materiaalitaulukoiden ja päivitysten tekemiseen. Aloituspohja tarvitsee kuitenkin joitakin lisäyksiä ja päivityksiä, jotta suunnitellut materiaaliluettelot toimivat tarkoitusta vastaavalla tavalla. Kuviossa 8 on esitetty aloituspohjan kehittäminen pähkinänkuoressa.



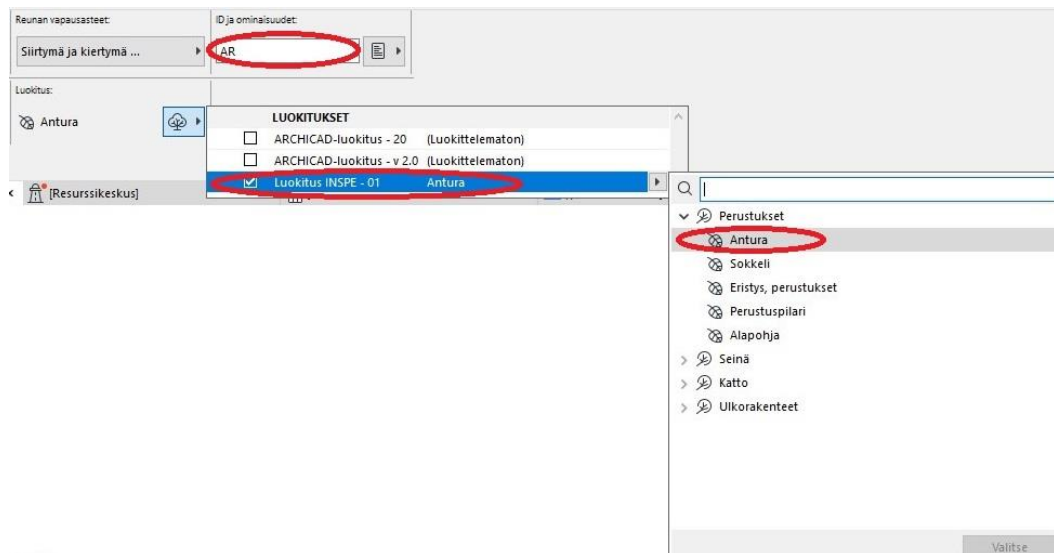
KUVIO 8. Aloituspohjan kehittämisen prosessi

ArchiCADin aloituspohjassa on valmiina erilaisia luokituksia, mutta näiden lisäksi tehdään uusi INSPE-luokitus (kuva 9). INSPE-luokituksen tarkoituksena on paikallistaa rakennusosan tai -aineen paikka riittävällä ja hahmotettavalla tarkkuudella kertyneen datan myöhempää jalostusta varten. Samaa rakennusainetta, esimerkiksi "koolaus" samalla rakennekerroksen paksuudella saattaa olla useassa eri rakennetyypissä tai rakenneosassa, jotka täytyy saada eroteltua. INSPE-luokitus voi olla esimerkiksi "kylmä seinä" tai "sokkeli". Myös valmiissa luokituksissa on samoja elementtejä, mutta uusi luokitusjärjestelmä luotiin yhden yrityksen käyttöön, jolloin siellä ei ole ylimääräisiä valintavaihtoehtoja, ja sitä on selkeämpi käyttää. INSPE-luokitus lisätään aloituspohjan eri rakenneosiin valmiiksi

parhaan arvauksen mukaan. Jos rakenneosaa tarvitsee paikallistaa lisäksi esimerkiksi eri rakennukseen, tähän tarkoitukseen käytetään elementin ID-jäsenystä (kuva 10).



KUVA 9. Uuden luokitusjärjestelmän luominen

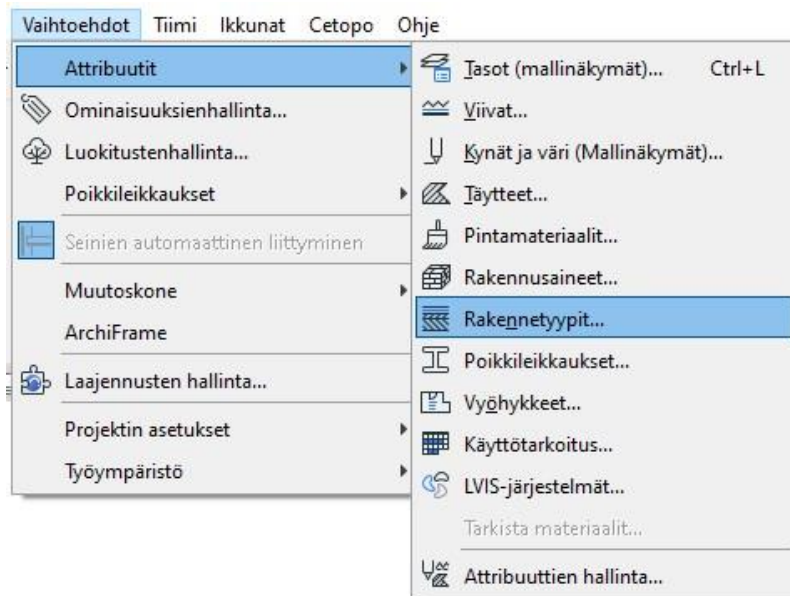


KUVA 10. INSPE-luokituksen ja elementin ID:n lisääminen

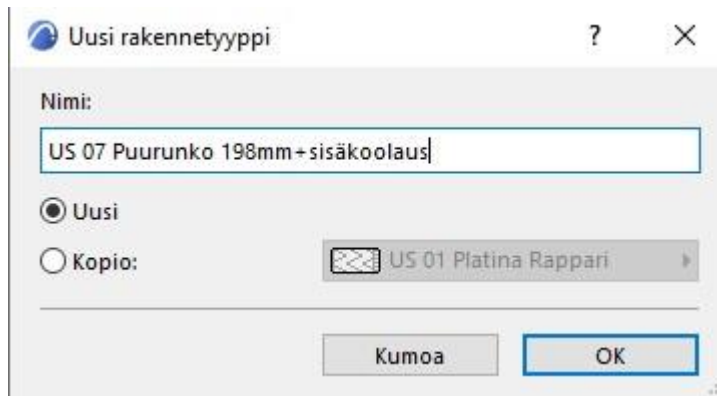
Yrityksen aiemman taustan vuoksi aloituspohjan rakennusaineet ja rakennetyypit koskevat lähinnä kivrakentamista. On siis tarkoituksenmukaista lisätä aloituspohjaan puurakentamisessa yleisimmin käytettyjä ja helposti tarpeen mukaan

muokattavia rakennetyyppejä ja rakennusaineita, joita on esitelty luvussa 3.2 (kuvat 2,3 ja 4). Tietomallipohjainen materiaalilaskenta perustuu osittain tuotteisiin, joten niiden lisäys on myös tarpeellista.

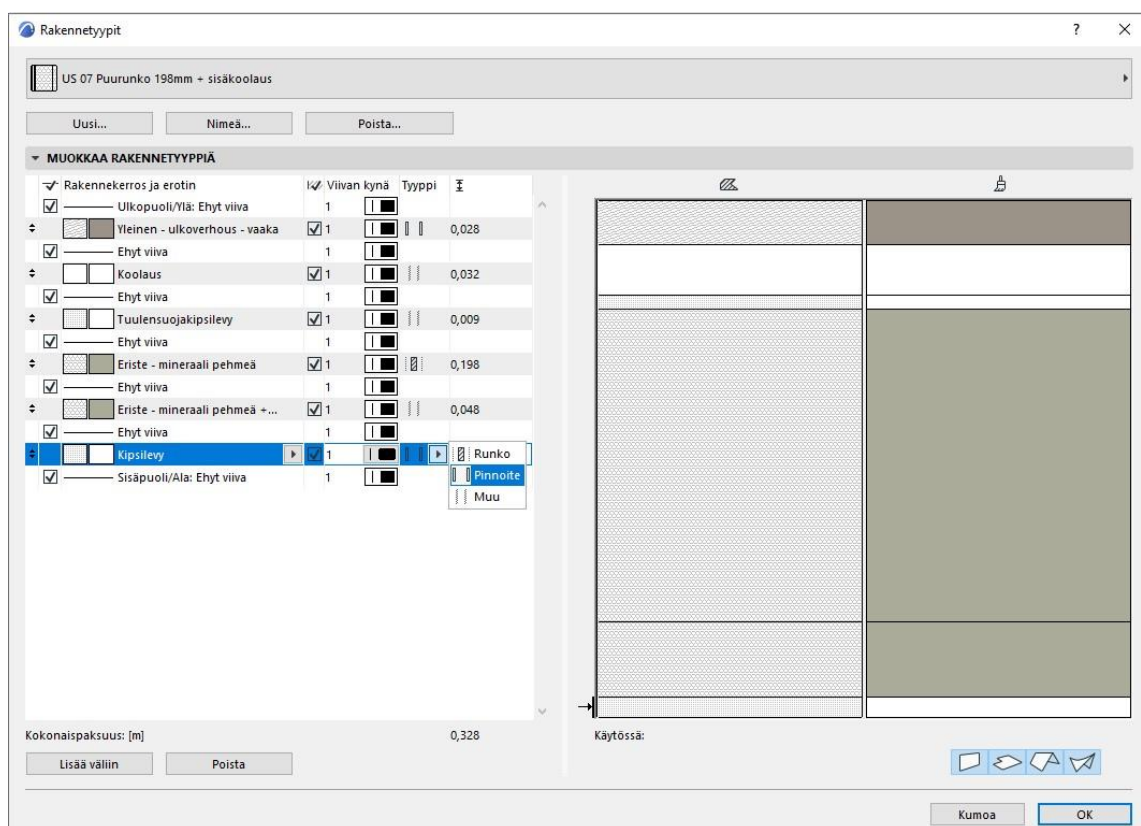
Rakennetyyppiä lisättäessä valitaan yläriviltä *vaihtoehdot*, josta aukeaa *attribuutit* ja *rakennetyypit* (kuva 11). Lisätään uusi rakennetyyppi valitsemalla *uusi* tai *kopio* (kuva 12), jonka jälkeen valitaan rakennekerrokset ja paksuudet, viivanpaksuudet ja tyypeistä *runko*, *pinnoite* tai *muu* esimerkiksi kuvan 13 mukaan. Rakennekerroksille valittava tyyppi vaikuttaa eri näkymissä näkymiseen, ja ne tulee valita oikein aloituspohjan logiikan mukaan. Rakennetyypin luonnin edellytys on tarkoituksenmukaiset rakennusaineet oikeilla prioriteeteilla. Prioriteettien tulee olla oikeassa järjestyksessä, jotta rakennetyyppi osaa yhdistyä oikealla tavalla ja materiaalmäärien lopulliseen tulosteeseen vaikuttavat neliömäärät ovat oikeita.



KUVA 11. Rakennetyypin luonti

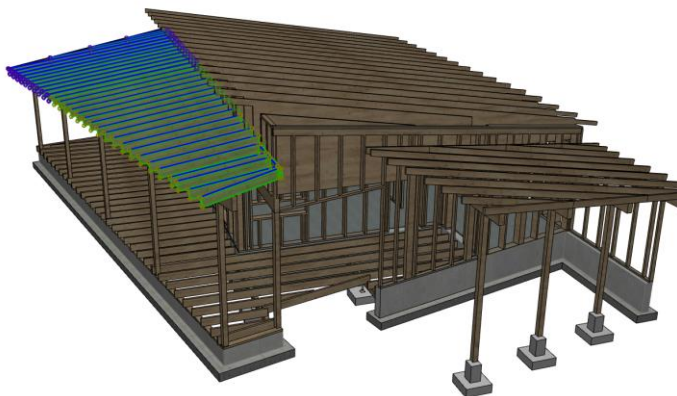


KUVA 12. Rakennetyypin luonti



KUVA 13. Esimerkki rakennetyypistä

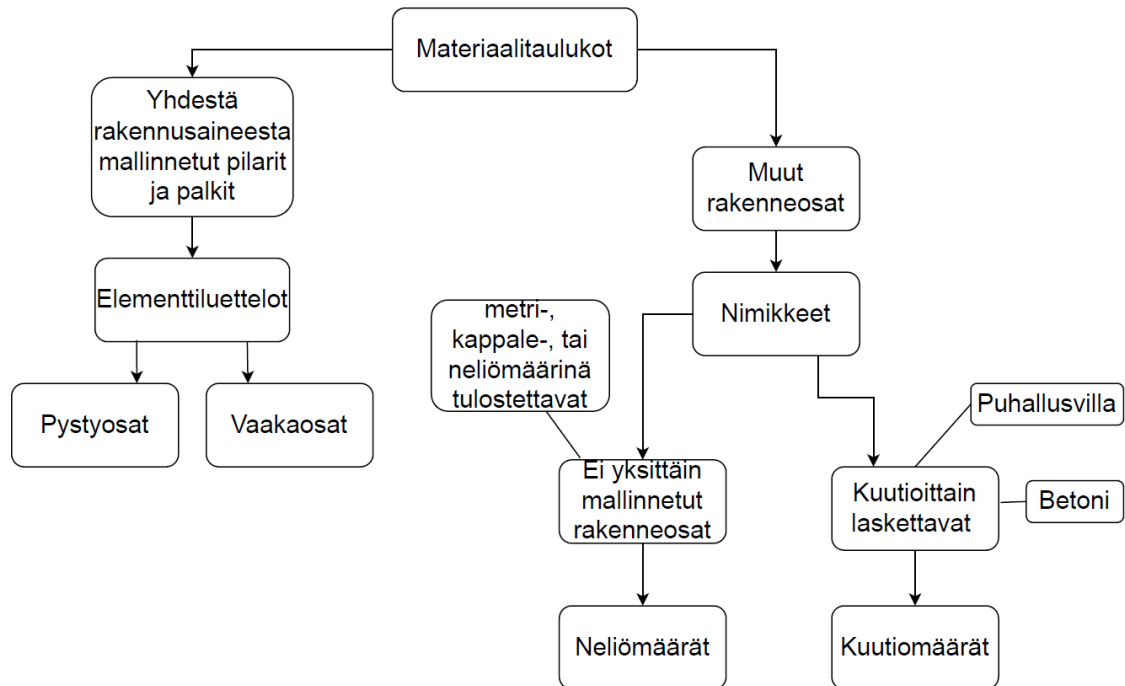
Mallinnusteknisesti suurin hyöty tulee rakenneosien ja objektien johdonmukaisesta ryhmittämisestä, joka helpottaa huomattavasti rakenneosien muokkaamista, siirtämisestä ja esimerkiksi luokituksen tai rakennusaineen vaihtamista (kuva 14). Etenkin puurunkoa suunniteltaessa ryhmittäminen on kannattavaa tehdä oikein, koska rakenneosien määrä on suuri. Rakenneosien mallinnuksessa tulee noudattaa yksinkertaisuuden ja helppouden periaatetta. Poikkileikkausten käyttö ei esimerkiksi ole yrityksessä vallitsevien vakiintuneiden käytäntöjen mukaista, joten niiden käyttö on rajattu pois.



KUVA 14. Rakenneosien ryhmitys

4.3.3 Materiaalitalukoiden luonti ArchiCADissä

Aiempien kokemusten perusteella materiaalitalukot tulee pitää yksinkertaisena, jolloin uusien rakennusaineiden luonti tai muut aloituspohjan logiikkaa noudattelevat muutokset eivät aiheuta materiaalitalukon rikkoutumista. Tästä seuraa väistämättä se, että tulostettavia taulukoita tulee olemaan useampia. Useiden taulukoiden luontia puoltaa myös se, että niiden tulostaminen Excel-työkirjoiksi ja lisääminen varsinaiseen laskentatyöpohjaan on melko vaivatonta ja nopeaa. Työssä päädyttiin tekemään neljä eri taulukkoa kahdella eri taulukot-työkalulla (kuvio 9). Nimikkeet-työkalua käytetään neliö- ja kuutiomäärätaulukon luomiseen, ja elementtiluettelot-työkalua pysty- ja vaakaosat-taulukoiden tekemiseen. Nimikkeet-työkalun käyttö on edullista silloin, kun saman rakennetyypin sisältämiä rakennusaineita tarvitsee erotella toisistaan omiksi riveikseen taulukkoon.



KUVIO 9. Vuo-kaavio materiaalitalukoiden luonnin logiikasta

Pysty- ja vaakaosat listataan elementtiluetteloita käyttäen. Elementtiluettelon koostuu pilareista ja palkeista, ja tarpeen mukaan voidaan suodattaa joitakin rakenneosia taulukosta pois. Elementtiluettelot pidetään yksinkertaisina.

Kuutiomääriä tarvitaan ainoastaan betonia tai puhallusvillaa tilattaessa, joten kuutiomäärät-taulukon toimintaperiaate on myös melko yksinkertainen; taulukko listaa valittujen rakennusaineiden (eri betoni- ja puhallusvillalaaadut) kuutiomäärät ja rakennekerrosten paksuudet valituilta tasoilta ja valituista elementtityypeistä (kuva 15). Kuutiomäärätaulukko ei siis toteuta alussa asetettua tavoitetta siitä, että uusien rakennusaineiden luonti ei aiheuttaisi taulukkoon muutoksia sen toimimiseksi. Tässä tapauksessa vain tiettyjen rakennusaineiden suodattaminen taulukkoon on kuitenkin perusteltua, sillä kokemuksen mukaan niitä ei tarvitse lisätä tai muokata juuri ollenkaan. Betoni- ja puhallusvillalaaatuja on melko vähän ja rakennusaineen luonti laatu rakennusaineen nimessä huomioon ottaen on helppoa. Kuutiomäärätaulukossa INSPE-luokitus ja elementin ID yhdessä rakennusaineen nimen kanssa muodostavat hahmotettavan kokonaisuuden ja materiaalitalukko on hukan huomiointia vaille valmis. Pilareiden ja palkkien sisältämää betonia ei oteta huomioon kuutiomäärätaulukossa, vaan betoni- tai laastimenekki listataan erikseen Excel-työkirjassa.

ATTRIBUUTTI / 001 KUUTIOMÄÄRÄT

	Attribuutti		Arvo		ja/tai
⇅	Elementtityyppi	on	Seinä	)	tai
⇅	Elementtityyppi	on	Laatta	)	tai
⇅	Elementtityyppi	on	Pilari	)	ja
⇅	Taso	on	RA121_PERUSTUS	)	tai
⇅	Taso	on	RA1211_ANTURA	)	tai
⇅	Taso	on	RA122_AP	)	tai
⇅	Taso	on	AR1236_YP	)	ja
⇅	Rakennusaine	on	Betoni - C30/37	)	tai
⇅	Rakennusaine	on	Betoni - Antura C25/30	)	tai
⇅	Rakennusaine	on	Betoni - C25/30	)	tai
⇅	Rakennusaine	on	Eriste - puhallusvilla - ontelo	)	tai
⇅	Rakennusaine	on	Eriste - puhallusvilla - tasainen)	

LASKETTAVAT TIEDOT / 001 KUUTIOMÄÄRÄT

	Nimi	
⇅	Emo ID	↓ Σ ↗
⇅	Luokitus INSPE - 01 (ID ja nimi)	↓
⇅	Nimi	↓
⇅	Rakennekerros/-osan tilavuus	↓
⇅	Rakennekerroksen paksuus	↓

Pidä taulukossa nimikkeet yhdessä

KUVA 15. Kuutiomäärätaulukon muuttujat

Taulukon luomisessa tulee kiinnittää erityistä huomiota taulukon pieniin muuttujiin; sulkeiden sijaintiin, *ja/tai*-käskyyn sekä lippu- ja summamerkin sijaintiin. Taulukon yksinkertaisen jatkojalostuksen mahdollistamiseksi on tärkeää luoda se niin, että tietyssä paikassa olevaa rakenneosaa kuvaavat muuttujat ovat yhdellä rivillä, ja eri rakennusaineiden samaa ominaisuutta kuvaavat muuttujat ovat yhdessä sarakkeessa (kuva 16, liite 3). Taulukolle määriteltävien ehtojen järjestyksellä voidaan vaikuttaa siihen, minkä mukaan listauksen järjestys tapahtuu. Ylim-

pänä oleva ehto määrittää ensisijaisen taulukointiperiaatteen; joko aakkosjärjestyksen tai pienimmästä suurimpaan-periaatteen. Kukin sarake toteuttaa edellä mainittuja periaatteita, ja listaus tapahtuu näistä lähtökohdista määritellen taulukon vasemmanpuoleisesta sarakkeesta lukusuuntaan.

Elementin ID	Luokitus INSPE - 01	Nimi	Rakennekerroksen paksuus	Projisoidun rakenneosan/rakennekerroksen pinta-ala
AR	Alakatto	Harvalaudoitus	20	81,4767
AR	Alakatto	Koolaus	22	162,9534
AR	Alakatto	Palosuojaus	18	61,3524
AR	Alapohja	Eriste - EPS 100 lattia	100	269,2926
AR	Eristys, perustukset	Eriste - EPS pysty	50	46,4704
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	25	90,0426
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	30	2,9766
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali pehmeä	148	53,5171
AR	Kylmä seinä	Kipsilevy	13	53,0736
AR	Kylmä seinä	Koolaus	22	271,1429
AR	Kylmä seinä	Palonsuojalevy	30	9,1804
AR	Kylmä seinä	Yleinen - ulkoverhous - pysty	20	132,3413
AR	Sisäkatto	Kipsilevy	13	134,5373
AR	Sisäkatto	Koolaus	48	134,5373
AR	Sokkeli	RUH-200	200	47,2704
AR	Sokkeli	UH-150	150	19,1665
AR	Terassi	Puu - lattia	28	70,2066
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	25	115,5207
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	30	59,5033
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä	198	100,7262
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä + kool...	48	114,3300
AR	Ulkoseinä	Kipsilevy	13	112,3877
AR	Ulkoseinä	Koolaus	22	350,1772
AR	Ulkoseinä	Yleinen - ulkoverhous - pysty	20	174,9116

KUVA 16. Taulukoinnin periaate

Tässä kappaleessa käydään neliömäärät-taulukon luominen läpi yksityiskohtaisesti ja esimerkinomaisesti (kuva 17). Samat yleisperiaatteet sopivat muidenkin taulukoiden luomiseen.

1. Valitaan *nimikkeet*-työkalun kohdalta hiiren toisella painikkeella *uusi taulukko*.
2. Valitaan taulukolle ID ja nimi, sekä valitaan lähtötilanne; aloitetaanko taulukon luominen tyhjästä vai kopioidaanko jokin valmis taulukko.
3. Valitaan taulukon ehdoista listaukseen mukaan haluttavat elementtityypit, eli tässä tapauksessa seinä, laatta ja katto.
4. Valitaan kuutiomääriin kuuluvat tai muusta syystä pois jätettävät rakennusaineet tai rakennetyypit, tässä tapauksessa puhallusvillat, betonit ja muunteet.
5. Siirrytään laskettavat tiedot välilehdelle ja valitaan rakenneosan sijainnin ja hahmotettavuuden kannalta olennaiset kentät; *Elementin ID*, *INSPE-luokitus* sekä *nimi*.

6. Valitaan laskettavat tiedot välilehdeltä lisäksi jatkojalostuksen kannalta olennaiset muuttujat; *rakennekerroksen paksuus ja projisoidun rakenneosan/rakennekerroksen pinta-ala*.

▼ ATTRIBUUTTI / 002 NELIÖMÄÄRÄT

(	Attribuutti	Arvo	)	ja/tai
↕	Elementtityyppi	on	Seinä	tai
↕	Elementtityyppi	on	Laatta	tai
↕	Elementtityyppi	on	Katto	ja
↕	Rakennusaine	ei ole	Eriste - puhallusvilla - ontelo	ja
↕	Rakennusaine	ei ole	Eriste - puhallusvilla - tasainen	ja
↕	Rakennusaine	ei ole	Betoni - C25/30	ja
↕	Rakennusaine	ei ole	Betoni - C30/37	ja
↕	Rakennusaine	ei ole	Betoni - Antura C25/30	ja
↕	Elementtityyppi	ei ole	Muunne	ja
↕	Rakennusaine	ei ole	Puu - katto - kattotuoli)

Lisää ehto... Poista

▼ LASKETTAVAT TIEDOT / 002 NELIÖMÄÄRÄT

Nimi	↓	Σ	↕
Elementin ID	↓		
Luokitus INSPE - 01 (ID ja nimi)	↓		
Nimi	↓		
Rakennekerroksen paksuus	↓		
Projisoidun rakenneosan/rakennekerroksen pinta-ala	↑		

Pidä taulukossa nimikkeet yhdessä

Lisää kenttä... Poista

Kumoa OK

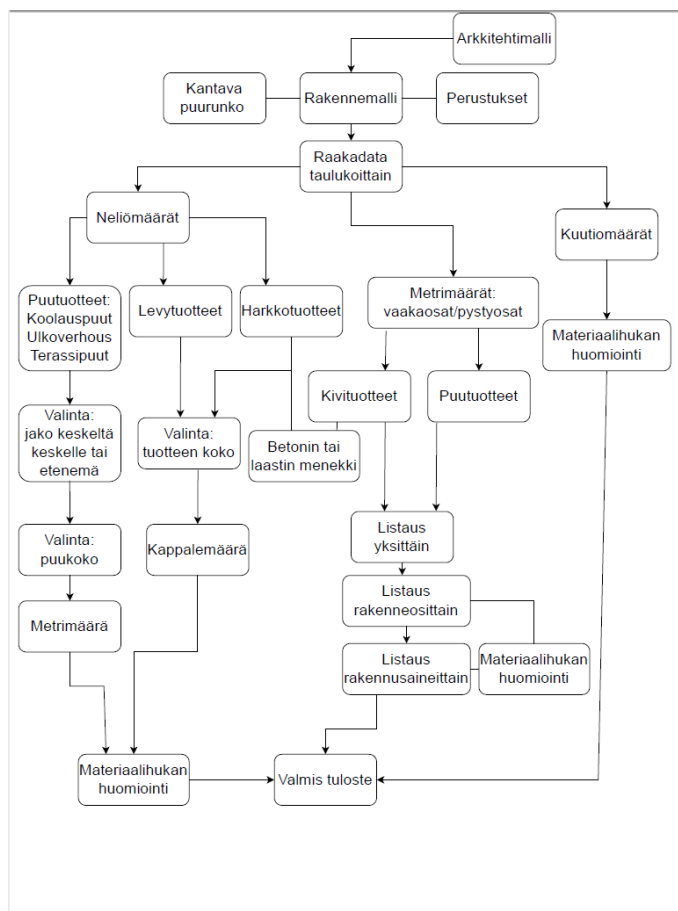
KUVA 17. Neliömäärät-taulukon ehdot ja kentät

4.3.4 Excel-työkirja

Excel työkirjan laatiminen suoritettiin yhtä aikaa ja kokeilevasti esimerkkikohteen luotujen määrätaulukoiden kanssa. Työkirjan toimintaperiaate on esitetty

yksinkertaistetusti kuviossa 10. Laskentapohjan luonnissa ei käytetty VBA:ta (Visual Basic for Application) vaan ainoastaan funktioita. Alussa luotiin rajaukset työkirjalle; sen tulee olla yksinkertainen ja yksittäisiin tuotteisiin perustuvat kappalemäärät tulee olla muokattavissa tuotteen koon mukaan. Tässä vaiheessa päädyttiin myös siihen, että materiaalitaulukko toimitetaan asiakkaalle Excel-työkirjana, jolloin on mahdollisuus esimerkiksi mineraalivillan levykoon tai terassilaudan leveyden muutoksille. Kaikkea tietoa materiaaleista ei ole siis edes rakennesuunnitteluvaiheessa.

Neliömäärät-taulukossa raakadatan tuonnin jälkeen joudutaan tekemään manuaalista työtä vielä rakennusaineiden ominaisuuksia valitsemalla. Kuutiomäärät sekä pysty- ja vaakaosat-taulukoihin ei tarvitse valita kuin hukka, jolloin laskentapohja tuottaa määrät tarkoitukseen sopivassa muodossa. Pysty- ja vaakaosat ryhmitellään yksittäin, rakennusosittain sekä rakennusaineittain. Tähän käytettiin AINUTKERTAISET.ARVOT-funktiota. (Liite 5.)



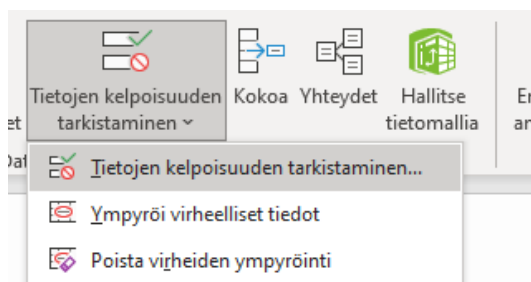
KUVIO 10. Vuo-kaavio taulukkotiedon saattamisesta tarkoituksenmukaiseen muotoon Excel-työkirjan avulla

Alussa määriteltyjen lähtökohtien perusteella syntyi luontaisena jatkumona alavetovalikoihin perustuva työkirja. Alavetovalikko on helppo työkalu kasata paljon eri tietoa sisältävät alueet yhteen paikkaan helposti hahmotettavasti. Materiaalikirjasto-välilehdelle on kasattu yleisiä puurunkoisessa talossa käytettyjä materiaaleja ja tuotteita, sekä niiden kokoja ja muita ominaisuuksia, josta alavetovalikon valinta hakee tietoja eri soluille. Esimerkiksi muottiharkoille on kasattu niiden mitat sekä betonimenekki (kuva 18). Samalla periaatteella ehdot-välilehdelle on kasattu esimerkiksi k-jakoja ja hyötyleveyksiä. Tässä työssä käytetyt alavetovalikot on tehty tietojen kelpoisuuden tarkistamisella.

MH				
MH-150	0,6	0,2	0,0094	m3
MH-200	0,6	0,2	0,0147	m3
PMH-250	0,25	0,2	0,5	m3
VSH				
VSH88	0,6	0,3	0,1	kg

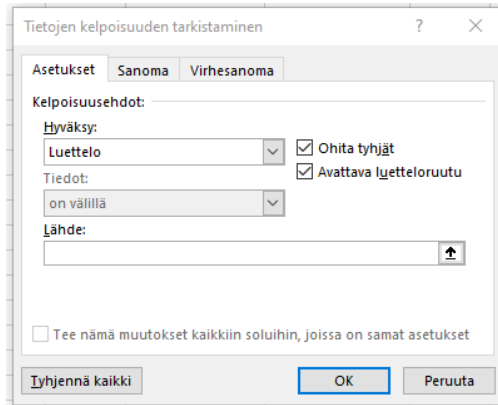
KUVA 18. Esimerkki materiaalikirjastosta

1. Valikon luonti alkaa *tiedot*-välilehdeltä, josta valitaan *tietojen kelpoisuuden tarkistaminen* (kuva 19). Ennen tätä valitaan solu, johon valikko halutaan muodostaa.



KUVA 19. Alavetovalikon luonti

2. Valitaan *hyväksy*-kohtaan *luettelo* ja lähteeksi maalataan alue, josta luettelo halutaan muodostaa. Tässä tapauksessa maalataan vasen sarake ja valitaan lopuksi OK (kuva 20).



KUVA 20. Alasvetovalikon luonti

Nyt syntyneellä alasvetovalikolla ei vielä yksistään tee mitään, vaan sen avulla haetaan tietoa materiaalikirjastosta työkirjan sarakkeisiin. Materiaaliluettelossa on siis piilotettuja sarakkeita, joihin alasvetovalikko hakee PHAKU-funktion avulla arvon materiaalikirjastosta tai ehdoista. Esimerkiksi sarakkeessa I sijaitseva alasvetovalikko hakee arvon sarakkeelle J, joka on luonnollisesti piilotettuna normaalisti (kuva 22). Näiden arvojen avulla pystytään jälleen suorittamaan laskentaa. Tässä esimerkissä on lisäksi käytetty JOS-funktiota virheilmoituksen välttämiseksi (kuva 21).

I	J	K
Sarake7	Sarake72	Sarake8
K-jako/hyötyleveys		
	K-jako	Puun koko
k100	0,1	20x95
k400	0,4	48x48

KUVA 22. PHAKU-funktion määritellyillä arvoilla voidaan hakea alasvetovalikon perusteella tietoa soluun

```
=JOS([@Sarake8]>0;(PHAKU(K12;Materiaalikirjasto!$A$5:$C$27;2;EPÄTOSI));"")
```

KUVA 21. Esimerkki PHAKU-funktiosta

Itse kappale- tai metrimäärien laskenta sinänsä perustuu yksinkertaisiin yhteen-, jako- ja kertolaskuihin. Esimerkiksi raakadatasta saatava kipsilevyjen neliömäärä jaetaan alavetovalikon mukaan valitun tuotekoon pinta-alalla, josta saadaan kappalemäärä. Kappalemäärä pyöristetään lopuksi ylöspäin kokonaislukuun.

4.4 Esimerkkikohde rankarunkoinen pientalo

Esimerkkikohteen laatiminen aloitettiin arkkitehtimallin laatimisella 2D-lupakuvien perusteella (kuva 23, liite 4). Arkkitehtimalli laadittiin yleisten tietomallivaatimusten (YTV 2012) rakennusosamallivaatimusten mukaan, jotta se palvelisi mahdollisimman hyvin rakenteiden mallintamista. Esimerkiksi ikkunoiden koossa huomioitiin asennusvarat. Mallintamisessa kiinnitettiin erityistä huomiota tarkkuuteen. Mallin hyvän tarkkuuden takaamiseksi talo mallinnettiin kuvissa näkyvien mittojen mukaan, vaikka DWG-kuvat olivatkin saatavilla. DWG-kuvia kannattaa kuitenkin käyttää muuten hyödyksi, mutta niiden päälle piirtäminen sisältää aina riskejä. Maanpinta mallinnettiin riittävällä tarkkuudella asemapiirroksen merkittyjen korkeiden mukaan, jotta perustussyvyyttä olisi helppo ja havainnollinen suunnitella. Mallintamisen perusideana oli se, että rakennosia, joita ei varmuudella tiedetä, mallinnetaan yleisillä rakennusaineilla. Tällainen voi olla esimerkiksi ulkoseinän mineraalivilla. Vastaavasti ne rakennusaineet, jotka tiedettiin tai määritellään rakennesuunnittelun yhteydessä, mallinnetaan tuotetta vastaavilla rakennusaineilla, esimerkiksi PH-240.



KUVA 23. Esimerkkikohteesta laadittu arkkitehtimalli

Huolella laaditun arkkitehtimallin jälkeen on helppo aloittaa rakennemallin laatiminen (kuva 24). Tässä kohteessa se tarkoittaa runkotolppien, ylä- ja alasidepuiden, palkkien, perustuspilareiden, anturoiden ja sokkeleiden mallintamista. Rakennuksen kokonaisjäykistys suunniteltiin melko varhaisessa vaiheessa, koska aiempien kokemusten mukaan arvioitiin, että rakennus tarvitsee jäykistäviä väliseiniä. Rakennemalli sisältää siis kaikki rakenteellisiin asioihin vaikuttavat rakenneosat, ja jäykistävät väliseinätkin mallinnettiin runkoa myöten. Mallinnus ja mitoitus kulkevat yhdessä, ja niin tässäkin esimerkiksi palkit mitoitettiin ensin ja lisättiin malliin sen jälkeen. Joissain tapauksissa rakenteen mallintaminen kuitenkin auttaa rakenneosan geometrian ja statiikan ymmärtämisessä, jolloin mallinnus ennen mitoitusta kannattaa.

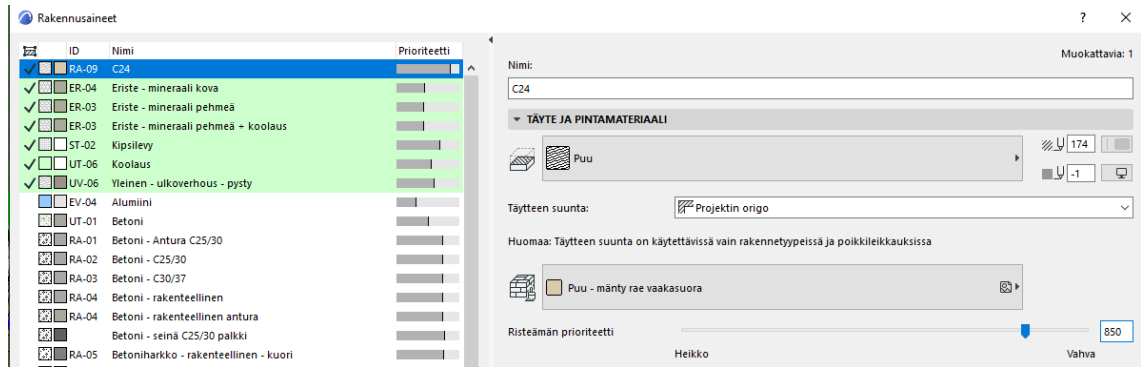


KUVA 24. Esimerkkikohteesta laadittu rakennemalli

Materiaalilaskentataulukoiden oikeellisuus edellyttää tietenkin sen, että rakennesuunnittelu on valmis ja mallista ei puutu mitään. Joskus haastavammissa detaljeissa on helpompaa piirtää jokin rakennusaine ainoastaan 2D:nä. Tätä tulee kuitenkin välttää. Jos tuotteen piirtää kuitenkin 2D-tulosteeseen, niin tuote tulee mallintaa ja siirtää se kätketylle tasolle, tai piirtää 2D:ssä sen päälle. Materiaalitulokoiden tulostaminen keskeneräisistä suunnitelmista sisältää riskejä, eikä ole suositeltavaa.

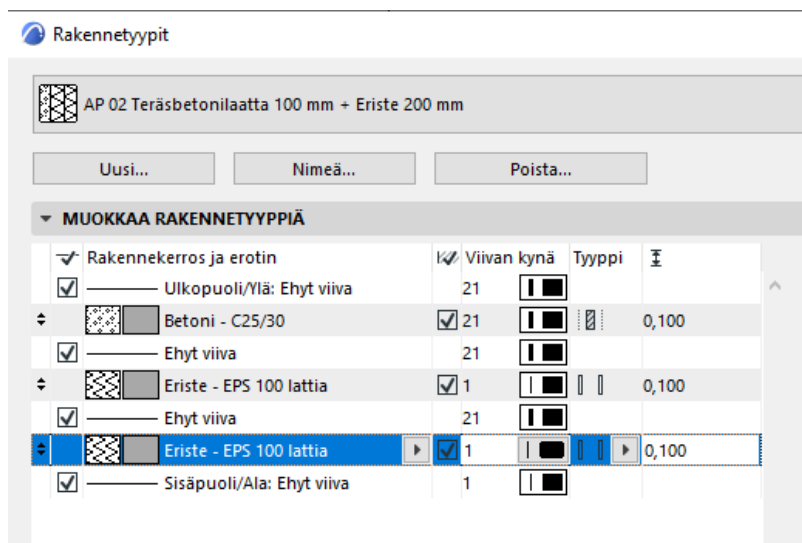
4.4.1 Tulosten analysointi ja luotettavuus

Yhdeksi ongelmaksi materiaalitulokoiden luomisessa ilmeni rakennusaineiden risteämien prioriteetti. Materiaalilaskennan onnistumiseksi niiden on oltava aina oikein (kuva 25). Jos esimerkiksi runkotolppien rakennusaineen C24 risteämien prioriteettiä muuttaa mineraalivillaa heikommaksi, niin mineraalivillan neliömäärä kasvaa merkittävästi. Risteämien prioriteettien oikeellisuus palvelee onneksi myös muuta rakennesuunnittelua, jolloin ne ovat pääosin aina oikein. Rakennusaineiden prioriteetin vaikutuksen huomaa myös 2D:ssä suunnittelua tehdessä.



KUVA 25. Rakennusaineiden risteämän prioriteetti vaikuttaa materiaalilaskentaan

Rakennetyypeissä tulee käyttää oikeita tai parhaiten arvattuja levypaksuuksia, jotta neliömäärät tulostuvat oikein materiaalitulokkoon. Esimerkiksi lattialaatan eristevahvuuden ollessa 200 mm, tulee se jaotella kahteen tai neljään osaan, jotta tulosteessa saavutetaan tuotteen määrille tarkoitusta vastaava muoto (kuva 26). Tulosten luotettavuuden kannalta nämä muutokset lisätään kaikkiin aloitus-pohjan rakennetyyppeihin.



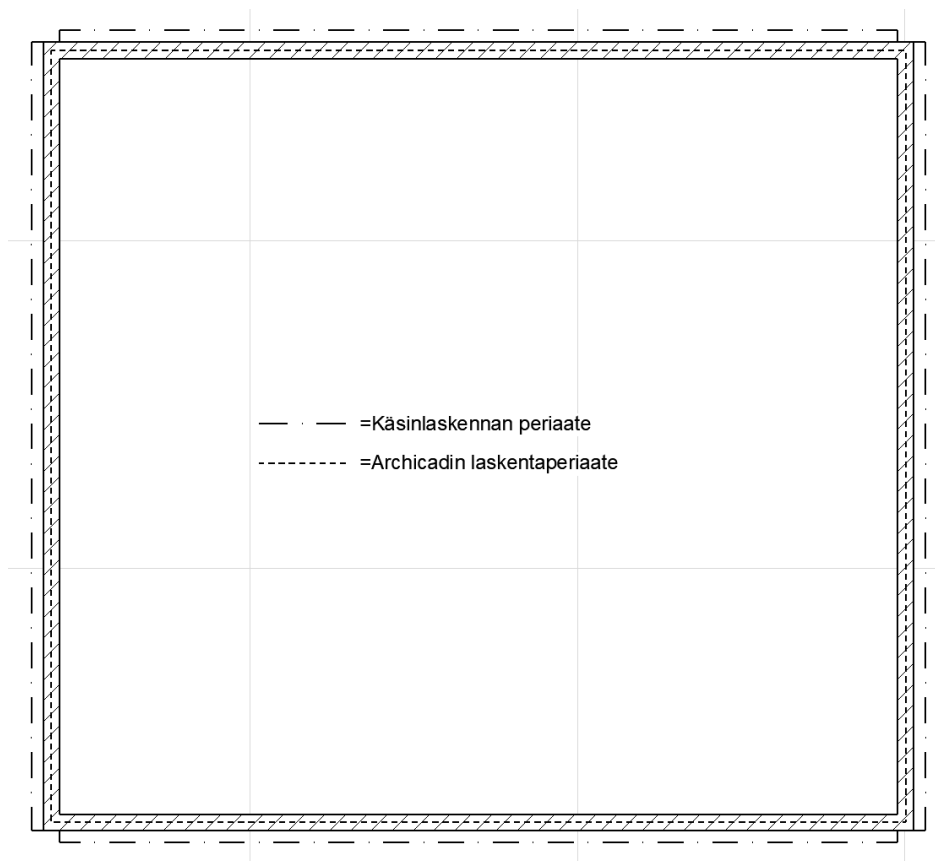
KUVA 26. Rakennetyypin levypaksuudet vaikuttavat neliömääriin

Tulosten varmistamiseksi suoritettiin piharakennuksen osalta tarkistuslaskentaa käsin (kuva 27). Tuloksista on havaittavissa se, että desimaalien osalta käsin laskennasta saadaan hiukan pienempiä tuloksia. Tämä johtuu siitä, että ArchiCAD laskee neliömäärät kertomalla rakennusaineen keskellä kulkevan piirin tämän

korkeudella (kuva 28). Käsien laskenta vastaa todellisuutta paremmin, kun mitausperiaate on kuvan 28 pistekatkoviivan kaltainen. Tämän vaikutus on kuitenkin marginaalinen, eikä vaikuta lopullisiin määriin millään tavalla.

Elementin ID	Luokitus INSPE - 01	Nimi	Pinta-ala Archicadistä (m2)	Käsinlaskennan tulos
Piharakennus	Alapohja	Eriste - EPS 100 lattia	45,424	45,4189
Piharakennus	Eristys, perustukset	Eriste - EPS pysty	7,7156	7,7152
Piharakennus	Sisäkatto	Kipsilevy	22,5025	22,5
Piharakennus	Sokkeli	UH-100	7,9556	7,9522
Piharakennus	Ulkoseinä	Kipsilevy	40,361	40,3732
Piharakennus	Ulkoseinä (yksi seinä)	Ulkoverhous - vaaka	13,0974	13,0955
Piharakennus	Vesikatto	Teräs - katto - kattopelti	39,2432	39,2405

KUVA 27. Tarkistuslaskenta käsin



KUVA 28. ArchiCADin ja käsinlaskennan laskentaerot

Tässä työssä määritellyjä mallinnusohjeita ja periaatteita noudattaen materiaali-laskenta onnistuu ja tieto on luotettavaa. Kuitenkin laskennan suorittajalla tulisi olla kyky hahmottaa suuruusluokkia, jotta mahdolliset virheet huomataan hyvissä ajoin.

4.4.2 Kokemuksia määrälaskentatyökalun käytöstä

Määrälaskentatyökalun käytöstä on työn ajankohdan luonteen vuoksi toistaiseksi vain vähän kokemuksia. Työkalua on kuitenkin testattu jo aikaisemmin suunniteltuihin rakennesuunnittelukohteisiin, jotta sen mahdolliset heikot kohdat löydetään ja ne voidaan korjata. Myös urakoitsijoiden kanssa keskustelu materiaalitaulukoinnista voidaan laskea käyttäjäkokemukseksi, ja haastattelujen avulla työkalusta voidaan jalostaa entistä parempi. Taulukoiden luomiseen käytettiin juuri esimerkkikohdetta, joten sen käyttöä työkalun testaukseen käyttökokemuksena ei ollut tarkoituksenmukaista käyttää.

Vanhoihin kohteisiin työkalua kokeillessa tuli selväksi ainakin se, että tässä työssä määriteltyjä ohjeita on suositeltavaa noudattaa alusta asti perusteellisesti, jotta vältytään ylimääräiseltä ajankäytöltä. Suurimmat haasteet liittyivät vanhoissa kohteissa siihen, että rakenneosille pitää valita luokitus, ja kirjata mahdollinen lisämääritys elementin ID:tä hyödyntäen. Joitakin rakenneosia on saatettu myös jättää mallintamatta, tai niiden mallinnukseen on käytetty väärää rakennusainetta, jolloin taulukoiden tulostus on virheellinen. Materiaalien määrät itsessään kuitenkin pitivät paikkansa. Työkalua on suositeltavaa käyttää kuitenkin ainoastaan näiden ohjeiden avulla mallinnettuun kohteeseen.

Ajankäytön määrää on melko vaikea arvioida, sillä kokemukset ovat hyvin vähäisiä. Voidaan arvioida kuitenkin, että ensin asiaan perehtyen ja ohjeita noudattaen aikaa yhden pientalon materiaalitaulukoiden luomiseen ei kulu enempää aikaa, kuin työkalun lähtötavoitteena oli.

5 YHTEENVETO

5.1 Tulokset

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tietomallipohjaisen materiaalilaskentatyökalun kehittäminen Inspe Oy:lle. Työssä käsiteltiin myös yleistä tietoa tietomallinnuksesta ja materiaalilaskennasta

Työn tuloksena saatiin kehitettyä toimiva materiaalilaskentatyökalu suunnitteluyrityksen käyttöön. Alussa asetetut tavoitteet työkalulle täyttyivät lähes kaikilta osin. Tästä eteenpäin rankarunkoisen pientalon rakennesuunnittelun yhteydessä syntyvää tietomallia voidaan empiirisessä osuudessa esitellyin edellytyksin hyödyntää materiaalmäärien laskennassa toimeksiantajayrityksessä.

Tavoitteena oli, että valmiiden materiaalitulukoiden luominen kävisi kohtuullisella lisävaivalla. Vähäisten käyttökokemusten perusteella voidaan arvioida, että vaivaa joutuu näkemään lähinnä taulukoiden tulostamisessa ja Excel-työkirjan muokkaamisessa tarkoituksenmukaisen muodon saavuttamiseksi. Materiaalmäärien saattaminen tarkoituksenmukaiseen ja rakentajaa palvelevaan muotoon onnistui myös haastateltujen mielestäni hyvin lukuun ottamatta muutamia parannusehdotuksia. Työkalun jatkojalostus toisiin talotyyppeihin tulee olemaan melko helppoa, sillä periaatteet pysyvät samana ja kokemus ArchiCADin ja Excelin käytöstä on parantunut huomattavasti.

Tietomallia kannattaa ehdottomasti hyödyntää materiaalilaskennassa. Vakiintuneiden tapojen ja johdonmukaisen mallintamisen avulla tiedot ovat luotettavia ja tarkkoja. Näillä edellytyksillä materiaalilaskenta nopeutuu ja sen tarkistaminen on myös helpompaa.

5.2 Pohdinta

Materiaalitulukoiden sopivan toimitusmuodon löytämisessä joudutaan keräämään vielä kokemuksia. Tässä työssä tehtyjen haastattelujen ja muiden keskustelujen perusteella voidaan arvioida, että valtaosalla asiakkaistamme on valmiudet käyttää Exceliä, mutta ei välttämättä kaikilla. Tämän takia on tarpeellista käydä keskustelu asiakkaan kanssa tarjousvaiheessa aiheesta, ja taulukoiden valmistuessa mahdollisesti laatia ohjeet Excel-pohjan käyttöön. Työkalun käyttöä tullaan kokeilemaan yhteistyökumppaneidemme kanssa pilottihenkisesti, jolloin saadaan varmasti tarpeellisia kokemuksia työkalun kehitykseen. Oikeita vastauksia oikeaan toimitusmuotoon on varmasti monia, sillä rakennustyyli ja totutut tavat myös vaikuttavat siihen, missä muodossa materiaalitulukot olisi parasta toimittaa. Excel-pohja jossakin muodossa asiakkaalle toimitettuna on kuitenkin paras, sillä rakennustarvikkeiden ominaisuudet saattavat muuttua rakennushankkeen edetessä, jolloin niitä on helppo muokata. Työkalun käytössä on myös liiketaloudellisia mahdollisuuksia.

Työlle asetettiin melko ahtaat rajoitteet, mutta samoja periaatteita ja logiikkaa hyödyntäen tietomallipohjaista määrälaskentaa kannattaisi tehdä laajemmassa mittakaavassa. Esimerkiksi työmenekin lisääminen Excel-työkirjaan tai pien-tarvikkeiden lisääminen materiaalitulukoihin olisi helppoa ja palvelisi työn tilaajaa varmasti. Tästä kuitenkin seuraisi lisää tarkistettavaa ja aikaa kuluisi enemmän. Myös esimerkiksi ei-kantavien väliseiniä mallintaminen voisi olla kannattavaa, sillä mallinnustyö on helppoa ja niistä saatava lisä materiaalitulukoihin olisi merkittävä. Monimuotoisten rakenneosien mallintaminen pelkästään materiaalmäärien laskemiseksi ei kuitenkaan ole kannattavaa.

Mahdollisten virheiden välttämiseksi on tarpeellista kerätä luottamusta työkalun käyttöön määriä käsin tarkastamalla. Esiintyneet virheet ovat olleet kuitenkin kertaluokkavirheitä, jotka on ollut helppo huomata nopealla silmäyksellä. Uusien mallinnustapojen opettelu ja käytäntöjen vakiintuminen tulevat viemään oman aikansa, mutta niihin käytetyt tunnit maksavat varmasti itsensä takaisin.

Työn tekeminen oli kokeilevaa ja hyvin opettavaa. Seuraavassa samankaltaisessa työssä aion kuitenkin tehdä jotain toisin. Työn tekemisen tehokkuutta parantaakseni käyttäisin Excelin ohjelmointimahdollisuutta hyväkseni. Jatkossa toiminta on systemaattisempaa ja tehokkaampaa, kun kokemus tässä työssä käytetyistä ohjelmista ja tavoista lisääntyi huomattavasti. Työn jatkojalostuksessa aion huomioida paremmin myös ne mallinnettavat rakenneosat, joita ei haluta materiaalitulukoihin. Puiden katkaisupituuksien huomiointi materiaalitulukossa tullaan myös ottamaan huomioon.

LÄHTEET

ArchiCAD. Nordic BIM Group Oy. n.d. Luettu 14.2.2022. <https://www.nordicbim.com/fi/tuotteet/archicad>

ArchiCAD 24-FIN-käsikirja. 2020. Nordic Bim Group Oy. <https://www.nordicbim.com/fi/archicadin-kasikirjat>

COBIM-hanke. n.d. BuildingSMART Finland Oy. Luettu 21.2.2022. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>

Huusko, M. 2019. Tietomallit tulevat virtuaali- ja lisätyn todellisuuden laseihin. Artikkelit rakennuslehdessä 15.1.2019. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/01/tietomallit-tulevat-virtuaali-ja-lisatyn-todellisuuden-laseihin/>

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto Oy Helsinki.

Kempainen, J. 2021. Kehitys kehittyy ja jännitys tiivistyy – onko rakentamisen tietomallintaminen vihdoinkin läpimurron kynnyksellä? Puheenvuoro rakennusteollisuus RT:n blogissa 15.1.2021. <https://rakennusteollisuus.wordpress.com/2021/01/15/kehitys-kehittyy-ja-jannitys-tiivistyy-onko-rakentamisen-tietomallintaminen-vihdoinkin-lapimurron-kynnyksella/>

Microsoft. n.d. Excelin perustoiminnot. Luettu 12.3.2022. <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/excelin-perustoiminnot-dc775dd1-fa52-430f-9c3c-d998d1735fca>

Pientaloteollisuus ry. 2019. Pientalojen runkomateriaalit. Luettu 25.2.2022. <https://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/runkomateriaali/>

Puuinfo. n.d. Runkojärjestelmät. Luettu 25.2.2022. <https://puuinfo.fi/rakenteet/yhdistelmarakenteet/puukerrostalon-runkojarjestelmat/>

Ratu S-1191. 2000. Rakennustyön materiaalisät ja -hukat. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/Ratu%20S-1191>

Ristimäki, M. & Kallio, S. 2021. Lakiuudistus tavoittelee rakennustiedon koneluettavuutta – rakennuksen tietomallin toimiminen edellyttää, että teollinen vakiointi on kunnossa. Kirjoitus Rakennusteollisuus RT:n blogissa 2.11.2021. <https://rakennusteollisuus.wordpress.com/2021/11/02/lakiuudistus-tavoittelee-rakennustiedon-koneluettavuutta-rakennuksen-tietomallin-toimiminen-edellyttaa-etta-teollinen-vakiointi-on-kunnossa/>

RT 10-10992. 2010. Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2010-11072>

RT 10-11066. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 1, yleinen osuus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2010-11066>

RT 10-11070. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 5, rakennesuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2010-11070>

RT 10-11072. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 7, määrälaskenta. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2010-11072>

RT 81-10854. 2005. Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/resource/juha/content/5931#page=1>

RT 82-11006. 2010. Ulkoseinärakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2082-11006>

RT 83-11010. 2010. Yläpohjarakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2083-11010>

Tietomallinnuksen ABC. n.d. Nordic BIM Group Oy. Tuotteet. Luettu 14.2.2022. <https://www.nordicbim.com/fi/ajankohtaista/tietomallinnuksen-abc>

LIITTEET

Liite 1. Lehtileikkeet


Rakennusteollisuus

Blogi | Puheenvuoroja rakennetusta ympäristöstä



[Etusivu](#) [Tietoa blogista](#) [Blogiarkisto](#)

Posted on 2.11.2021

[← Previous](#) [Next →](#)

Lakiuudistus tavoittelee rakennustiedon koneluettavuutta – rakennuksen tietomallin toimiminen edellyttää, että teollinen vakiointi on kunnossa




Jos tietosisällön vakiointi ei etene rivakasti, suunnittelu- ja rakennussektori eivät voi toteuttaa kaavoitus- ja rakennuslain (KRL) uudistuksen keskeisiä tavoitteita rakennuksen digitaalisen tiedon tuottamisesta. Linjaamme nyt yhdessä KIRA-alan tulevaisuutta. Veturina tässä on KRL-

uudistus, jonka yhtenä keskeisenä tavoitteena on tuottaa rakennuksen digitaalista tietoa koneluettavassa muodossa. Tämä vaikuttaa suoraan rakennuksen tietomallien, eli BIM-

mallien tulevaan asemaan ja siten hyödyntämiseen tiedonhallinnassa.

Aikaa ei ole hukattavaksi. Alan digitaaliset ekosysteemit tarvitsevat tulevaisuudessa tiedon ja tietosisällön vakiointia toimiakseen. Nykyään rakennuksen tietomallien kohdalla yhdestä ohjelmistosta tieto menee yhteen paikkaan, ja toisesta toiseen paikkaan. Jotta rakennuksen tietomallien tietojen hyödyntäminen on mahdollista, tarvitaan IFC-formaatin tiedonvaihdon selkeyttämistä. Näin ollen yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) tulee päivittää ja niihin tulee määritellä koneluetavuustarpeet objekti- ja komponenttitasolle. On huomioitava, että rakennuksen tietomalliin sisällytetty tieto on vain yksi tapa rikastaa koko rakentamisen elinkaaren digitaalista tietoa.

Rakennuksen elinkaaren aikaisen tiedonhallinnan ohjeistukset ja tietosisältömääritykset pitää saada tukemaan KRL:n tavoitetta – nykyisillä sopimusteknisillä ohjeistuksilla, kuten YSE, KSE ja suunnittelusopimukset, tämä ei toteudu.

Miksi tietomalli vielä 2020-luvulla erotetaan suunnitteluprosessissa omaksi kokonaisuudekseen?

Tietomalli on yhtä kuin suunnittelu. Rakennuksen tietomallissa on yksinkertaisesti kyse yhdestä työkalusta, jolla suunnitelmia luodaan ja hyödynnetään. Nykyisin käytäntö on se, että tietomallikoordinaattori vastaa suunnitteluprosessin ”törmäystarkastelusta” ja yhteensovittamisesta. On täysin nurinkurista ajatella nykyistä tietomallipohjaista toimintakulttuuria niin, että yhteensovittaminen on jotenkin rinnakkainen prosessi perinteisen suunnitteluohjauksen ohella – tämä on selkeästi osa pääsuunnittelijan koordinoitavuutta. Hankkeen osapuolilla on velvollisuus kommentoida tietomallia eli suunnittelua ja sen sisältöä esitysmuodosta riippumatta.

Jotta tahtotilaan päästään, tietomallikoordinaattorin tulisi toimia tietomalliasiantuntijana prosessin tukena. Kyseenalaistamme tietomallikoordinaattorin tehtävän sisältöä, joka on esitetty YTV2020 -kehityshankkeen ”Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa” –osan lausuntokierroksen aineistossa. Jos haluamme aidosti tavoitella KRL:n koneluetavuutta ja samalla tehostaa suunnittelun ja rakentamisen tuottavuutta sekä tiedonkulkua, on tarkasteltava yhdessä rakennuksen elinkaarenaikaista tiedonhallintaa. Eli sitä, mitä tietoa eri osapuolet tuottavat ja miten se linkittyy rakennuksen tietomalliin ympärille.

Lakiuudistuksen tavoite kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa on todella tärkeä, mutta edellytyksiä hiilijalanjälkilaskennan ja sen koneluetavuuden tiedonhallintaan ei ole, mikäli yhteiset tietosisällön perusmääritykset eivät ole kunnossa. KIRA-alan toimijoiden on tarpeen omaksua digitaaliset, koneluettavat toimintatavat entistä vahvemmin. Näin luodaan yhteinen ymmärrettävä keskusteluyhteys rakennuksen tietomalliin ja tiedon tietoteknisen näkökulman välille.

*TkT Miro Ristimäki
Digiryhmän puheenjohtaja, Rakennusteollisuus RT ry
Johtaja, digitaaliset palvelut, Skanska Oy*

*TkT Sini Kallio
ICT-vastaava, laskenta, Skanska Oy*



Posted on 15.1.2021


[— Previous](#) [Next —](#)

Kehitys kehitty ja jännitys tiivistyy – onko rakentamisen tietomallintaminen vihdoinkin läpimurron kynnyksellä?

Tietomallintaminen rakennushankkeissa on kulkenut pitkän matkan. Ensimmäisiä malleja tehtiin 90-luvulla ja jo tuolloin puhuttiin tietomallintamisen tuloillaan olevasta läpimurrosta. Siitä asti olemme sitä toiveikkaina odottaneet, mutta ehkäpä nyt pääsemme sitä viimein todistamaan.

Tietomallintamisen kehitys on kulkenut suhteellisen loogisen ja ennalta-arvattavan polun. Ensi alkuun suunnittelijat tekivät siitä työkaluja omaan arkeaan helpottamaan, seuraavassa vaiheessa rakennustuotteiden valmistajat ja rakentajat alkoivat nähdä siinä mahdollisuuksia oman työnsä



tehostamiseen sekä logistiikan ja  hankintojen parempaan hallintaan. Nyt ollaan ottamassa seuraavaa askelta, jonka myötä kiinteistöjen omistajat ja käyttäjät pystyvät hyödyntämään tietomallien sisältöä rakennusten ylläpidossa ja huollossa.

Kun vielä samaan aikaan rakentamisen lainsäädännön uudistuksen myötä tietomallintamisesta tulee ainakin osittain pakollista, on mahdollista saada koko kiinteistö- ja rakentamisala mukaan sekä hyödyntämään että edelleen kehittämään tietomallintamista.

Jotta kaikki alan toimijat voivat hyödyntää rakennushankkeissa jo aiemmin tehtyä työtä, on pelisääntöjen ja toimintatapojen oltava ennalta yhteisesti sovittuja. Pelkästään ohjelmistolähtöisestä ajattelusta on päästävä eteenpäin. Monen järjestelmän erinomaisuus kaatuu siihen, että se ei keskustele muiden järjestelmien kanssa. Näihin päiviin saakka tiedonsiirto on toiminut heikosti tai ei ollenkaan. Nyt tekeillä olevan standardoinnin myötä tietomallien sisältöä päästään määrittelemään sekä suunnittelun, rakentamisen että rakennuksen ylläpidon kannalta järkevästi ja ennen kaikkea yhteensopivassa formaatissa. Kun standardi antaa tiedonsiirrolle tietyn sapluunan, alullaan oleva YTV2020-hanke pääsee jatkamaan kehitystyötä sisältölähtöisesti.

Suomessa yhteisiä pelisääntöjä kehitetään erityisesti yhteentoimivuusalustaa hyödyntämällä, jonka avulla yhteiset toimintatavat ovat heti kaikkien nähtävillä, yhteisesti hyväksytyinä. Työtä kuitenkin riittää edelleen yleisten tietomallivaatimusten päivittämisessä, nykyiset kun alkavat olla kohta kymmenen vuoden takaa. Tahtotila yleisten tietomallivaatimusten päivittämiseksi ainakin on selkeä. 89 yritystä ja organisaatiota on allekirjoittanut YTV2020-julkilausuman: päivityksen tarve on nyt.

Palikat tietomallintamisen laajamittaiseen hyödyntämiseen alkavat siis olla jo valmiina. Suurin haaste juuri alkaneella vuosikymmenellä taitaa kuitenkin olla alan kaikkien toimijoiden mukaan saaminen; jos tietomallintamisesta halutaan vakioitu ja normaali toimintatapa, täytyy kiinteistö- ja rakentamisalan pienimpienkin yritysten ymmärtää oma osuutensa niin mallin hyödyntämisessä kuin sen täydentämisessäkin seuraavalle taholle. Pienin askelin tämäkin toimintakulttuurin muutos saadaan käyntiin, työtä sen parissa riittää meille kaikille.

*Jani Kemppainen
Asiamies, rakentamisen kehitys ja energiatehokkuus
Rakennusteollisuus RT ry*

RAKENNUSUOTE RAKENTAMINEN SUUNNITTELU UUTISET

Tietomallit tulevat virtuaali- ja lisätyn todellisuuden laseihin

Trimble haluaa laajentaa tietomallin käyttöaluetta ja tuoda markkinoille uusia tapoja käyttää malleja. Microsoft HoloLens yhdistettynä Trimble Connect -pilvipalveluun on näistä tavoista yksi.

Maria Huusko 15.1.2019 EI KOMMENTTEJA



Havainnekuva näyttää, miten samaa tietomallin hologrammia voi katsoa moni ihminen ja vaikkapa verkon yli mistä tahansa. Kuva: © Scott Clark

Microsoft HoloLens on päähän laitettava lisätyn todellisuuden laite, jossa on tietokone, käyttöjärjestelmä sekä kamera. Trimble on kehittänyt tämän lasien muotoisen tietokoneen käyttöä vuodesta 2015.

HoloLensin avulla Trimble Connect -pilvipalveluun viedyn tietomallin voi asettaa hologrammiksi mille vain pinnalle esimerkiksi toimistossa tai tuoda työmaalle jo tehdyn työn ”päälle” ja esimerkiksi verrata todellisuutta malliin.

Toistaiseksi HoloLens mahdollistaa vain visualisoinnin ja merkintöjen tekemisen malliin, mutta muutakin on tulossa.

”Hologrammit ja virtuaalinen todellisuus vaativat usein räätälöintiä ja manuaalista työtä ennen kuin niitä voidaan käyttää. Trimble Connectissa vain haet mallin pilvestä ja alat käyttää sitä”, Trimble Connectista vastaava **Jussi Ketoja** sanoo.

Tietomallia voi tarkastella kuten tietokoneella, ja mallissa voi tehdä mittauksia. Itse laitetta ohjataan äänikomennoin tai käsien liikkeiden avulla. Esimerkiksi zoomaus tapahtuu samalla tavalla kuin kosketusnäytöllä, mutta ilmassa.

”Julkaisimme juuri uuden version Trimble Connect for HoloLensistä, jossa on monta uutta ominaisuutta. Nyt hologrammimallin voi jakaa iOS-käyttäjän kanssa. Tämä toinen henkilö voi katsoa mallia esimerkiksi iPhonea ja iPadin kautta”, Ketoja kertoo.

Mallia ei vielä voi muokata lasella

HoloLensin avulla ei toistaiseksi voi muokata tietomalleja.

”Malli sinänsä on staattinen”, teknologiajohtaja **Kim Nyberg** sanoo. ”Mallinnus tehdään yhä perinteisillä tietokonesovelluksilla, mutta seuraava askel on editointi VR- ja AR-laseissa (virtuaali- ja lisätyn todellisuuden laseissa).”

Yksi HoloLensille jo nyt soveltuva käyttökohde on laadunvarmistus, toteutuman vertaaminen malliin niin, että mallin hologrammi asetetaan valmistetun kappaleen päälle.

”Kokeilimme tätä Parman elementtitehtaalla, missä lähtökohtana oli laserpohjainen laadunvarmistus, joka oli todettu tuottavuudelta kannattamattomaksi. HoloLensin avulla täysi amatööri voi havainnoida eroja suunnitelman ja toteutuneen välillä. Perinteisellä tasomaisella 3D:llä eroja ei välttämättä näe”, Nyberg kertoo.

Ketojan mukaan lasien avulla voi myös säästyä virheiltä, missä auttaa alkuvuodesta markkinoille tuleva vaiheistettu työohje. Hän vertaa tätä ratkaisua Ikea-ohjeeseen ja kertoo sen soveltuvan esimerkiksi rakennusosien valmistukseen.

Malli kertoo työntekijälle vaiheittain esimerkiksi raudotteiden asennusohjeet ja tarvittavat materiaalit sekä työkalut.



HoloLensiä ohjataan äänikomennoin tai käsien liikkeiden avulla. Kuva: Trimble

Työmaa on laseille haastava käyttökohde

Päivänpolttavin käyttökohde HoloLensille olisi Ketojan mukaan kiinteistöjen hallinnassa.

”Kiinteistöhallinnassa voidaan esimerkiksi tarkastella eri fyysisten laitteiden ominaisuuksia ja huolto-ohjeita MS HoloLensillä ja sovelluksillamme. Lisäksi, jos on rakennettu suunnitellun mallin mukaan, voidaan tarkastella mitä talotekniikkaa on esimerkiksi kattolevyjen takana, jolloin tiedetään tarkalleen, mihin työhön on ryhdyttävä”, Ketoja sanoo.

Työmaat sen sijaan ovat tämän tapaiselle laitteelle haastavia, koska ne ovat riittävän vaarallisia muutenkin.

”Siinä on omat haasteensa, kun näet työmaalla sekä todellisuuden että mallin sen päällä”, Ketoja toteaa.

Työmailla ratkaisu voisi Nybergin mukaan soveltua esimerkiksi turvakaiteiden läpikäyntiin ennen työntekijöiden saapumista työmaalle. Mahdolliset puutteet voisi merkitä suoraan malliin.

Ulkona sijaitsevilla työmailla ratkaisun käyttöä voi rajoittaa turvallisuuden lisäksi aurinko. Kirkkaana päivänä hologrammi ei välttämättä näy hyvin, vaikka laseissa on tummennuspinta. Lisäksi lasien puheohjaus ei työmaan tai tehtaan hälyssä toimi kovin hyvin.

Ketojan mukaan sisätyövaiheessa ratkaisulle sen sijaan olisi käyttöä. Esimerkiksi talotekniset tilat ovat usein ahtaita, ja eri toimijoiden asennuksia on toisinaan hankala sovittaa samaan tilaan. Tässä visualisointi HoloLensin avulla voisi auttaa.

Luonnollinen käyttökohde HoloLensille on arkkitehtuuri- sekä korjausrakentamissuunnitelmien visualisointi.

Laseilla voi myös tehdä yhteistyötä kollegojen kanssa. ”Samaa hologrammia voi katsoa verkon yli missä tahansa”, Ketoja kertoo.

Olennaisinta Trimblelle ovat hyvät tietomallit

Trimble haluaa tuoda markkinoille uusia tapoja käyttää tietomalleja. HoloLens on näistä yksi.

Yritys kehittää Trimble Connectin käyttöä myös muilla VR- ja AR-laseilla, kuten Magic Leapilla, sekä tietenkin tietokoneella, tabletilla ja matkapuhelimella.

Nybergin mukaan VR- ja AR-lasien markkina on tällä hetkellä todella kuuma, ja lasit kehittyvät koko ajan lisää.

Trimblelle tärkeintä ovat kuitenkin hyvät tietomallit ja muista erottautuminen.

”Meidän tietomallimme ovat niin sanotusti rakennettavia malleja, eli niissä on kaikki, mitä tarvitaan rakentamiseen”, Ketoja sanoo.

Tällainen rakennettava malli on väistämättä iso, mutta Trimble on kehittänyt teknologiaa, jonka avulla mallit saa nopeasti auki myös päälle puettavassa tietokoneessa ja matkapuhelimessa.

TrimBIM-teknologia pakkaa tietomallin tehokkaasti pienempään ja teknisesti käytettävämpään muotoon säilyttäen kaiken alkuperäisen tiedon.

”Tietomallin tuotantokäyttö tietokoneella on arkipäivää, mutta myös mobiilikäyttö tabletin ja älypuhelimien avulla on laajentunut nopeasti”, Ketoja toteaa.

”Tällaisten lasien muotoisten tietokoneiden tuloon työmaalle menee vielä jonkin aikaa, mutta kehityksen vauhti voi yllättää.”

Liite 2. Urakoitsijoiden haastattelu

Ville Raikamo / Rakkala Oy

Mitä haasteita liittyy materiaalitilauksiin/laskentaan?

- Materiaalin saatavuus ja hinnanvaihtelut, jotka aiheuttavat aikataulupaineita ja aikataulumuutoksia työmaille. Materiaalilausten aikataulutuksetkin työvaiheelle on haastavaa, ja tähän tarvitsisi jäsentelyä. Tähän liittyen kysymys myös työkalun jatkojalostusmahdollisuuksista.

Missä muodossa materiaalitardeet on tarkoituksenmukaista toimittaa, riittääkö kappale- ja metrimäärät?

- Levytuotteet mielellään neliöinä ja tiedossa pitää olla myös esimerkiksi rakennuskohteen huonekorkeus, jotta tilaus on mahdollista. Isommat puutavarat mielellään kappalemäärinä ja esimerkiksi sisäkoolaus metreinä. Taulukointi pidettävä yksinkertaisena, jotta sen hahmotus on helppoa.

Millä/Miten määrät lasketaan teidän yrityksessänne?

- Käsin ja määrälaskentatyökalulla (Excel).

Onko valmiuksia käyttää yksinkertaista Excel-tilukkoa ja tehdä siihen tarvittavia muutoksia?

- On valmiudet ja välineet tähän löytyy.

Vastuut väärinlaskennasta? Jos tulee määrälaskentaluettelo ukaasein varustettuna, tuleeko se silti käyttöön?

- Työkalu tulisi käyttöön ja urakoitsija kokisi olevansa lähtökohtaisesti vastuussa materiaalin tilaajana. Myös suuruusluokat ovat hyvin hallinnassa suuren kokemusmäärän vuoksi, joka helpottaisi materiaalilausten luotettavuutta materiaalitaulukoiden perusteella.

Liittyykö haasteet tässä työssä listattaviin rakennusaineisiin vai joihinkin muihin

- Liittyy työssä listattaviin rakennusaineisiin. Pienempiä rakennustarvikkeita, esimerkiksi kiinnikkeitä voidaan tilata reilusti ja hakea melko helposti lisää.

Millä tarkkuudella määrät halutaan rakentamisvaiheessa vrt. elementin ID ja INSPE-luokitus?

- Tämä taso on riittävä.

Mitä tarvittaisiin lisää taulukoihin?

- Mielumminkin mahdollisimman pelkistetyksi.

Materiaalikirjasto; tuleeko mieleen jotain täydennyksiä?

- Tämän voi myös pitää melko tyypistettynä lähtökohtaisesti, ja lisätä tarpeen tullen joitakin tuotteita.

Ajatuksia hukasta?

- Pyritään tietenkin minimoimaan, joissakin materiaalin pituudet nousevat merkityksellisiksi. Esimerkiksi terassin palkit, että löytää sopivan mittaista tavaraa.

Käytetyimmät rakennetyypit?

- Ulkoseinärakenne: Perinteinen höyrynsulullinen rankarunkorakenne sisäkoolauksella
Yläpohja: NR-rakenteinen, päällä pelti ja sisäkoolaus alla
Alapohja: Maanvarainen betonilaatta + styrox eristys

Taulukoiden läpikäynti:

- Plussat ja miinukset
+tulee suoraan rakennesuunnittelijalta, luottamus hiukan parempi
+Taulukon yksinkertaisuus ja paikkojen hahmotettavuus.
-pitää lisätä kappalemäärät runkotavaroille pituusvalintanapin kanssa

Muita aiheita:

- Toive, että taulukot käydään läpi rakennesuunnittelijan kanssa

Samuel Tevaniemi / Rakennus Tevaniemi Oy

Mitä haasteita liittyy materiaalilauksiin?

- Suunnittelun huonous aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kustannuksia. Tästä esimerkkinä huonekorkeuden vaikutus kipsilevyn kokoon. Materiaalien saatavuus ja hinnanvaihtelut/nousu aiheuttavat paineita ja aikataulullisia haasteita. Toimituserittäin rakennusaineiden koonti on välillä haastavaa.

Missä muodossa materiaalit tarpeet on tarkoituksenmukaista toimittaa, riittääkö kappale- ja metrimäärät?

- Listaukset ovat muuten järkeviä ja tarkoituksenmukaisia, mutta runkotasot olisi hyvä saada kappalemäärinä.

Millä/Miten määrät lasketaan teidän yrityksessänne?

- Materiaalimäärät lasketaan käsin pinta-aloista.

Onko valmiuksia käyttää melko yksinkertaista Excel-taulukkoa?

- Excelin käyttöä ei ole harrastettu, joten sen käyttöön tulisi perehtyä ja selvittää onko sellainen saatavilla.

Vastuut väärinlaskennasta? Jos tulee määrälaskentaluettelo ukaasein varustettuna, tuleeko silti käyttöön?

- Tulisi käyttöön ja kokemus materiaalilauksista auttaa hahmottamaan suuruusluokkia. Kuitenkin olisi hyvä, että materiaalitaulukon laatija kantaa vastuun materiaalitaulukon paikkansapitävyydestä. Materiaalitaulukon tekijän tulisi vähintään selvittää tilaajalle, miten se on laadittu ja ikään kuin tehtävä selväksi vastuunjako.

Liittyykö haasteet tässä työssä listattaviin rakennusaineisiin vai joihinkin muihin?

- Liittyy tässä työssä listattaviin rakennusaineisiin.

Työn toteutus; tarvitaanko pysty- ja vaakaosista kappaleittain pituuksia, onko luokittelut oikeansuuntaisia vaaka/pystyosissa vai pitäisikö luokittelut paikallistaa tarkemmin elementin ID:llä?

- Hiukan tarkempi selostus paikasta tarpeen, etenkin jos maallikko tekee tilausta

Ymmärtääkö muu kuin määrälaskennan laatija mistä rakenneosasta on kyse näillä luokituksilla?

- Elementin ID:tä käyttäen on riittävä taso. Urakoitsija ymmärtää näillä jäsentelyillä mistä on kyse.

Mitä tarvittaisiin lisää taulukoihin?

- Pidetään taulukointi yksinkertaisena, ja jätetään jopa "turhia" pois.

Materiaalikirjasto; tuleeeko mieleen jotain täydennyksiä?

- Ei tule täydennyksiä mieleen, mutta urakoitsijan mielestä olisi tarpeellista, että materiaalitaulukoihin on listattu spesiaalimmat kiinnikkeet, kuten naulauslevyt.

Ajatuksia hukasta?

- Hukkaprocenttina käytetään materiaalitalauksissa yleensä 10%. Metritavaroissa mietitään myös k-jakojen osumista esimerkiksi katon koolauksissa.

Käytetyimmät rakennetyypit?

- Ulkoseinärakenne: Perinteinen höyrynsulullinen rankarunkorakenne sisäkoolauksella
Yläpohja: NR-rakenteinen, päällä pelti ja sisäkoolaus alla
Alapohja: Maanvarainen betonilaatta + styrox eristys
- Kivitaloissa yläpohjan höyrynsulku on tehty perinteisesti SPU-levyllä.

Muita aiheita:

- Toive, että materiaalitaulukot käydään läpi taulukon laatijan kanssa

Liite 3. Esimerkkejä tutkimuskohteen AC-materiaalitulukoista

Elementin ID	Luokitus INSPE - 01	Nimi	Rakennekerroksen paksuus	Projisoidun rakenneosan/rakennekerroksen pinta-ala
AR	Alakatto	Harvalaudoitus	20	81,4767
AR	Alakatto	Koolaus	22	162,9534
AR	Alakatto	Palonsuojaus	18	61,3524
AR	Alapohja	Eriste - EPS 100 lattia	100	269,2926
AR	Eristys, perustukset	Eriste - EPS pysty	50	46,4704
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	25	90,0426
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	30	2,9766
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali pehmeä	148	53,5171
AR	Kylmä seinä	Kipsilevy	13	53,0736
AR	Kylmä seinä	Koolaus	22	271,1429
AR	Kylmä seinä	Palonsuojalevy	30	9,1804
AR	Kylmä seinä	Yleinen - ulkoverhous - pysty	20	132,3413
AR	Sisäkatto	Kipsilevy	13	134,5373
AR	Sisäkatto	Koolaus	48	134,5373
AR	Sokkeli	RUH-200	200	47,2704
AR	Sokkeli	UH-150	150	19,1665
AR	Terassi	Puu - lattia	28	70,2066
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	25	115,5207
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	30	59,5033
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä	198	100,7262
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä + kool...	48	114,3300
AR	Ulkoseinä	Kipsilevy	13	112,3877
AR	Ulkoseinä	Koolaus	22	350,1772
AR	Ulkoseinä	Yleinen - ulkoverhous - pysty	20	174,9116
AR	Vesikatto	Koolaus	22	279,1079
AR	Vesikatto	Koolaus	32	279,2558
AR	Vesikatto	Teräs - katto - kattopelti	32	279,4037
AR	Väliseinä	Eriste - mineraali pehmeä	66	119,5400
AR	Väliseinä	Kipsilevy	13	236,0255
AR	Väliseinä	Muurausharkko - väliseinäharkko	88	28,3564
Piharakennus	Alapohja	Eriste - EPS 100 lattia	100	45,4240
Piharakennus	Eristys, perustukset	Eriste - EPS pysty	50	7,7156
Piharakennus	Sisäkatto	Kipsilevy	13	22,5025
Piharakennus	Sisäkatto	Koolaus	48	22,5025
Piharakennus	Sokkeli	UH-100	100	7,9556
Piharakennus	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	25	55,4727
Piharakennus	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä	148	37,2447
Piharakennus	Ulkoseinä	Kipsilevy	13	40,6259
Piharakennus	Ulkoseinä	Koolaus	22	112,6220
Piharakennus	Ulkoseinä	Ulkoverhous - vaaka	20	57,0890
Piharakennus	Vesikatto	Koolaus	22	39,1970
Piharakennus	Vesikatto	Koolaus	32	39,2201
Piharakennus	Vesikatto	Teräs - katto - kattopelti	32	39,2432

Nimi	Luokitus INSPE - 01	Nimi	Tilavuus [m3]	Rakennekerroksen paksuus
AR	Alapohja	Betoni - C25/30	13,4646	100
AR	Antura	Betoni - Antura ...	10,3448	600
AR	Perustuspilari	Betoni - C30/37	0,1000	250
AR	Sisäkatto	Eriste - puhallu...	74,6841	500
Piharakennus	Alapohja	Betoni - C25/30	2,2712	100
Piharakennus	Antura	Betoni - Antura ...	2,3627	600
Piharakennus	Sisäkatto	Eriste - puhallu...	7,6996	300

Liite 5. Esimerkkejä materiaalitaulukoista

Sarakke1	Sarakke2	Sarakke3	Sarakke4	Sarakke5	Sarakke6	Sarakke7	Sarakke8	Sarakke9	Sarakke10	Sarakke11	Sarakke12	Sarakke13	Sarakke14
Elementin ID	Luokitus INSPE - 01	Nimi	Rakennek errokseen paksuus	Projisoidun rakennekerro- ksen pinta- ala	Valitse hukka	K-lajikohty/leveys	Puun koko	Metriä	Tuotetuotteen koko	Pyörästetty Kappalemäärä	Yksikkö	Betoniliastimenekki	Yksikkö
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali kova	30	2,9766	10%				1200x2700		2 kpl		
AR	Kylmä seinä	Eriste - mineraali pehmeä	148	53,5171	10%				500x1170		90 kpl		
AR	Kylmä seinä	Kipsilevy	13	53,0736	10%				1200x2700		19 kpl		
AR	Kylmä seinä	Koolaus	22	271,1429	10%	6000	48x48	497,1			meträ		
AR	Kylmä seinä	Palonsuojalevy	30	9,1804	10%				1200x2700		4 kpl		
AR	Kylmä seinä	Ylänen - ulkoverhous - pysty	20	132,3413	10%	85mm	20x95	1712,7			meträ		
AR	Sisäkatto	Kipsilevy	13	134,5373	10%				1200x3000		42 kpl		
AR	Sisäkatto	Koolaus	48	134,5373	10%	4000	48x48	370,0			meträ		
AR	Sisäkatto	RUH-200	200	47,2704	10%				RUH-200		434 kpl		1083,28 kg
AR	Sokkeili	UH-150	150	19,1865	10%				UH-150		176 kpl		263,539375 kg
AR	Terrassi	Puu - laatta	28	70,2199	10%	k150	28x145	514,9			meträ		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	25	115,5207	10%				1200x2700		40 kpl		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali kova	30	59,5033	10%				1200x2700		21 kpl		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä	198	100,7282	10%				500x1170		170 kpl		
AR	Ulkoseinä	Eriste - mineraali pehmeä + koolat	48	114,1419	10%	6000	48x48	209,3	500x870		236 meträ/kpl		
AR	Ulkoseinä	Kipsilevy	13	112,3877	10%				1200x2700		39 kpl		
AR	Ulkoseinä	Koolaus	22	350,1772	10%	6000	22x100	642,0			meträ		
AR	Ulkoseinä	Ylänen - ulkoverhous - pysty	20	174,9116	10%	85mm	20x95	2263,6			meträ		
AR	Vesikatto	Koolaus	22	279,1079	10%	6000	22x50	341,1			meträ		
AR	Vesikatto	Koolaus	32	279,2558	10%	6000	32x100	1023,9			meträ		
AR	Vesikatto	Tarvas - katto - kattopeili	32	279,4037	10%						m2		
AR	Väliseinä	Eriste - mineraali pehmeä	66	114,9694	10%				500x1170		194 kpl		
AR	Väliseinä	Kipsilevy	13	235,6711	10%				1200x2700		81 kpl		
AR	Väliseinä	Muuraushartko - väliseinähartko	88	28,3564	10%				VSH88		174 kpl		17,32891111 kg
AR	Piharakennus	Eriste - EPS 100 laatta	100	45,424	10%				1000x1200		42 kpl		
AR	Piharakennus	Eriste - EPS pysty	50	7,7156	10%				1000x1200		8 kpl		

Sarake1	Sarake2	Sarake3	Sarake4	Sarake5	Sarake6	Sarake8
Nimi	Luokitus INSPE - 01	Nimi	Tilavuus [m ³]	Rakennekerroksen paksuus	Valitse hukka	Hukka huomioitu (m ³)
AR	Alapohja	Betoni - C25/30	13,4646	100	5%	14,138
AR	Antura	Betoni - Antura C25/30	10,3448	600	10%	11,379
AR	Perustuspiiri	Betoni - C30/37	0,1	250	10%	0,110
AR	Sisäkatto	Eriste - puhallusvilla - tasainen	74,6841	500	15%	85,887
Piharakennus	Alapohja	Betoni - C25/30	2,2712	100	10%	2,498
Piharakennus	Antura	Betoni - Antura C25/30	2,3627	600	10%	2,599
Piharakennus	Sisäkatto	Eriste - puhallusvilla - tasainen	7,6996	300	10%	8,470

