

Mikael Diakhate

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta

Tekijä Otsikko	Mikael Diakhate Tietomallipohjainen kustannuslaskenta
Sivumäärä Aika	61 sivua + 36 liitesivua 11.11.2011
Tutkinto	Insinööritutkinto
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Valvoja	Lehtori Mervi Toivonen, Metropolia AMK
Ohjaajat	Laskentapäällikkö Ilkka Vainiola, Skanska Talonrakennus Oy Projektipäällikkö Juho-Pekka Hämäläinen, Skanska Oy
<p>Tietomallintaminen ei ole enää muutamaan vuoteen ollut tulevaisuuteen sijoittuva näkemys vaan nykyhetken tosiasia. Määrätietojen saaminen arkkitehtimallista ja niiden linkittäminen kustannuslaskentaohjelmistossa tuoterakenteisiin palvelee kaikkia rakennushankkeen osallistujapuolia.</p> <p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli edesauttaa Skanska Talonrakennus Oy:n kustannuslaskentatoimen kehittämistä. Työn ensimmäisessä vaiheessa luotiin tuoterakennekirjasto, joka sisälsi 25 suorite- ja panostasolle pilkottua asuinrakennuksen päärakennetyyppejä. Työn seuraavassa vaiheessa näille rakenteille luotiin määrälaskentaohjeet Tocomanin iLink-sovelluksen avulla, jotta arkkitehtimallista saadut määrätiedot voitaisiin jouhevammin hyödyntää kustannuslaskennassa.</p> <p>Hankkeen kustannusten muodostamisessa tarvitaan teoreettisen tiedon lisäksi paljon kokemukseen pohjautuvaa osaamista. Skanskan laskentaosastolta saatua arvokasta tietoa on pyritty hyödyntämään tässä tutkimustyössä, jotta tulokset olisivat käyttökelpoisia. Skanskan BIM-osaamiskeskuksen jäseniltä sai rakennusalan tietomallinnuksen viimeisintä tietoa, josta oli suurta hyötyä työn onnistuneen läpiviennin kannalta.</p> <p>Tutkimustyön tuloksia sekä niiden käyttökelpoisuutta testattiin Skanskan omissa hankkeissa, joissa vertailun kohteena olivat tietomallinnuksen avulla saadut määrä- ja kustannusarviot sekä Skanskan laskennan käyttämät määrä- ja kustannusarviot. Saavutettuja tuloksia voidaan pitää lupaavina ja tulevat osaltaan edesauttamaan laskentatoimen kehittämistä.</p>	
Avainsanat	BIM, määrälaskenta, suorite- ja panospohjainen kustannuslaskenta.

Author Title	Mikael Diakhate Building Information Modeling -Based Cost Calculation
Number of Pages Date	61 pages + 36 Appendix pages 11 November 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructors	Mervi Toivonen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences Ilkka Vainiola, Chief Estimator, Skanska Talonrakennus Oy Juho-Pekka Hämäläinen, BIM Project Manager, Skanska Oy
<p>For a few years now, Building Information Modeling or BIM has stopped being a concept of the future, to take its rightful place in the present. The ability of gathering cost information by linking BIM with costing software has proven to be beneficial for each party of a construction project.</p> <p>The aim of this engineering thesis was to promote the development of cost estimation in our target company, Skanska OY. The first phase of the study consisted of distinguishing the methods and resources used in the production of 25 structures used by Skanska in their projects. In the second phase of the work, linking files between architectural and costing software were created to ensure the fluent transfer of relevant costing information. This was done by using iLink, a quantity take off software developed by Tocoman Group OY.</p> <p>The cost evaluation of a construction project requires not only theoretical knowledge, but also a lot of knowhow based on profound understanding of the industry. This valuable knowledge shared by Skanska's experienced costing team, helped in validating the results of this study. Up to date information concerning BIM's latest development was provided by the members of Skanska's BIM competence center. This all contributed in making this study possible.</p> <p>The results of this engineering study were tested in two pilot projects and comparisons were made between BIM- based quantity take off and costing and the traditional quantifying and costing methods used by Skanska in their projects. The results were found prominent and will help the development of this sector of the construction industry.</p>	
Keywords	BIM, Quantity Take Off, Resource- and Method based costing.

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen taustaa	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	1
1.3	Tutkimuksen rakenne	3
1.4	Tutkimusmenetelmät	3
2	Kirjallisuuskatsaus tietomallintamisesta	6
2.1	Tietomallinnuksen teknologia	6
2.1.1	Historia	6
2.1.2	Rakennusten objektipohjainen parametrinen mallintaminen	6
2.1.3	BIM-työympäristö, sovellusalustat ja työkalut	10
2.1.4	Tiedonsiirto	11
2.2	Tietomallinnuksen suurimmat hyödyt	14
2.2.1	Tilaaajan näkökulma	14
2.2.2	Rakennusliikkeen näkökulma	15
2.2.3	BIM:n ja Lean rakentamisen välinen yhteys	20
2.3	Tietomallinnuksen ongelmat ja haasteet	23
2.3.1	Tuotantoketjun rajoitukset	23
2.3.2	Teknologian rajoitukset	24
3	Tietomallipohjainen kustannuslaskenta	27
3.1	Kustannuslaskennan prosessi	27
3.2	Suorite- ja panospohjainen kustannuslaskenta	30
3.3	Talo-80-nimikkeistö määrä- ja kustannuslaskennassa	32
3.3.1	Nimikkeistön tarkoitus ja käyttöalueet	32
3.3.2	Nimikkeistön rakenne	33
3.4	Sijaintieritelty määrälaskentateoria	35
3.5	Arkkitehtimallin laadunvarmistus	36
3.6	Arkkitehtimallinnusohjelmistot	39
3.6.1	Archicad	39
3.6.2	Autodesk Revit Architecture	41
3.6.3	Tocoman	44
3.7	Yhteenveto	47
4	Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan tutkimustulokset	49

4.1	Tutkimustyön aineisto	49
4.2	Rakennetyyppien purku suorite- ja panostasolle	49
4.2.1	Excel-tilukkolaskentaohjelmisto	49
4.2.2	Tocoman Pro Estimate	50
4.3	Tutkimuskohteiden määrä- ja kustannusarvioiden vertailu	51
4.3.1	Archicad	51
4.3.2	Autodesk Revit Architecture	54
5	Johtopäätökset, jatkokehitys, yhteenveto	56
5.1	Johtopäätökset	56
5.2	Jatkokehitys	57
5.3	Yhteenveto	58
	Lähteet	59

Liitteet

Liite 1: Tutkitut Skanska Xchange rakennekirjaston rakennetyypit.

Liite 2: Määrä- ja kustannuslaskennan tulokset, Archicad, Talo-1.

Liite 3: Määrä- ja kustannuslaskennan tulokset, Revit Architecture, Talo-0.

Sanastoa

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
Archicad	Alunperin unkarilainen arkkitehtimallinnusohjelmisto, joka kuuluu nykyään Nemetschek-konserniin
BIM	Building Information Modeling = Tietomallintaminen
BIM-työkalu	Tehtäväkohtainen sovellus
BIM-sovellusalusta	Sovelluksen datan sisältävä alusta
BIM-työympäristö	Ohjelmistoon sidoksissa oleva, yrityksen sisäinen tietojenkäsittely-ympäristö
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
Elinkaarisuunnittelu	Elinkaarisuunnittelu sisältää rakennuksen arvon säilyttämisen kannalta vaaditut toimenpiteet rakennuksen suunnitellun eliniän ajan
Hankesuunnitteluvaihe	Hankesuunnitteluvaihe sisältää hankeselvityksen, hankeohjelman sekä investointipäätöksen
IFC	Industry Foundation Class, tiedonsiirtomuoto
iLink	Tocoman-ohjelmistotarjoajan kehittämä määrälaskentaan liittyvä lisäsovellus
Lean rakentaminen	Tuottavuuden ja laadun kehitysohjelma

L1	Rakennushankkeen piirustusten ensimmäinen suunnitteluvaihe, joka sisältää ehdotuspiirustukset
Objekti	Objekti eli olio liittyy tietomallinnukseen. Eri objektit sisältävät toisiinsa loogisesti liittyviä sääntöjä ja ehtoja
Panos	Kuluerät, jotka yhdessä muodostavat suoritteen
Parametri	Tieto, joka ohjaa aliohjelmien toimintaa tai jonka kautta aliohjelman tulos välittyy kutsuvaan ohjelmaan
Revit	Revit Architecture, yhdysvaltalaisen Autodesk-ohjelmistotarjoajan kehittämä, arkkitehdeille suunnattu tietomallinnusohjelmisto
Skanska Xchange	Yhteispohjoismainen asuntorakentamisen kehityshanke, joka tuottaa suunnittelualustoja, prosesseja ja työkaluja. Alustat ovat standardisoituja, mutta joustavia ja pitkälti käytössä Skanskan omassa asuntotuotannossa
Suorite	Rakennusosan tuottamiseen vaaditut työkokonaisuudet
Standardisointi	Pyrkimys yhtenäiseen ja yksiselitteiseen toimintamalliin
TCMPro	Tocoman-ohjelmistotarjoajan kehittämä kustannuslaskentaohjelmisto
Tiedonsiirto	Kyky siirtää tietoa eri BIM-ohjelmistojen välillä
Tuoterakenne	Rakennusosan tuottamiseen vaaditut materiaalit = Resepti
Törmäystarkastelu	Eri suunnitelmien keskinäisten ristiriitaisuuksien selvittäminen

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen taustaa

Tietomallinnus on sanana saavuttanut yhä tärkeämmän aseman kaikilla rakennusalan osa-alueilla sekä suuresti parantanut rakennushankkeeseen osallistuvien keskinäistä tiedonsiirtoa. Suurin osa maailman johtavista rakennusliikkeistä on siirtynyt käyttämään BIM-ratkaisuja lähes kaikissa omissa hankkeissaan. Tämä kehitys on ollut erityisesti merkille pantavaa, sillä muutosvistarinta rakennusalalla on yleistä.

Skanska on jo muutaman vuoden ajan ollut aktiivisena osana tätä muutosta. Koska tietomallit sisältävät yhä enemmän hankkeen läpiviemisen kannalta kriittistä informaatiota, voimme nykypäivänä hyödyntää niitä monipuolisemmin.

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta mahdollistaa rakennusosatasoisen määrälaskennan ja hinnoittelun joko suorite- tai panospohjaisesti. Seuraavana luonnollisena askeleena onkin yhdistää tietoa sisältävät 3D-objektit määrä- ja kustannuslaskentaan ja sen kautta edesauttaa tarkemman kustannukset huomioon ottavan suunnittelun jo L1-luonnosvaiheessa.

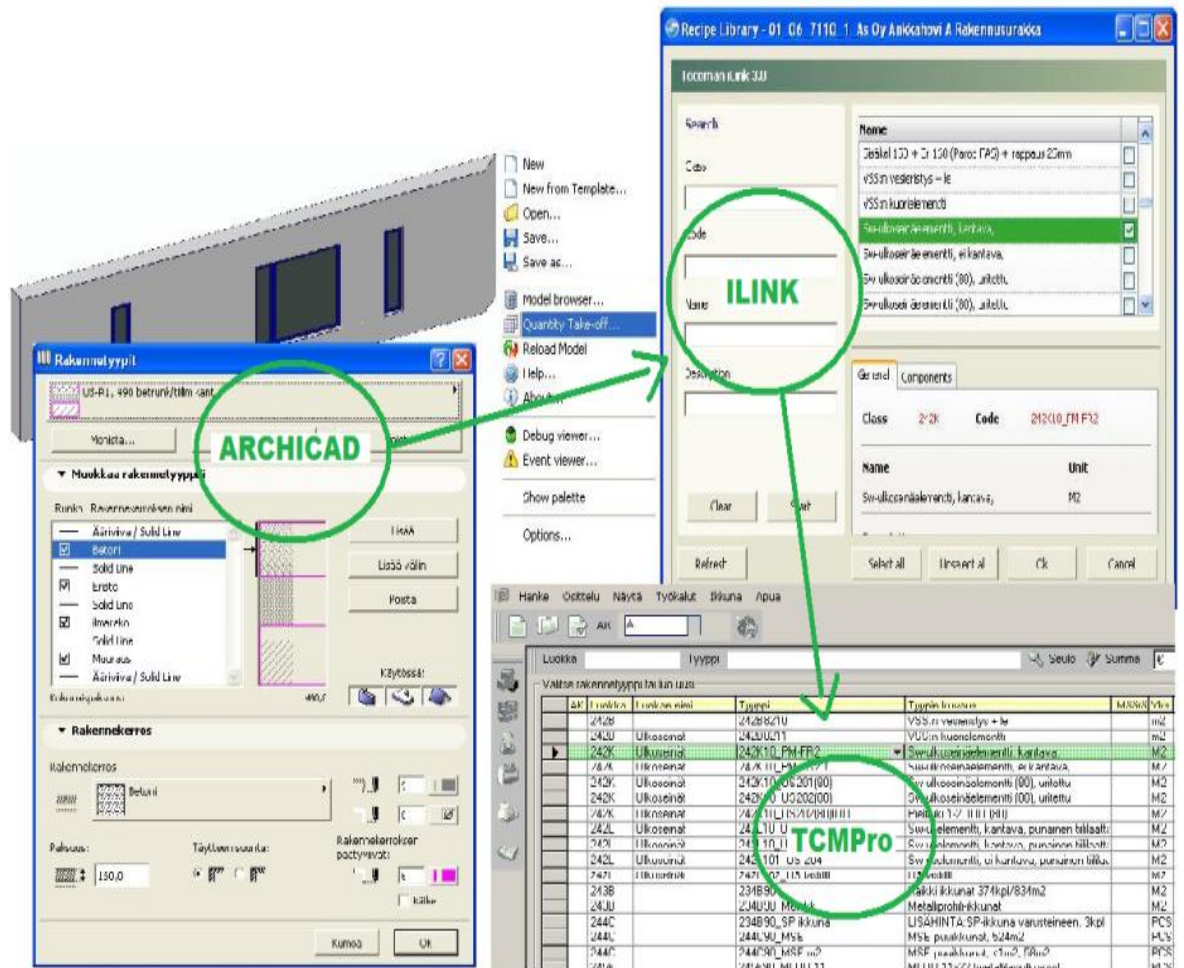
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoitteena on tuottaa luotettava tuoterakennekirjasto, joka yhdistetään Archicad-, Revit- ja TCMPPro-ohjelmistoihin. Sitä voidaan käyttää Skanskan Suomen eri aluetoimistoissa rakennushankkeiden kustannuslaskennan apuvälineenä.

Saavuttaakseen asetetun tavoitteen arkkitehtimallista valitut komponentit yhdistetään Tocomanin iLink-sovelluksen avulla TCMPPro-kustannuslaskentaohjelmistoon, jossa on kaikki tutkimustyössä käytetyt rakennetyypit pilkottuina suorite- ja panostasolle. Toimintaketjun tarkoituksena on mahdollistaa kustannustietojen saanti tietomallia hyväksikäyttäen rakennushankkeen kaikissa vaiheissa. Mikäli tietomallissa tehdään muutoksia olemassa oleviin rakennetyyppeihin tai niiden määriin, ne päivittyvät iLink-sovelluksen kautta TCMPPro-kustannuslaskentaohjelmistoon (kuva 1). Tutkimustyössä

selvitetään myös tuoterakenteiden käyttöä määrä- ja kustannuslaskennassa, tiedonkulku tietomallipohjaisen rakennushankkeen määrä- ja kustannustiedon tuottamisessa sekä näiden tietojen hyödyntäminen rakennushankkeen tuotannosuunnittelussa.

Tutkimustyö rajoittuu käsittelemään kustannuslaskentaa, mutta ei sulje pois muita suunnittelutehtäviä, sillä kustannukset muodostuvat materiaaleista ja työstä, jolloin saatu tieto on hyödynnettävissä myös aikataulu- ja laatusuunnittelussa. Muu poisrajattava asia on tilapohjainen kustannuslaskenta (pintakäsittely, laitteet, varusteet, kalusteet).



Kuva 1. Tiedonkulku eri tutkittavien ohjelmistojen välillä (28, s. 27).

1.3 Tutkimuksen rakenne

Teoriaosuudessa perehdytään tietomallinnuksen historiaan sekä nykyteknologian suomiin mahdollisuuksiin. Teoriaosuuden ensimmäisessä vaiheessa käydään läpi, mitä hyötyjä tilaaja ja rakennusliike voivat saavuttaa kattavan, yksityiskohtaisen tietomallin avulla ja mitä ongelmia ja haasteita rakennusalan tietomallinnuksella on vastassa. Seuraavassa vaiheessa tarkastellaan tietomallipohjaisen kustannuslaskennan vaatimukset. Tässä vaiheessa käydään läpi eri osakokonaisuudet, jotka oikein yhdistettyinä tuottavat rakennushankkeen tarvittavat kustannustiedot sekä luovat käyttökelpoisen pohjan muille rakennushankkeen suunnittelutehtäville (aikataulu, laatu).

Insinööriyön varsinaisessa tutkimusosassa valitaan Skanskan Xchange-rakennekirjaston 25 käytetyintä rakennetyyppiä seuraavista rakennusosista: alapohjat, välipohjat, yläpohjat, ulkoseinät, väliseinät sekä pintarakenteet. Valitut rakennetyypit puretaan suorite- ja panostasolle TCMPPro-kustannuslaskentaohjelmistoon, minkä jälkeen niille luodaan iLink-sovelluksen avulla määrälaskentaohjeet Archicad- ja Revit-tietomallinnusohjelmistoissa. Kustannuslaskennan kannalta oleellisen tiedon sujuva siirtyminen linkitystiedoston avulla testataan käytännön pilottihankkeessa.

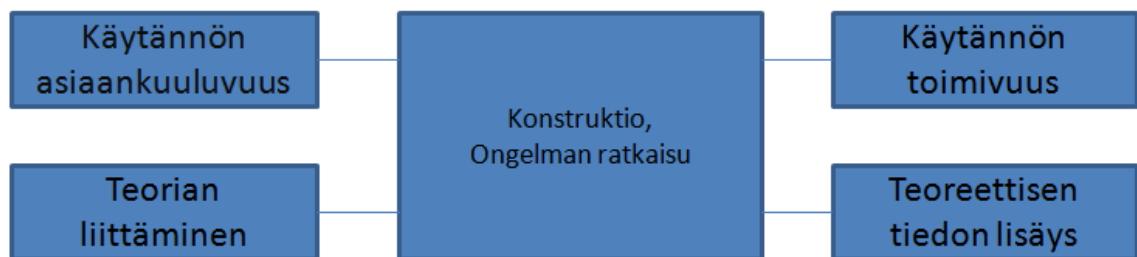
Insinööriyön tulee päättämään luku 5, joka käsittelee johtopäätökset sekä kehitysajatukset tutkimustyöstä ja rakennusalan tietomallipohjaisesta kustannuslaskennasta. Työn aikana käytetty nimi Skanska viittaa Skanskan Etelä-Suomen asuntorakentamisen yksikköön.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Yleisimmillään tieteellisen tutkimuksen tarkoitus on kumuloida jäsentynyttä tietovarantoa todennettavalla tavalla (20, s. 60–74). Tiedon kumuloituvuus korostaa sitä, että uutta tietoa ei muodosteta nollapohjalta, vaan perustana on aina jokin aikaisempi tietämys – doktriini. Jäsentyneisyydellä tarkoitetaan pyrkimystä tiedon loogiseen ja järjestelmälliseen esittämiseen kiteytetyllä, ymmärrettävällä tavalla. Todennettavuus tarkoittaa, että tieteessä pitää olla riittävän yhteiset ja yleiset pelisäännöt siitä, milloin tietovaranto voidaan hyväksyä lisääntyneeksi. Näille yhteisille pelisäännöille on tyypillistä vaatimukset tulosten julkisuudesta ja toistettavuudesta

(”samoista lähtökohdista, samalla logiikalla samaan lopputulokseen”). Esitetyistä tuloksista voi siten tulla hyväksytyt tieteellisen tietovarannon lisäys vasta kriittisen tutkimusyhteisön kautta. Tämä yleinen periaate on voimassa tutkimusotteesta riippumatta.

Tämän insinööriyön tutkimusmenetelmäksi valittiin konstruktivinen tutkimus, jonka tavoiteltu hyöty nousee muiden tutkimusmenetelmien ylitse. Kuten kuvassa 2 esitetään, Konstruktivisen tutkimustyön perusvaatimuksena on ongelmien ratkaisun yhdistäminen teoreettiseen tietoon.



Kuva 2. Konstruktivisen tutkimuksen elementit (17, s. 246).

Kasanen, Lukka ja Siitonen (1993) luonnehtivat konstruktivisen tutkimuksen olevan työnjohdon ongelmaratkaisukeino, joka käyttää hyväkseen muun muassa malleja, kuvaajia, piirustuksia sekä ohjelmia.

Tekijät erottelevat konstruktivisen tutkimuksen kuusi eri vaihetta:

1. Tutkimuspotentiaalia sisältävän käytännön ongelman identifiointi
2. Tutkittavan aiheen yleinen ja kattava ymmärtäminen
3. Innovatiivisuus eli ratkaisun kehittäminen
4. Ratkaisun toimivuuden todistaminen
5. Teoreettisten yhteyksien, ja tutkimustulosten hyödyn osoittaminen
6. Ratkaisujen soveltuvuusalueiden tutkiminen

Tämä insinööriyö tietomallipohjaisesta kustannuslaskennasta vastaa edellä lueteltuja konstruktivisen tutkimustyön vaatimuksia ja käyttää kolmea eri tietolähdettä: dokumentteja, haastatteluja sekä suoria toteamuksia. Monipuolisten tietolähteiden

käyttö tuottaa todennäköisemmin vakuuttavampaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa ja päätelmiä kuin yhden ainoan tietolähteen käyttö (32, s. 98).

2 Kirjallisuuskatsaus tietomallintamisesta

2.1 Tietomallinnuksen teknologia

2.1.1 Historia

BIM (*Building Information Modeling*) – eli rakennuksen tietomallintaminen ylitti kehitysasteella olevan näkemyksen ja luotettavan taloudellisen apuvälineen rajan viime vuosikymmenen alussa. Nykyään BIM on jo välttämätön termi, joka on laajalti käytössä kaikilla rakennusalan osa-alueilla. Siirtyminen tietokoneavusteisesta piirtämisestä (CAD) rakennusten tietomallintamiseen ei ole kuitenkaan ollut itsestään selvä askel, vaan se on edellyttänyt kokonaisvaltaisen siirtymisen piirtämisestä mallintamiseen. Tietomallinnus on tulonsa myötä tarjonnut alati kasvavia ratkaisuja rakennusteollisuudelle, mikä on johtanut uuteen tapaan suunnitella ja toteuttaa rakennushankkeita.

Ajatus rakennuksien tietomallintamisesta nousi ensimmäistä kertaa pinnalle rakennusalan suunnitteluohjelmistojen kehityksen yhteydessä (6, s. 2-10. 8, s. 46-50). Ongelmia BIM:n kehityksessä tuottivat alkuaikoina mallinnukseen soveltuvien tietokoneiden ja ohjelmistojen kustannukset ja myöhemmässä vaiheessa 2D-CAD-ohjelmien saavuttama maailmanlaajuinen suosio.

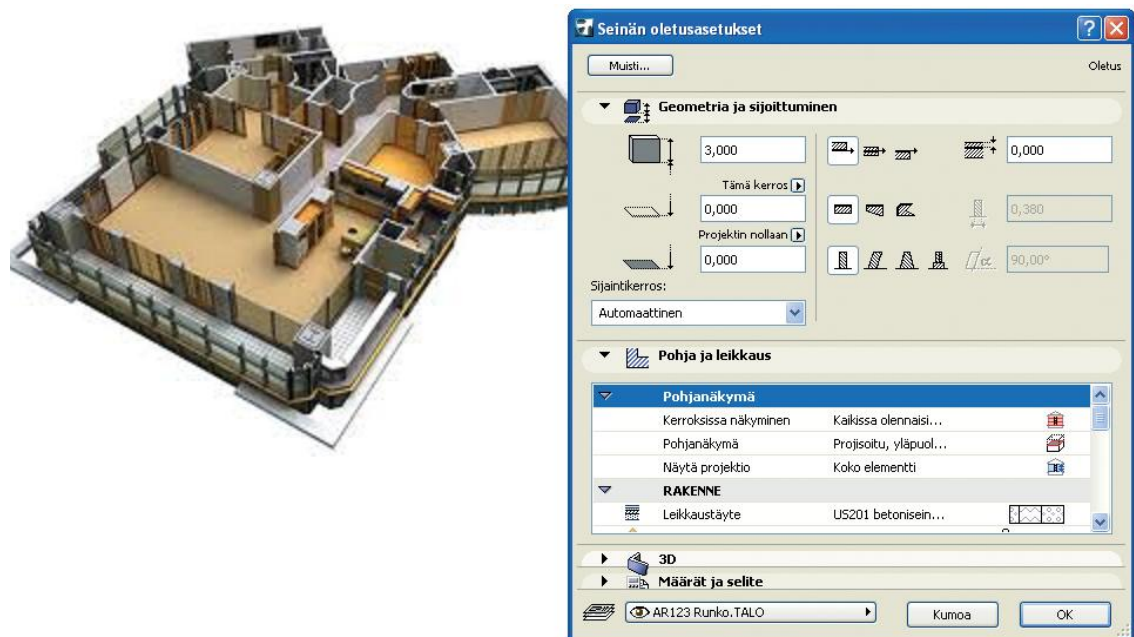
Kehitystyö akatemioiden ja ohjelmistotarjoajien välillä kuitenkin jatkui, ja BIM:stä tuli vähitellen realistisempi ja käytännöllisempi vaihtoehto rakennushankkeiden suunnittelussa. Läpi 1990-luvun luotiin perustukset objektipohjaisen rakennuksen tietomallintamiselle (11; 16; 9.) ja parametrinen 3D-mallinnus kehitettiin vastaamaan kohderyhmien vaatimuksia, esimerkkinä terästeollisuus. Nykyaikaiset BIM-työkalut ovat tulos näkemyksistä, joita on rakennusalalla yli kolmen vuosikymmenen ajan ennustettu.

2.1.2 Rakennusten objektipohjainen parametrinen mallintaminen

Objektipohjainen parametrinen mallintaminen kehitettiin 1980-luvulla vastaamaan tuotannon tarpeita. Se ei sisällä määrättyjä muotoja tai ominaisuuksia omaavia objekteja. Sen sijaan se edustaa objekteja parametrien ja sääntöjen avulla, jotka puolestaan määräävät geometrisen muodon sekä joitakin ei-geometrisia arvoja ja ominaisuuksia (10, s. 31). Parametrit ja säännöt voivat olla sidoksissa muihin

objekteihin mahdollistaen objektien automaattisen päivityksen käyttäjän suorittamien toimintojen ja muutoksien yhteydessä. Räätylöidyt parametriset objektit mahdollistavat sellaisten monimutkaisten geometrinen kuvioiden luonnin, jotka olivat ennen tätä joko mahdottomia tai vain epäkäytännöllisiä toteuttaa. Rakennusalan BIM-ohjelmistotarjoajat ovat luoneet aloituspohjaksi objekteista koostuvia rakenneryhmiä, joita voidaan muokata vastaamaan rakennushankkeessa käytettyjä rakennetyyppejä (kuva 3).

Rakenneryhmät antavat mahdollisuuden tuottaa erilaisia rakennetyyppejä, joiden muodot vaihtelevat sekä omien parametrien että siihen yhteydessä olevien objektien parametrien mukaan. Tapa millä objekti päivittyy samalla kuin siihen sidoksissa olevat objektit muuttuvat, kutsutaan ”käyttäytymiseksi” (behaviour).



Kuva 3. Esitys seinän parametrisesta mallintamisesta Archicadilla (Mikael Diakhate)

Parametrisessa mallintamisessa yksittäisten rakennetyyppien suunnittelun sijasta suunnittelija valitsee ensiksi rakenneryhmän, joka sisältää valmiiksi asetetut parametriset geometrian arvot sekä joukon sääntöjä ja yhteensopivuusehtoja, jotka tulevat määräämään tuotetun rakennetyypin parametrit. Käytettyjä ehtoja ja sääntöjä objektien määrittämisessä ovat esimerkiksi: *välimatka*, *kulma*, *sidoksissa johonkin*, *samansuuntainen kuin*, *etäisyys jostakin*.

Vaihtoehtoisesti säännöt voidaan myös asettaa koko tietomallia koskeviksi ehdoiksi kuten seinän minimipaksuus. Tämä mahdollistaa suunnittelijan ehtojen puitteissa tekemät muutokset. Ohjelma varoittaa, mikäli ehdot eivät täyty.

On yleistä, että rakennuksen parametriseen mallintamiseen tarvitaan yli 100 sääntöä sekä laaja määrä erilaisia ominaisuuksia (10, s. 43). Tämä selittää myös miksi suunnittelija voi kohdata ongelmia joidenkin erikoisrakenteiden osalta; sisäänrakennetut säännöt eivät kata kaikkia rakennemuotoja.

Jokainen BIM-ohjelmisto sisältää omaperäisiä objekteja, joita käytetään rakennuksen primääristen objektien parametrien määrittämisessä (taulukko 1). Eroteltavissa on kolme eri objektiluokkaa, jotka kattavat tietomallinnuksen kysynnän nykyisiä tarpeita. Ensimmäinen luokka sisältää parametriset objektit, jotka ovat interaktiivisessa suhteessa tietomallin muihin objekteihin. Näitä ovat seinät, pilarit, laatat ja palkit, joilla on moniulotteiset ominaisuudet ja jotka ovat tietomallinnusohjelmistojen ”peruspilareita”. Toinen luokka sisältää objektit, joilta ei vaadita määriteltyä parametrista käyttäytymistä, kuten kylpyhuoneen kalusteilta sekä tietyiltä ovilta ja ikkunoilta, joilla on ympäristöönsä nähden muuttumattomat mittasuhteet. Näitä objekteja on saatavilla esimerkiksi tuotevalmistajien ja ohjelmistotoimittajien sivustoilta.

Kolmas objektiluokka sisältää kaupalliset tuotteet, jotka räätälöidään vastaamaan yksittäisten rakennushankkeen tarpeita. Se pitää sisällään muun muassa monimutkaisia kattorakenteita, pintarakennekokonaisuuksia, kaideratkaisuja sekä terästeollisuuden erikoistuotteita. Nämä ovat kaikki yksinkertaisia tai monimutkaisia parametrisia objekteja, joiden käyttäytymisen määrittämiseen edellytetään samaa huolellisuutta ja tarkkuutta kuin ensimmäisen luokan objektien luomisessa.

Taulukko 1. Tunnetuimpien BIM-suunnitteluohjelmistojen 1.luokan objektiryhmät (10, s. 47).

BIM	Archicad	Bentley	Revit Architecture	Vectorworks	Digital Project
Suunnitteluohjelmisto	v14	Architecture v8.i	v2011	v2010	v1, R4, SP 7
Perusrakenneluokat					
Aluesuunnittelu	Verkkotyökalu & Objektit	(Korkeuskäyrämalli)	(Maastopinta) & Objektit	Maastonmerkintä Tuotteet	Pinnan mallinnus
Tilavuus	Kyllä (Manuaalinen)	Kyllä (Manuaalinen)	Kyllä (Automaattinen)	Kyllä (Manuaalinen)	Kyllä (Automaattinen)
Seinät	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Pilarit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Katot	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Raput	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Laatat	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Alue	Zone	Zone	Area	Area	
Palkit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Ohjelmistokohtaiset	Paikallavalu,	Seinien pintarakenteet	Alue, komponentit	Ikkunaseinät	Putket, duct
Uniiit Objektit	Betonielementit	Putket, kattoristikot,	kattojen pintarakenteet	mek.varusteet	mek.varusteet
	Teräs, muuraus	Vessojen kalusteet	Järjestelmät,	Keittiökaluusteet	Kaiteet, avaukset
	Lämpö ja kosteus,	Käsijohteet, hyllyt	Verhoukset	Kaiteet, hissit	Avauksen profiilit
	kalusteet,	kuilut	Karmit, kattoristikot	Liukuportaat	Rakennustarvikkeet
	Putket, sähkö,		Palkkijärjestelmät	Johteet	
	LVI, varusteet,		Perustusosat	Putkien kotelot	
	Mittauskalusto		Rampit, kaiteet	Johtimien kotelot	
	Työmaa-alue				

2.1.3 BIM-työympäristö, sovellusalustat ja työkalut

Rakennusalan yrityksen sisäisessä BIM-suunnittelu- ja kehitystyössä on hyödyllistä ajatella tietomallia arkkitehtuuristen systeemien termien avulla. BIM-ominaisuuksien jaottelussa (taulukko 2) on käytetty seuraavia muodollisia termejä:

- **BIM-työkalu** on tehtäväkohtainen sovellus, joka tuottaa tietyn lopputuloksen. Esimerkkityökaluja ovat piirustus-, kustannuslaskenta-, törmäystarkastelu-, energiakulutus-, aikataulutus-, renderöinti- sekä visualisointityökalut.
- **BIM-sovellusalusta** on yleensä rakennussuunnittelulle luotu sovellusalusta, josta saa eri käyttötarkoituksiin soveltuvaa moniulotteista dataa. Alusta luo primääriseen tietokannan, joka sisältää sovellusalustan datan. Moni BIM-sovellusalusta sisältää valmiiksi tiettyjä työkalusovelluksia kuten piirustusten luonti ja törmäystarkastelu.
- **BIM-työympäristö** on tietomallinsohjelmistoon sidoksissa oleva (sovellusalusta ja työkalut) yrityksen sisäinen tietojenkäsittelyympäristö. Työympäristö sisältää yrityksen sisäisiä toimintatapoja. Automaattinen BIM-työkaluilla tuotettujen tietokantojen käsittely on sen näkyvin tarkoitus. Verrattuna sovellusalustaan BIM-työympäristö antaa mahdollisuuden sisällyttää tietomalliin paljon enemmän projektin johtamiseen tarvittavaa tietoa kuten kuvia, videoita, ääninäytteitä, sähköposteja ynnä muuta sellaista.

Taulukko 2. BIM-suunnitteluohjelmistojen kriittisiä ominaisuuksia (10, s. 72-77):

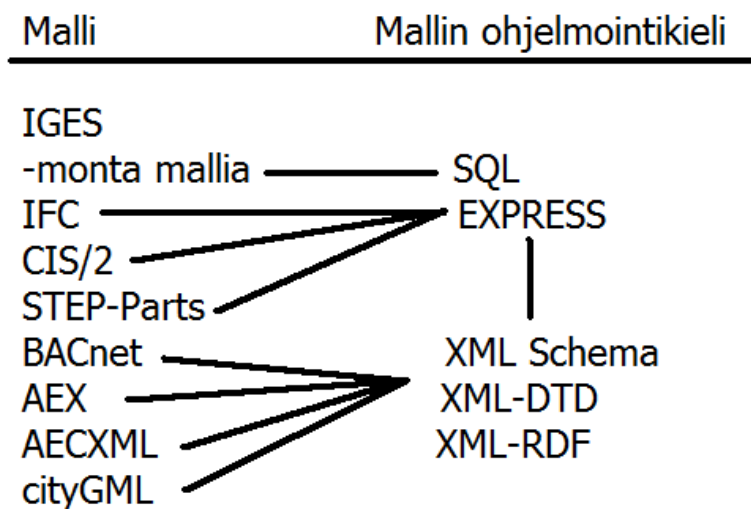
TYÖKALUT	SOVELLUSALUSTA	TYÖYMPÄRISTÖ
Käyttöliittymä: Helppokäyttöisyys	Skaala: Laajan, paljon yksityiskohtia sisältävän projektin pyörittäminen	Sovellusalojen tukeminen: Kuinka monta sovellusaloja tukee
Piirustuksien tuotto: Reaaliaikainen päivitys	Työkaluliittymät: Vaihtoehtojen monipuolisuus	Monipuolinen esitys: Kuinka monta elementtiä ympäristö tukee
Räätälöidyt parametriset objektit: Helppokäyttöisyys	Rakennekirjasto: Sisällön laajuus	Tietojen käsittely: Nopeus, yhtäaikaisuus
Monitasoisten pintojen mallintaminen: Tukeeko vai ei	Käyttöliittymän yksiselitteisyys: Loogisuus	Muutoksien käsittely: Mille tasolle päästään
Muut ominaisuudet: Tukipalvelut	Laajennettavuus: Mahdollisuudet	
	Yhteensopivuus: Mitä muita ohjelmistoja tukee	
	Monikäyttäjämahdollisuus: Suunnitteluryhmän yhtäaikainen käyttö	
	Ylläpitotehtävät: Kuinka tehokas tuki	

2.1.4 Tiedonsiirto

Geometrinen muotojen ja materiaalien kuvauksen lisäksi sovellukset käyttävät omia tapoja esittää rakennusta. IAI (*International Alliance for Interoperability*) on CAD-ratkaisujen tarjoajien, kuten Graphisoft, Autodesk, Bentley, Nemetschek sekä monen muun järjestön ”yhteisliittouma”. IAI määrittelee eri ohjelmien välisen tiedonsiirron yhteensopivuuden perustana olevan käyttöympäristön, jossa tietokoneohjelmat voivat automaattisesti hakea tietoa, ohjelmistotyypistä tai tiedonlähteestä riippumatta (7). Tiedonsiirto sulavoittaa siis työnkulkua helpottaen joskus sen automatisointia. Yleisin ja samalla tärkein tiedonsiirto tapahtuu BIM-sovellusalan ja BIM-työkalusovelluksen

välillä (tavanomaisimmat ovat analysointityökalut kuten määrälaskenta-, aikataulu-, rakenne- ja hankintatyökalut). Tiedonsiirtoon käytetty formaatti perustuu eri malleihin, joista jokainen käyttää omaa ohjelmointikieltä (kuva 4).

Rakennusalaan kiinnostavimpina ohjelmointikielinä voidaan luetella SQL (*Structured Query Language*), ISO-stepin EXPRESS (jonka yhtenä mallina on mm. *Industry Foundation Classes* eli IFC) ja XML (*eXtensible Markup Language*).



Kuva 4. Formaatin mallin ja mallin ohjelmointikielen väliset suhteet (10, s. 106).

Formaatin mallin ja ohjelmointikielen määrittelemien rajojen perusteella voidaan tiedonsiirron luokitella tapahtuvan kolmella eri tavalla (10, s. 107):

- **Suorat linkit** (*Direct links*): käyttävät tietyn systeemin sovelluksen ohjelmointijärjestelmää (*Application Programming Interface* eli API). Siirrettävä tieto kerätään talteen, minkä jälkeen tieto kirjoitetaan uudestaan käyttäen vastaanottavan sovelluksen ohjelmointikieltä.
- **Yksityiset tiedonsiirtoformaatit** (*A proprietary exchange format*): kaupallisten yritysten kehittämät tiedonsiirtojärjestelmät, jotka räätälöidään vastaamaan kohdeyrityksen käyttämiä sovelluksia. Mallin sisältö voi olla joko julkinen tai salainen. Esimerkkinä Autodeskin käyttämä DXF-formaatti (*Data eXchange Format*).

- **Vapaaseen levitykseen tarkoitettujen tuotteiden datamallien siirtoformaatti** (*The public product data exchange format*): perustuu suojaamattomaan ja avoimesti päivitettävissä olevaan malliin ja ohjelmointikieleen. Esimerkkeinä IFC, XML tai tekstitiedostot (*text files*).

On otettava huomioon, että kun kyseessä on siirrettävien objektien mallintaminen, soveltuvin taho on rakennusosan valmistaja itse. Tämä voisi tuottaa enemmän uudelleenkäyttömahdollisuuksia ja tarkkuutta sekä kattaa lukuisempien tahojen etuja (19, s. 13).

2.2 Tietomallinnuksen suurimmat hyödyt

2.2.1 Tilaajan näkökulma

Tilaja voi saavuttaa merkittävän hyödyn käyttämällä tietomallinnusta rakennushankkeessa. Toimitusvarmuus on tietomallinnuksen ansioista parantunut, mikä taas on alentanut kustannuksia ja lyhentänyt ajallisesti rakennustuotannon prosesseja (10, s. 151).

Kuva 5 esittää hyvin, miten virtuaalisen rakennusteknologian sekä suunnitelmien käyttö helpottaa hankesuunnitteluvaiheen tiedonkulkua ja päätöksien tekoa.



Kuva 5. Virtuaalisen rakennusteknologian ja suunnitelmien käyttö hankesuunnitteluvaiheessa (15, s. 15).

Virtuaalisella suunnittelulla saavutettavat hyödyt voidaan myös kiteyttää seuraavalla tavalla (15, s. 16):

- Hankkeen markkinointi paranee huomattavasti. Hankkeen kehittäjä voi helpommin määritellä asiakkaan kannalta houkuttelevien asuntojen hinnan. Asiakkaat saavat paremman kuvan asunnon ominaisuuksista jo ennen sopimuksen allekirjoittamista.
- Elinkaarisuunnittelu on mahdollista aikaisessa vaiheessa ja sitä voidaan muokata vastaamaan asetettuja tavoitteita.

- Integroidut rakenne- ja asennussuunnitelmat johtavat tehokkaampaan törmäystarkasteluun, jolloin työmaalla suoritettavien korjausten määrä vähenee.
- Kiinteistöpitoon liittyvien mallien ulossaanti nostaa koko rakennuksen arvoa.

Selvää on myös, että tietomallinnuksen kaikki hyötypuolet ovat vielä käyttämättä ja muutokset tuotantoprosesseissa ja teknologian käytössä tulevat tarjoamaan uusia vielä kartoittamattomia hyötyjä (10, s. 152).

2.2.2 Rakennusliikkeen näkökulma

Tietomallinnusteknologian käyttö säästää sekä aikaa että rahaa. Tarkka tietomalli palvelee kaikkia projektin osapuolia mahdollistaen tarkemman ja sulavamman rankennussuunnitteluprosessin, mikä puolestaan vähentää tuotantoketjussa tapahtuvia mahdollisia virhearviointeja ja ristiriitaisuuksia (10, s. 263).

Tietomallissa tavoiteltu, rakennusyrittästä palveleva tieto on (10, s. 269):

- **3D-näkymässä saatavilla olevat tarkat rakennusosatiedot.** Verrattuna tasopiirustuksiin tämä helpottaa rakennettavien osien hahmotusta ja määrätietojen ulossaantia.
- **Kalustoa sekä työtapoja kuvaavat väliaikaiset komponentit.** Tämä on välttämätön tieto työn suunnittelun ja aikataulutuksen kannalta.
- **Jokaiseen rakennusosaan linkitetty tekstitiedosto.** Nämä tiedostot sisältävät informaation kyseisen rakennusosan tuottamiseen tarvittavista hankinnoista, asennuksista ynnä muista tarpeellisista asioista.
- **Analyysit rakenteisiin vaikuttavista kuormista, rakennusvaiheen aikaisesta valaistuksesta, lämpöhukista jne.** Tätä tietoa käytetään rakentamisen suunnittelussa.
- **Rakennusosien valmiusaste.** Hankkeen edistymistä ja aikataulussa pysymistä voidaan seurata niiden avulla.

Yksikään tietomallinnusohjelma ei anna kaikkia yllä lueteltuja asioita, mutta lista antaa hyvän näkemyksen tietomallinnuksen kehitykseen vaikuttavista tekijöistä.

Niin kuin kaikissa asioissa, tavoiteltu hyöty määrää suoritettavat toimenpiteet, ei toisinpäin. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi tavoiteltu hyöty rakennushankkeen eri osa-alueilla sekä tietomallinnuksen tarjoamat ratkaisut sen hyödyn saavuttamiseksi.

Törmäystarkastelulla saavutettava suunnitteluvirheiden minimointi

Perinteisessä 2D-piirustuksiin pohjautuvassa törmäystarkastelussa eri suunnittelualojen tietomallit asetetaan toistensa päälle, jolloin mahdolliset ristiriitaisuudet ovat tunnistettavissa. Sama menetelmä pätee myös 2D-CAD-työkaluihin, joissa eri tasot sijoitetaan päällekkäin, mahdollisten ongelmien tunnistamiseksi manuaalisesti. Yksinkertaiset automatisoidut 3D-tarkastelusovellukset tukeutuvat geometrinen 3D-muotojen käyttöön, jolloin analyysin mukana tulee myös paljon turhaa informaatiota. Ongelmia syntyy myös kun 3D-muodot eivät ole yhtenäisiä ja erillisiä objekteja, jolloin sovellus ei osaa erottaa toistensa tiloja käyttäviä rakenteita (10, s. 273).

Näiden törmäystarkastelutapojen vastakohtana on tietomallipohjainen törmäystarkastelu. Siinä käytetään apuna tiettyyn merkitykseen yhdistettyjä geometrian lakeja ja eri sääntöihin perustuvaa törmäystarkastelua. Tämä mahdollistaa erikseen valittujen tietomallien ristiriitaisuuksien tarkastelun. Esimerkiksi talotekniset ja runkorakennetyöt voidaan ottaa erilliseen tarkasteluun, sillä mallin jokainen komponentti on yhdistetty tiettyyn tietomalliin. Törmäystarkastelu kaikissa suunnitteluvaiheissa, oli yksityiskohtia kuinka paljon tai vähän tahansa, on siis mahdollista. Tietomallipohjainen törmäystarkastelu voi myös käyttää ennalta määriteltäviä ehtoja analyyseissään. Rakentaja voi esimerkiksi hakea paikat, joissa vaadittavat suojaetäisyydet eivät toteudu (10, s. 273).

Määrä- ja kustannuslaskentatoimen kehittäminen

Rakennussuunnitteluprosessissa on monia laskentatoimeen liittyviä vaiheita. Skaala vaihtelee suunnittelun alkuvaiheen karkeista arvioista tarkempiin arvioihin sitä mukaa kuin hankkeesta saadaan lisää tietoa. On sanomattakin selvää, ettei rakennuttaja halua odottaa suunnitteluvaiheen loppuun ennen käyttökelpoisen kustannusarvion saantia. Tietomallinnus helpottaa suuresti väliarvioiden muodostamista. Ongelmat tunnistetaan aikaisessa vaiheessa. Mikäli kustannusarvio on ylittymässä, voidaan mahdollisimman

tarkkojen tietojen perusteella tehdä tarvittavat muutokset. Tämä mahdollistaa halutun laadun saavuttamisen, samalla kun hanke pysyy kustannuksiltaan tavoitearvion puitteissa (10, s. 275).

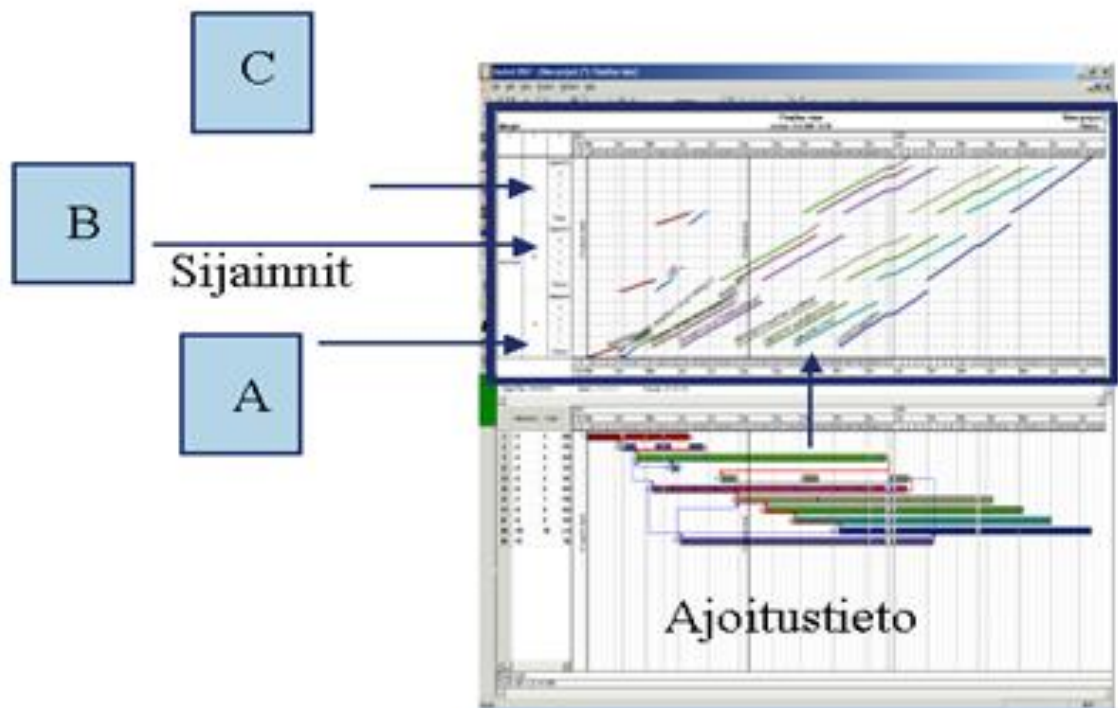
Perinteisesti L1-luonnossuunnitteluvaiheessa kustannusarvio muodostetaan rakennuksen mittojen ja käyttötarkoituksen perusteella. Saatavilla oleva määrätieto ja sen kautta kustannustieto ovat hyvin karkealla tasolla, sillä niissä ei vielä erotella rakennetyyppejä. Näitä suunnittelutietoja voidaan yleisellä tasolla käyttää hankkeen hinta- sekä aikarajan määrittämisessä (15, s. 19). Tietomallihankkeessa rakennetyyppivaihtoehdot ovat saatavilla ja muokattavissa alusta lähtien. Sitä mukaa kun tietomalli täydentyy, siitä on aina mahdollista tulostaa tarvittavat määrä- ja rakennetyyppitiedot kustannusarvion muodostamista varten. Sama toiminta-ajatus toistuu myös Skanskassa, jossa käytetään Skanskan omia aloituspohjia, jolloin mallintaminen tehdään alusta asti oikeilla rakennetyypeillä (29).

On kuitenkin otettava huomioon, että vaikka tietomallista saadaan siihen soveltuvien työkalujen ansiosta tarkkaa ja hyödyllistä tietoa rakennuksen määrästä, ne eivät sovellu määrä- ja kustannuslaskijoiden korvaamiseksi. Määrä- ja kustannuslaskijat ovat kriittisessä roolissa, joka ulottuu paljon pidemmälle kuin pelkästään määrä- ja kustannustietojen arviointiin (10, s. 276). Kustannuslaskentaprosessi vaatii tuntemusta hankkeen olosuhteista sekä niiden vaikutuksesta rakenneratkaisuihin ja kokonaiskustannuksiin.

Rakennusvaiheen analyysien ja aikataulutuksen tarkentuminen

Rakennusvaiheen suunnittelu ja aikataulutus vaatii työsuoritusten johdonmukaista jaksottamista sekä ajassa että avaruudessa. Hankintojen, resurssien sekä käytössä olevien rakennuspaikkojen lisäksi siinä on otettava huomioon kaikki muutkin rakentamisprosessiin vaikuttavat seikat.

Tietyt rakennusalaan varten kehitetyt ohjelmistot ovat jo muutaman vuoden ajan mahdollistaneet paikka-aikasadonnan tehtäväsuunnittelun (paikka-aikakaavio). Ne käyttävät Critical Path -menetelmää, jonka avulla selviää hankkeen läpiviennin kannalta kriittisten tehtävien riippuvuussuhteet (kuva 6).



Kuva 6. Hankkeen eri työkokonaisuuksien paikkasidonnainen aikataulutus (12, s. 19).

BIM-työkaluilla voidaan aikataulutuksen kannalta olennainen tieto siirtää tietomallista näihin aikataulusohjelmistoihin, jolloin pystytään saamaan visuaalinen käsitys rakennustyömaan aikataulusta koko sen keston ajan. Tieto työsuorituksista siirtyy siis aikataulusohjelmistoon, jossa laaditaan toimiva aikataulu käytettävissä olevien resurssien ja paikkojen avulla.

Rakennusvaiheen hankkeenohjauksen parantaminen BIM -työkalujen avulla

Rakennushankkeeseen osallistuvat tahot käyttävät erilaisia työkaluja projektin tilan määrittelyssä ja raportoisessa. Tietomallinnuksen suomat apuvälineet näiden toimintojen tukemiseen ovat:

- **Budjetin ja toteuman välisten erojen raportointi.** Esimerkiksi Vico Cost Explorer -ohjelmisto antaa mahdollisuuden linkittää hankkeen toteutuneita kustannuksia tietomalliin mahdollistaen tarkemman reaaliaikaisen kustannusseurannan.
- **Hankkeen valmiusaste.** BIM:n avulla, jokaiselle suoritteelle voidaan merkitä oma valmiusaste (suunnitteluvaiheessa, rakenteilla, valmis, ja niin edelleen).

Suoritteiden valmiusasteet voivat olla yhdistettyinä eri väreihin, jolloin koko hankkeen valmiusaste ja mahdolliset ”pullonkaulat” ovat helpommin tunnistettavissa.

- **Hankintojen tekeminen.** Tämä toiminto on vielä kehitysasteella. Rakennesuunnittelupuolen ohjelmistotarjoaja Tekla Oyj on muun muassa tehnyt yhteistyötä Consolis-yrityksen kanssa, joka on Euroopan yksi johtavista esivalmisteisten betonirakenteiden valmistajista. Yhtenä yhteistyön osa-alueena on ollut rakennemallien hyödyntäminen hankinnoissa.
- **Tilausten seuranta.** BIM mahdollistaa tilausten seurannan sekä kykenee heijastamaan viivästyksien vaikutukset hankkeen aikataulussa.
- **Työturvallisuuden parantaminen.** Kaikki työturvallisuuden parantamiseen soveltuvat työkalut ovat hyvin arvokkaita rakennusryhmälle. Visuaalinen malli antaa työryhmälle mahdollisuuden tutustua työkohteisiin sekä ennalta määritellä työturvallisuuden kannalta kriittiset rakennusvaiheet ja paikat.

Esivalmisteisten elementtien suunnittelun ja toteutuksen parantaminen

Esivalmisteiset komponentit vaativat tarkkoihin piirustuksiin pohjautuvaa yksityiskohtaista suunnittelua. Näiden elementtien avulla on mahdollista säästää sekä työtunteja että erilaisia paikalla-asentamiseen liittyviä turvallisuusriskejä. BIM antaa mahdollisuuden tulostaa toimittajille kaikki rakennusosiin liittyvät vaatimukset (3D-geometria, materiaali- ja laatuvaatimukset, toimitusjärjestys, ja niin edelleen).

Työmaa-aikaisten tarkastuksien, seurannan ja johtamisen parantaminen

Alla on lueteltuina muutamia tekniikoita, jotka yhdistettyinä tietomalliin voidaan käyttää työmaanjohtamisen apuvälineinä:

- **Laserskannaustekniikat:** rakennuttajalla on mahdollisuus käyttää lasermittaustekniikkaa, jonka avulla voidaan syöttää sijaintikoordinaatit suoraan tietomalliin. Tällä varmistetaan esimerkiksi valujen sijainti tai pilarin tarkka, lopullinen paikka.
- **Kaluston ohjaustekniikka:** maanrakennusvaiheessa urakoitsijat voivat muun muassa käyttää automatisoitua raivaus-/kaivukalustoa, joka käyttää suoraan BIM:stä saatuja sijaintikoordinaatteja.

- **GPS-teknologia:** työntekijöillä on mahdollisuus saada työpisteisiinsä sekä omiin sijainteihinsa liittyvää relevanttia tietoa.
- **Radioaaltotaajuuksia käyttävät tunnistuslaatat (RFID)** mahdollistavat rakennuskomponenttien seurannan toimitus- ja asennusvaiheessa. BIM-komponentti, johon on kiinnitetty RFID-laatta, voi esimerkiksi automaattisesti päivittää itseään ja antaa rakennuttajalle hyödyllistä palautetta valmiusasteestaan.

Yleisellä tasolla voidaan todeta, että työmaa-aikainen BIM:n käyttö tulee huomattavasti yleistymään sitä mukaa kun langattomat laitteet ja tavat siirtää BIM-tietoa tulevat työntekijöiden käyttöön.

2.2.3 BIM:n ja Lean rakentamisen välinen yhteys

Lean rakentamisessa toimintaa lähestytään arvon tuottamisen kannalta läpi toimitusketjun. Ajattelun taustalla on Toyotan tuotantofilosofia (*Toyota Production System*), jossa organisaatioiden toiminnoille on nimetty kolme kategoriaa: arvoa tuottava (VA = *Value Adding*), arvoa tuottamaton mutta välttämätön (NNVA = *Necessary but Non-Value Adding*) sekä arvoa tuottamaton toiminto (NVA = *Non-Value Adding*).

Leanin periaatteena on, että kaikki toiminnot jotka eivät tuota tuotteelle lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta, ovat hukkaa – waste (14, s. 81). Toyotan konseptissa hukan muotoja ovat ylituotanto, odottaminen, turhat kuljetukset tai materiaalien siirrot, väärä tai yliprosessointi, ylisuuret varastot, turhat liikkeet, virheet sekä luovuuden jättäminen käyttämättä (27, s. 28). Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan rakennusalalla ei-suoraan asiakkaalle lisäarvoa tuottavia toimintoja on peräti 57 %, kun muilla teollisuuden aloilla vastaava luku on 12 % (27, s. 28).

Ensimmäinen askel toteutuneen hukan poistamiseksi on tarkastella haettua lopputulosta (25). Ilman tätä tietoa on mahdotonta lähteä selvittämään, oliko hukkaa aiheuttanut toimenpide osana rutiinia vai tutkimusta vaativa tuotantoketjun poikkeama. Standardisointi eli saman toimintamallin noudattaminen yrityksen sisällä, määrittelee tarkasti jokaisen työvaiheen ja on siksi merkityksellisimpiä toimenpiteitä

rakennushankkeen hukan vähentämisessä. "Ilman standardeita ei voi olla jatkuvaa kehitystä" (*Without standards there can be no **Kaizen***) avaa keskustelun siitä, miten muuten samantyyppiset yritykset, jotka toimivat samoissa olosuhteissa, voivat alati suoriutua toisia yrityksiä paremmin(25).

Toyotan tuotantomallin menestystä tutkinut, Harvard Business School:n professori Steven Spears alleviivaa tutkimustyönsä tärkeimmän havainnon (24, s. 98):

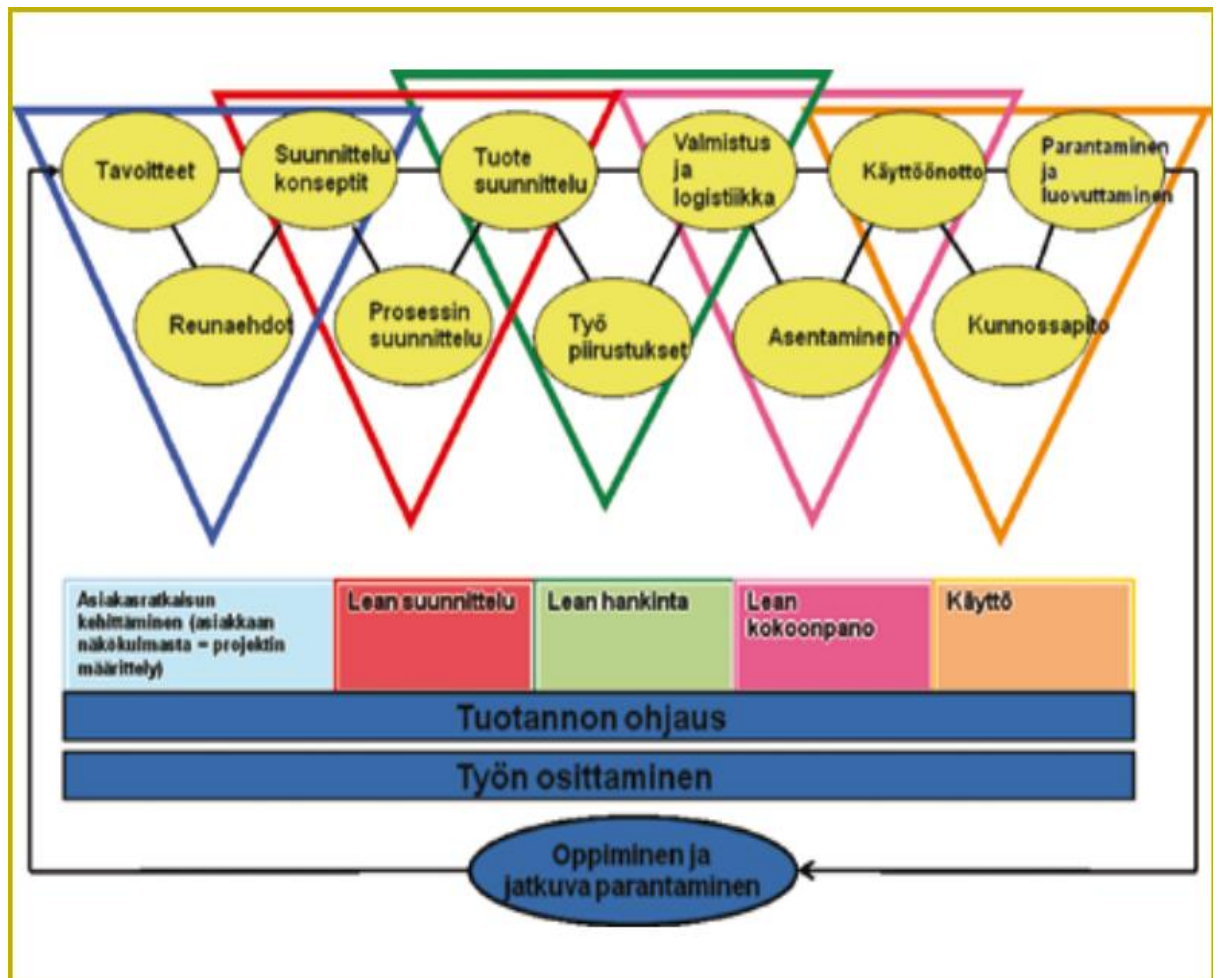
Jokainen tuotantoketjuun liittyvä toimenpide on tarkasti määritelty (sisältö, jaksotus, ajoitus ja lopputulos)

Spears jatkaa toteamalla, että nämä määritellyt toimenpiteet kohdistetaan jatkuviin tarkastuksiin, jotta poikkeamat tulisivat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa esille. Jokaisen poikkeaman (esimerkiksi sähkökatkoksen) tulee johtaa standardin kyseenalaistamiseen ja tuotantoprosessin syvempään ymmärtämiseen. Ennalta määritelty toimenpide on siis se standardi, ja jokainen toimenpide pitää päätyttyään verrata toteumaan, aina. Poikkeaman tutkiminen ja ymmärtäminen on se oikea Kaizen sekä ainoa tuotantoketjun saumattomuuteen johtava toimenpide (25).

Standardisointi liittyy myös vahvasti tämän insinööriyön aihealueeseen, sillä siinä käytetään hyväksi tuhansien hankkeiden perusteella luotua tietokantaa eri työpanosten menekeistä (Ratu-kortisto). Hyväksymällä eri rakennetyyppien yhteisen kustannuslaskentaperiaatteen luodaan pohja standardisoinnille, joka edellä käytyjen perusteluiden nojalla on edellytys alallaan menestyvälle yritykselle.

Kuvassa 7 on Lean projektipohjainen tuotantosysteemi rakentamisessa. Suoria yhteyksiä Lean:n ja tietomallinnuksen välillä löytyy monia, joista lähes kaikki ovat positiivisia. Esimerkkinä muutamia (10, s. 298):

- Tietomallinnus vähentää laadunvaihtelua rakentamisessa
- Tietomallinnus lyhentää tuotantosykliä
- Tietomallinnus mahdollistaa rakenteiden ja tuotantoketjun visualisoinnin.



Kuva 7. Lean projektipohjainen tuotantosysteemi rakentamisessa (27, s. 28).

2.3 Tietomallinnuksen ongelmat ja haasteet

Muutokset tuotantomenetelmissä synnyttävät aina riskejä. Tietomallinnuksen kehityksen ja käyttöönoton esteet (tai hidasteet) voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: tuotantomenetelmien esteet, jotka kattavat muun muassa laki- sekä organisaation rakenteelliset rajoitukset, sekä teknologian esteet, jotka liittyvät tekniseen toteutettavuuteen sekä käyttöönottovalmiuteen. Nämä molemmat ryhmät sekä niihin liittyviä käsityksiä käydään läpi seuraavissa alaluvuissa (10, s. 185-189).

2.3.1 Tuotantoketjun rajoitukset

- **Markkinat eivät ole vielä valmiita – vaan ovat vielä innovatiivisessa vaiheessa.** Monet tilaajat uskovat, että mikäli he muuttavat tarjouspyynnön ehtoja sisältämään uusia tietomallipohjaisia vaatimuksia, he eivät saisi kilpailukykyisiä tarjouksia. Tämä rajoittaisi rakennusliikkeiden antamien tarjouksien määrää aiheuttaen hankkeiden hinnan nousun. 2000-luvun alussa tietomallien käyttö oli harvinaista. Vuonna 2007 34 % arkkitehdeistä sanoi käyttävänsä tietomallinnustyökaluja rakennuksien ”älykkääseen” mallintamiseen. Vuonna 2009, yli 50 % arkkitehdeistä, insinööreistä sekä rakennuttajista sanoi käyttävänsä tietomallia projekteissaan. Vuonna 2011 osa tilaajista on jo siirtynyt vaatimaan BIM:n kokonaisvaltaista käyttöä kaikissa projekteissaan.
- **Hanke on jo rahoitettu ja suunnitelmat valmiina – ei ole kannattavaa ottaa tietomallinnusta mukaan.** On totta, että projektin osapuolet ovat tässä rakennushankkeen vaiheessa jo ohittaneet tiettyjä tietomallinnuksen suomia hyötyjä, kuten joitakin luvussa 2.2.2 lueteltuja BIM-pohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan hyötyjä. Vaikka hyödyt korostuvat enemmän mitä aikaisimmassa vaiheessa tietomallit otetaan mukaan, hankkeen jokaisessa vaiheessa on mahdollista hyötyä tietomallinnuksesta. Esimerkkinä Letterman Digital Arts Center –työmaa, jossa arviolta \$10 miljoonan (7.500.000 €) säästöt toteutuivat, vaikka tietomallinnus otettiin käyttöön vasta suunnitteluvaiheen jälkeen. BIM:n avulla pystyttiin tunnistamaan huomattava määrä ristiriitaisuuksia suunnitelmissa.
- **BIM-koulutus on aikaavievää ja kallista.** Uusien tuotantotapojen käyttöönotto on kallista, sillä ne muuttavat tuotantomenetelmiä, tuotantoketjua

sekä vaativat koulutusta. Tietomallinnusteknologia soveltuukin parhaiten yrityksille, joilla on pitkänajan kasvutavoitteita. Tietyn pisteen jälkeen taloudellinen hyöty ylittää tietomallinnuksen käyttöönottoon liitettävät kustannukset (koulutus, laitteet sekä alussa tapahtuva tuotannon hidastuminen).

- **Hankkeen kaikkien osapuolten pitää olla mukana, jotta BIM:n käyttö olisi kannattava.** On usein hankala varmistaa, että kaikilla osapuolilla on sekä tarvittava tietotaito että halukkuus käyttää tietomalleja projekteissaan. Tämä luo tiettyjä haasteita, sillä se hankaloittaa tiedonkulkua hankkeeseen osallistuvien tahojen välillä.
- **BIM:n käyttöönottoon liittyy liian monta lakirajoitetta – hoitokulut nousevat liian suuriksi.** BIM:n käyttö vaatii muutoksia monella rintamalla. Tiedonsiirtoon ja tiedonsiirtomuotoihin liittyvät lait ovat hyvänä esimerkkinä vaadittavista muutoksista. Nämä ovat todellisia esteitä joiden ylitsepääsemiseen vaaditaan jatkuvaa työtä, varsinkin rakennusalan liittojen sopimusasiakirjoissa.

2.3.2 Teknologian rajoitukset

- **Teknologia on valmiina yhteen osa-alueeseen keskittyvään suunnitteluun – muttei yhtäaikaaisesti tapahtuvaan, päällekkäisiä tietomalleja käyttävään suunnitteluun.** Vielä muutama vuosi sitten päällekkäisiä tietomalleja käyttävät hankkeet vaativat paljon vaivaa projektin kaikilta jäseniltä. Kehitystyön ansiosta yksi sovellusalusta pystyy samanaikaisesti jo pyörittämään monta hyödyllistä BIM-työkalua. Luvussa 2.1 mainitut tietomallinnusohjelmistojen ominaisuudet antavat hyvän käsityksen siitä, mihin tekniikka nykypäivänä pystyy. Nämä uudet mahdollisuudet ovat kuitenkin johtaneet alati kasvavaan tehontarpeeseen. Yhtenä ratkaisuna tähän ongelmaan on erilaiset tietomallien tarkastelutyökalut, jotka ovat kevennettyjä versioita täysmittaisista tietomallinnusohjelmistoista. Autodeskillä on esimerkiksi mallientarkasteluohjelma Navisworks, jota voidaan käyttää muutamien päällekkäisten tietomallien tarkastelussa (esimerkiksi törmäystarkastelu ja suunnittelun ohjaus). Mitä enemmän tietomalliin on sisällytetty yksityiskohtia, sitä käytännöllisimmiksi nämä mallientarkasteluohjelmat muodostuvat.

Teknologian asettamat rajoitukset ilmenevät myös hankkeen johtamisessa sekä hankkeen tuotantotavoissa. Nämä ovat aiheuttaneet vielä isompia haasteita, sillä päällekkäisten mallien käyttö on edellyttänyt monikäyttäjämahdollisuuden rakennuksen tietomalliin. Monikäyttäjämahdollisuus on puolestaan vaatinut päivitys- ja muutosprotokollien määrittelyn, erillisen serverin tietojen tallentamiseen ja jakamiseen sekä syventynyttä teknistä ymmärrystä. Hyvä on kuitenkin pitää mielessä, että nykyhetken haasteet ovat suorassa yhteydessä nykyhetken mahdollisuuksiin, jotka puolestaan luovat pohjan tulevaisuuden tavoitteille.

- **Olemassa olevat standardit ovat puutteellisia tai eivät ole yleisessä käytössä.** Luvussa 2.1.4 selitetään eri kehitystoimenpiteet jotka koskevat tiedonsiirtoa ohjelmistoalustojen välillä. Vapaaseen tiedonsiirtoon tarkoitettut formaatit, kuten IFC-standardit, ovat nyt jo suuresti edistäneet tietomallinnuksen käyttöönottoa rakennusalalla. Suurin syy tähän on ollut tiedon jakamisen helpottuminen hankkeen eri osapuolten välillä. Standardit vaativat kuitenkin vielä paljon optimointia ja ne ovatkin monen ohjelmistotarjoajan kehityslistan kärjessä.
- **Ohjelmistojen versio-ongelmat.** Tällä hetkellä ylivoimaisesti suurin haaste on eri ohjelmistojen välisten versio-ongelmien ratkaiseminen (29). Teknologian kehittyessä muutaman vuoden vanhat tiedostot tulevat hyödyttömiksi, sillä uudet ohjelmistoversiot eivät niitä kykene lukemaan. Tämä heijastuu läpi tietomallinnuksen toimintamallin, hidastaen mallien kokonaisvaltaista käyttöönottoa. Ratkaisuja kehitetään tälläkin osa-alueella ja tiedonsiirron paraneminen tulee varmasti tuottamaan varteenotettavia vaihtoehtoja.
- **Tietomallinnus kattaa vain itse rakennuksen mallintamisen.** Kustannusten kannalta rakennushankkeen yksi merkittävimmistä kustannuksista on maa- ja pohjarakentaminen. Tähän isoon kustannuserään arkkitehdin tietomalleista ei saada apua. Kehitystyötä tehdään kuitenkin myös tällä osa-alueella ja yhtenä hyvänä esimerkkinä on kansainvälinen suunnittelu- ja konsulttitoimisto Ramboll. Yritys toimii monella paikkakunnalla myös Suomessa ja on tehnyt yhteistyötä Skanskan kanssa maa- ja pohjarakenteiden mallintamisen kehittämisessä. Käyttökelpoisia tuloksia on saavutettu (18).

- **Tietomallit kattavat vain rakennusosien määrät.** Detaljitasoisen tiedon määrät (muun muassa liittymät, pellitykset sekä kittaukset) kustannuslaskijan pitää osata arvioida itse (29). Tämä on todellinen ongelma, jonka ratkaisemiseksi tarvitaan ohjeistusta laskijoiden suunnalta koskien tietomallien sisällön kehitys- ja toteutusvaihtoehtoja.

3 Tietomallipohjainen kustannuslaskenta

3.1 Kustannuslaskennan prosessi

Tarveselvitysvaihe käynnistää rakennushankkeen prosessin (kuva 8). Tarveselvitysvaiheessa selvitetään ja arvioidaan hankkeeseen ryhtymisen tarpeellisuutta, edellytyksiä ja mahdollisuuksia. Tulokset kootaan tarveselvitykseksi, joka määrittelee hankkeen perusolemuksen. Tarveselvityksen pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös (22).

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään ja arvioidaan yksityiskohtaisesti hankkeen toteuttamistarpeet, toteuttamismahdollisuudet ja vaihtoehdot toteuttamistavat. Tulokset kootaan hankesuunnitelmaksi, jossa toteuttamistavalle ja lopputuotteelle asetetut laajuus- ja laatutavoitteet kiinnittävät hankkeen kustannustason ja aikataulun. Rakennusprojektin kokonaiskustannukset tarkentuvat hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheen aikana ja lopullinen kustannusarvio saadaan perinteisesti vasta juuri ennen rakentamisvaiheen alkua.

	Hankkeen osapuolet	K	R	S	U	V
Hankkeen vaiheet		Käyttäjä	Rakennuttaja	Suunnittelija	Rakentaja	Viranomainen
TS	Tarveselvitys					
HS	Hankesuunnittelu					
RS	Rakennussuunnittelu					
RA	Rakentaminen					
KO	Käyttöönotto					

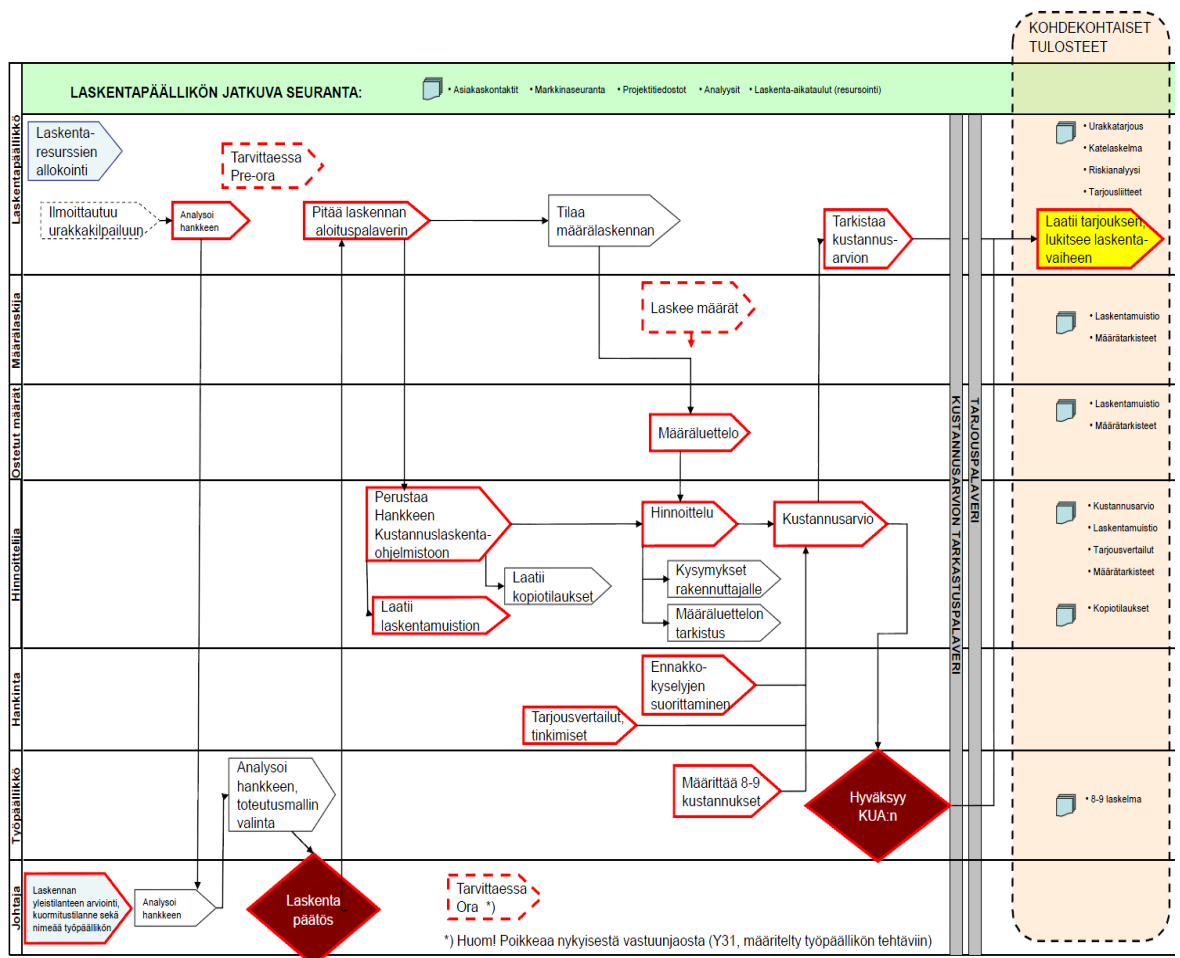
Kuva 8. Rakennushankkeen eri vaiheet ja osallistujapuolet (3).

Skanskan urakkatarjouskilpailun laskentaprosessia kuvaa taulukko 3, jossa prosessin eri osallistujapuolet sekä heidän toimenkuvansa on esitetty. Alapuolella on myös lueteltu laskentaprosessiin osallistuvien henkilöiden tehtävät:

- **Johtaja** arvioi laskennan yleistilanteen, kuormitustilanteen sekä nimeää työpäällikön. Hankkeen analysoinnin jälkeen hän käynnistää laskentaprosessin tekemällä laskentapäätöksen.

- **Laskentapäällikön** tehtäviin kuuluu laskentaresurssien allokointi, urakkakilpailuun ilmoittautuminen, hankkeen analysointi, laskennan aloituspalaverin pitäminen, määrälaskennan tilaaminen, kustannusarvion tarkastaminen sekä tarjouksen laatiminen. Laskentaprosessin jatkuva seuranta kuuluu myös hänen vastuualueeseen.
- **Määrälaskija** laskee ja siirtää määrätiedon eteenpäin hinnoitteluun.
- **Hinnoittelija** laatii laskentamuistion, perustaa hankkeen kustannuslaskentaohjelmistoon ja antaa laatimansa kustannusarvion laskentapäällikön tarkastettavaksi.
- **Työpäällikön** tehtävä on hankkeen analysointi sekä toteutustavan valinta. Lisäksi hän määrittää kustannuslaji 8-9 kustannukset (työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset) ja hyväksyy hinnoittelijan kustannusarvion.
- **Hankinnan** tehtävänä on hoitaa hintaneuvottelut, ennakkokyselyt, tarjousvertailut sekä tilaukset.

Taulukko 3. Kustannuslaskentaprosessi urakkakohteissa (31)



Aikaisemmissa luvuissa todettiin, että tilaaja haluaa saada käsityksen hankkeen kustannuksista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Perinteisesti hankesuunnitteluvaiheen L1-luonnossuunnitelmien sisältämä tieto on vielä hyvin karkealla tasolla eikä sovellu tarkan kustannusarvion muodostamiseen. Tietomallinnus tuo tähän ongelmaan yhä kehittyviä ratkaisuja, joita voidaan nykyteknologialla hyödyntää jo luonnosvaiheen suunnittelussa. Taulukko 4 esittää, miten tietomallinnusohjelmistot tuottavat suunnittelun alusta lähtien kustannusarvion muodostamiseen tarvittavaa tietoa.

Taulukko 4 Tietomallinnusohjelmistojen luonnosvaiheessa tuotettu, kustannus- ja energiankulutuslaskentaa palveleva tieto (5, s. 7).

Osa-alue	Määrittävä tieto	IFC 2x2 BIM työkalut	L-vaiheen tarkkuus	Ohjelmistojen Tiedonlähde
Arkkitehtuuri	Rakennuksen geometria Rakennusmateriaalit Toimittajien komponentit	Saatavilla Puutteelliset Puutteelliset	Riittävä Alustava Alustava	BIM Ulkoinen lähde Ulkoinen lähde
Rakennesuunnittelu	Runko Kantavat seinät Pilarit Palkit Laatat Perustukset	Saatavilla Saatavilla Saatavilla Saatavilla Saatavilla Saatavilla	Alustava Alustava Alustava Alustava Alustava Riittämätön	BIM, asiantuntijat BIM, asiantuntijat BIM, asiantuntijat BIM, asiantuntijat BIM, asiantuntijat Asiantuntijat
Talotekniikka	Lämmitys ja ilmastointi Sähkötekniikka ja liitännät Paloturvallisuus Käyttöasteet ja aikataulut Valaistus	EnergyPlus Ei Ei Ei Saatavilla	Alustava Alustava Alustava Riittämätön Riittävä Alustava	EnergyPlus imput Asiantuntijat Asiantuntijat Asiantuntijat Paikalliset lähteet BIM, asiantuntijat
Rakennussuunnittelu	Kaivaus ja louhinta Kuivatus ja täyttö Kastelu	Ei Ei Ei	Riittämätön Riittämätön Riittämätön	Asiantuntijat Asiantuntijat Asiantuntijat
Maisemasuunnittelu	Ympäristö Istutukset	Ei Ei	Riittämätön Riittämätön	Asiantuntijat Asiantuntijat
Tuotannonohjaus	Menetelmät Resurssit	Ei Ei	Alustava Alustava	Asiantuntijat Asiantuntijat
Rakennuksen ylläpito	Käyttöönottoaikataulu Käyttöaste Lämmitys ja ilmastointi Istutukset	EnergyPlus EnergyPlus EnergyPlus EnergyPlus	Riittävä Alustava Alustava Alustava	EnergyPlus imput EnergyPlus imput EnergyPlus imput EnergyPlus imput

3.2 Suorite- ja panospohjainen kustannuslaskenta

Suorite- ja panospohjainen kustannuslaskenta perustuu eri rakennusosien suorite- ja panosmäärien laskentaan. Suoritteilla tarkoitetaan tietyn rakennusosan tuottamiseen vaadittuja työkokonaisuuksia, kun taas panoksilla viitataan suoritteiden sisältöön. Suomessa ovat nämä rakennusosat sekä niiden valmistamiseen tarvittavat työsuoritukset luokiteltu yrityksen käyttämän nimikkeistön mukaan. Skanskan käyttämä nimikkeistö on Talo-80, jonka rakenne ja käyttö käydään tarkemmin läpi luvussa 3.3.

Ennen kun suoritteelle ja sen kautta rakennusosalle pystyy muodostamaan kustannusarvion, on selvitettävä, mitkä kuluerät eli panokset ovat suoritteen toteutuksen kannalta välttämättömät. Tässä vaiheessa tulevat mukaan suoritteiden eri panoslajit, joita kustannuslaskentavaiheessa on käytössä viisi:

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

Esimerkkinä suoritteiden ja panoksien määrittelyssä voidaan ottaa runkorakenteisiin kuuluva betonipilari. Kuva 9 havainnollistaa, miten betonipilarin tuottamiseen vaaditaan kolme suoritetta (muottityö, rauditus ja betonointi) sekä kolme eri panoslajia (työkustannukset, materiaalikustannukset sekä muut kustannukset).



Kuva 9. Betonipilarin suoritteet sekä panokset (12, s.29).

Jokaisen panoslajin kustannusten laskemiseksi tarvitaan panoksen työn ja materiaalien osalta menekkitieto, hinta sekä hukka. Kun nämä kolme arvoa kerrotaan keskenään, saadaan panoksen hinta suoriteyksikköä kohden. Kun rakennusosan muodostavien eri suoritteiden hintatiedot yhdistetään, saadaan kustannusarvio kyseisestä rakennusosasta (kuva 10). Kustannusarviota hyväksikäyttäen, laskentaosasto laatii kustannusarvion, jonka perusteella yritys tekee tarjouksen tilaajalle. Kustannusarvio määrittää yrityksen tekniset tuotantokustannukset.

Ontelolaattaväliohja, h= 370 tasoite, Desibelikatto											
	Suorite		Panos		Panosmenekki	Panoshukka	Panoshinta/p-yks.	Suorite			
	Määrä	Yksikkö	Määrä	P-Yksikkö	Menekki/s-yks	Hukka k	Hinta €	Panos L	€/yks	€Yht	
3351	Väliohjan ontelolaatat	100	m2		1			1,2	9,37	937	
	- mittaus			2	h	0,0139	1,2	16	1	0,27	27
	- asennus keskikoko 1,2x7,2m			4	h	0,035	1,2	16	1	0,67	67
	- saumaustyöt (raudoitus, betonointi, laudoitus, purku ja puhd.)			5	h	0,04	1,2	16	1	0,77	77
	- ontelolaatat P37			14	kpl	0,116	1,2	31	2	4,32	432
	- ontelolaattojen kuljetus			56	tn	0,465	1,2	6	2	3,35	335
3370	Alakaton lämmön ja ääneneristys	100	m2		1			1,2	30,53	3053	
	- aloittavat ja lopettavat työt (siirrot, mittaus, siivous)			12	h	0,1	1,2	16	1	1,92	192
	- alakattorungon asennus, peltirankakoolaus k600			20	h	0,17	1,2	16	1	3,26	326
	- mineraalivillan asennus 50mm			10	h	0,08	1,2	16	1	1,54	154
	- asennus akustinen jousiranka k400			12	h	0,1	1,2	6,65	1	0,80	80
	- ripustusosat			120	kpl	1	1,2	0,33	2	0,40	40
	- peltirankakoolaus k600			408	jm	3,4	1,2	1	2	4,08	408
	- akustinen jousiranka k400			540	jm	4,5	1,2	2,5	2	13,50	1350
	- mineraalivilla 50mm			120	m2	1	1,2	4,2	2	5,04	504
3362	Ontelolaattojen levytyöt	100	m2		1			1,2	10,94	1094	
	- aloittavat ja lopettavat työt			2	h	0,02	1,2	16	1	0,38	38
	- sisäpuolinen levytystyö Gyproc 2x13mm			30	h	0,25	1,2	16	1	4,80	480
	- Gyproc GN-13, 2x13mm			240	m2	2	1,2	2,4	2	5,76	576
	Ontelolaatta väliohja yhteensä	100	m2					1,2	50,85	5085	
								1 Työ	14,41	1441	
								2 Aine	36,44	3644	

Kuva 10. Esimerkki ontelolaattaväliohjan suorite- ja panospohjaisesta kustannuslaskennasta (Mikael Diakhate)

3.3 Talo-80-nimikkeistö määrä- ja kustannuslaskennassa

3.3.1 Nimikkeistön tarkoitus ja käyttöalueet

Tämän insinööriyön aikana on viitattu rakennushankkeen eri osapuolten välillä tapahtuvan tiedonsiirron ongelmallisuuteen. Yleinen nimikkeistöjärjestelmä on tarjonnut keinon yhtenäistää ja täsmentää sekä samalla rationalisoida tätä tiedonsiirtoa. Järjestelmän laadinnassa on pääasiassa pyritty ottamaan huomioon sen käyttöön liittyvät toiminnalliset ja organisatoriset tekijät, sillä rakennustoiminnan eri alueilla ja hankkeen eri vaiheissa tarvitaan eri tavalla ryhmiteltyä ja koottua tietoa (Talo-80 yleisseloste, 6).

Talo-80-nimikkeistö on tarkoitettu koko talonrakennusalan käyttöön. Se soveltuu asuntotuotannon, julkisen rakentamisen sekä teollisuus- ja liikerakentamisen tarpeisiin. Nimikkeistö on tarkoitettu suunnittelijoille, rakennuttajille ja rakentajille. Sen kehittämisen yhteyteen liitetyt tavoitteet, olivat sovellettavuus seuraaviin tehtäviin (23, s. 7):

- Rakennustapaselostus ja rakennusselostus
- Tuote-esitteet
- Hankkeen kustannussuunnittelu ja -ennusteet
- Yksityiskohtainen määrä- ja kustannusarviolaskenta
- Yksikköhintaluettelot ja tarjousten erittely
- Työnsuunnittelu ja hankintasuunnittelu
- Kustannusten tarkkailu, jälkilaskenta, kustannustilasto ja -tiedostot
- Tuotantotiedot ja standardit
- Julkaisut ja tutkimukset
- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset
- Rakennuskustannusindeksi.

Voimakkaammin Talo-80-järjestelmään on alun perin vaikuttanut rakentajan kustannuslaskennan eri vaiheiden vaatimukset (kustannusarviolaskenta, kustannustarkkailu ja jälkilaskenta), mutta se on otettu yleiseen käyttöön myös muissa tehtävissä (23, s. 7).

3.3.2 Nimikkeistön rakenne

Talonrakennuksen tiedontarpeeseen liittyy useita näkökantoja. *Fyysiset rakennusosat* muodostavat suunnittelijan näkökannan; tuotannossa tarvitaan *tietoa suorittajasta* ja *hankintatavasta*; tuotannon suunnittelu ja seuranta vaatii *ajallista vaiheistusta* ja tietoa *kustannusten muodostumisesta*; rakennuttaminen tarkastelee koko hanketta *sopimus pohjaisesti*.

Talo-80 järjestelmä perustuu useaan erillisen osanimikkeistön käyttöön eli osakoodijärjestelmään. Osanimikkeistöjä voidaan yhdistellä ja niiden keskinäistä järjestystä vaihdella eri käyttötarkoituksissa (23, s. 9).

Talo-80 järjestelmän nimikkeistöt ovat:

Rakentamisosa (RO) Jaottelee rakennuskohteen ajallisesti ja rakenteellisesti yhtenäisiin kokonaisuuksiin sekä erillisiin kustannuslaskentakohteisiin.

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

Suoritus (SUO) Jaottelee rakennustyön työlajin mukaan yhtenäisellä rakennusosan tarkennuksella.

Suorituksen pääryhmät ovat Muottityö (1), Rauditus ja betonityö (2), Metallityö (3), Muuraus, rappaus ja laatoitus (4), Elementtityö (5), Puutyö ja levytyö (6), Lämmöneristys ja ääneneristys (7), Vedeneristys ja kosteudeneristys (8), Muut työt (9).

Kustannuslaji (KL) Jaottelee kustannukset syntymistavaltaan erilaisiin kustannuslajeihin (pääryhmät on esitetty luvussa 3.2).

Kustannuserä (KE) Erittelee kustannukset sopimus pohjaisesti kustannuseriin. Nimikkeiden perusjärjestys kustannusarviota laadittaessa on *rakentamisosa* → *suoritus* → *kustannuslaji*. Kuvat 11 ja 12 havainnollistavat hyvin nimikkeiden liittymistä toisiinsa.

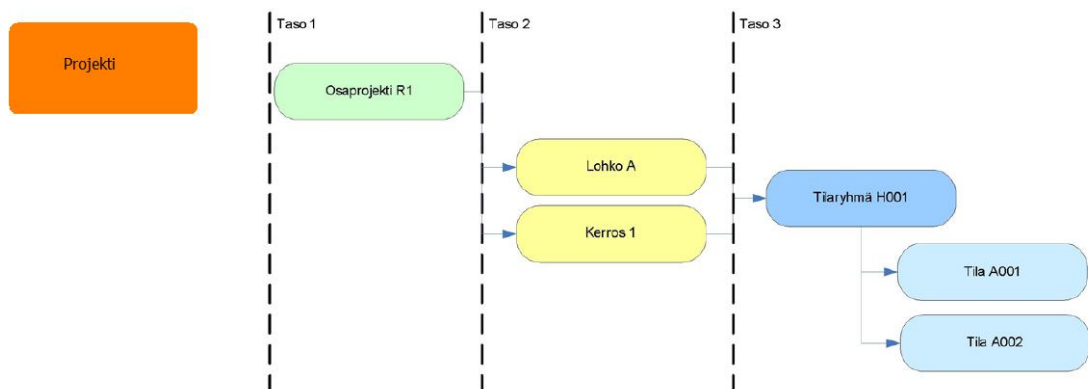
3.4 Sijaintieritelty määrälaskentateoria

Tietomallihankkeen mainittavimpia hyötyjä työmaan näkökulmasta on mahdollisuus saada sijaintieriteltyä määrätietoa. Suunnitteluprosessin alusta asti mallinnusohjelmistot tuottavat tietoa rakennetyypeistä, niiden määrästä sekä niiden sijainneista. Tämä tieto on luettelomaisesti saatavilla ja edelleen käytettävissä eri suunnittelutehtävissä.

Jotta sijaintieriteltyjä määriä voitaisiin käyttää hyväkseen, ohje niiden laskemiseen havaittiin tarpeelliseksi. Suomen keskeiset rakennusliikkeet, määrälaskentatoimistot sekä määrätietoa käsittelevät ohjelmistokehittäjät laativat vuonna 2006 yleisen määrälaskentaohjeen vastaamaan rakennusalan tarpeita. Ohjeen laadinnan keskeiset periaatteet luetellaan alapuolella (21, s. 4):

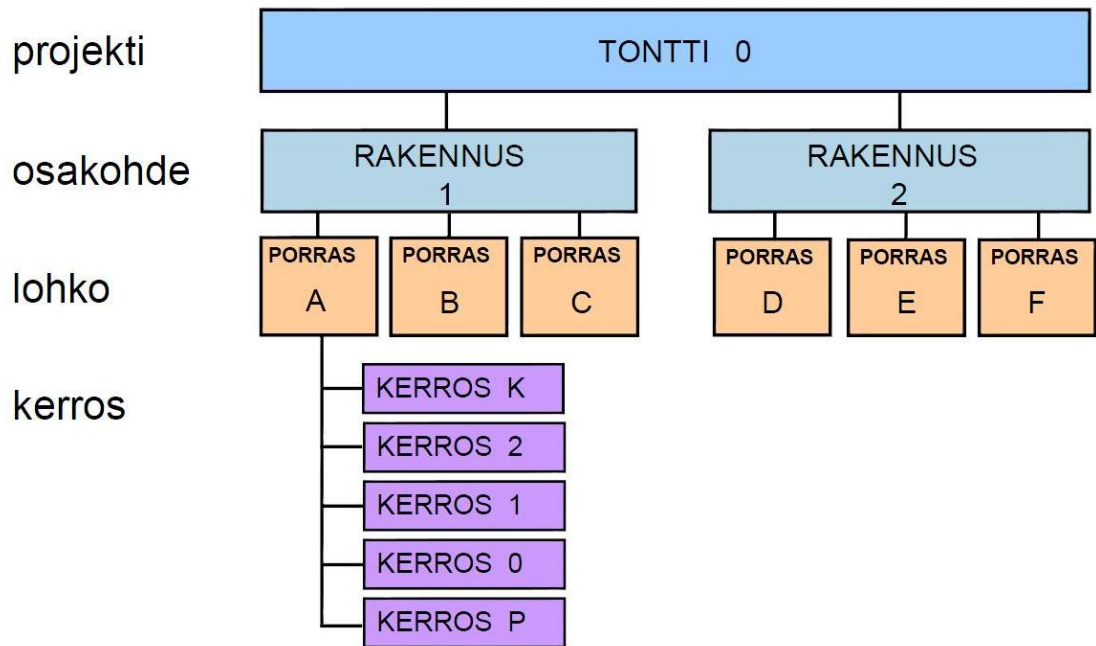
- Ohje ei ole riippuvainen nimikkeistöstä.
- Ohje on tarkoitettu käytettäväksi talonrakennushankkeissa.
- Ohje on laadittu uudisrakentamisen tarpeista lähtien.
- Laskenta tehdään käytettävän nimikkeistön mittaus- ja erittelysääntöjen mukaisesti.
- Määräluettelon nimikkeet ovat käytettävän nimikkeistön sääntöjen mukaiset.
- Määräluettelo on saatavissa sekä kokonaismäärinä että sijainneittain eriteltynä.

Ohjeen mukaan, määrälaskennassa tulisi käyttää kuvan 13 mukaisia nimikkeitä sijainteina.



Kuva 13. Sijaintieritelty määrälaskennan nimikkeet (21, s. 5).

Kuva 14 esittää ryhmittelyn periaate käytännössä:



Kuva 14. Sijaintierittelyt käytännössä (28, s. 19)

Jotta määrälaskentaohje olisi mahdollisimman kattava, ohje sisältää myös sijainteihin kuuluvat rakennusosat sekä niitä rajaavat pinnat.

3.5 Arkkitehtimallin laadunvarmistus

Arkkitehtimallin käyttö laskennan apuvälineenä vaatii ennen kaikkea mallinnuskuria suunnittelijan osalta. Skanskalla tehdään jatkuvaa yhteistyötä suunnittelutoimistojen kanssa, jotta tuotetut mallit olisivat mahdollisimman virheettömiä. Mallin hyödyntäminen vaatii tiettyjä laadunvarmistustoimenpiteitä, joiden tarkoituksena on tuoda esille mahdolliset suunnitteluvirheet.

Laadunvarmistusprosessin ensimmäinen askel on tunnistaa virheet manuaalisesti. Silloin hankkeen visualisoinnin lisäksi on mahdollista tunnistaa ylimääräiset kerrokset, puuttuvat tai väärät rakennusosat sekä muita seikkoja, joita on suunnittelijalta jäänyt ottamatta huomioon. Mallin manuaalisen tarkastamisen jälkeen siirrytään tietomallipohjaiseen törmäystarkasteluun (ks. luku 2.2.2, Törmäystarkastelulla saavutettava suunnitteluvirheiden minimointi). Solibri Model Checker on Skanskan käyttämä mallientarkasteluohjelma, jota on myös tämän insinööriyön yhteydessä

käytetty. Sen tarkoituksena on varmistaa virheettömän tiedon ulossaanti määrälaskentaan sekä tuotantoon (13).

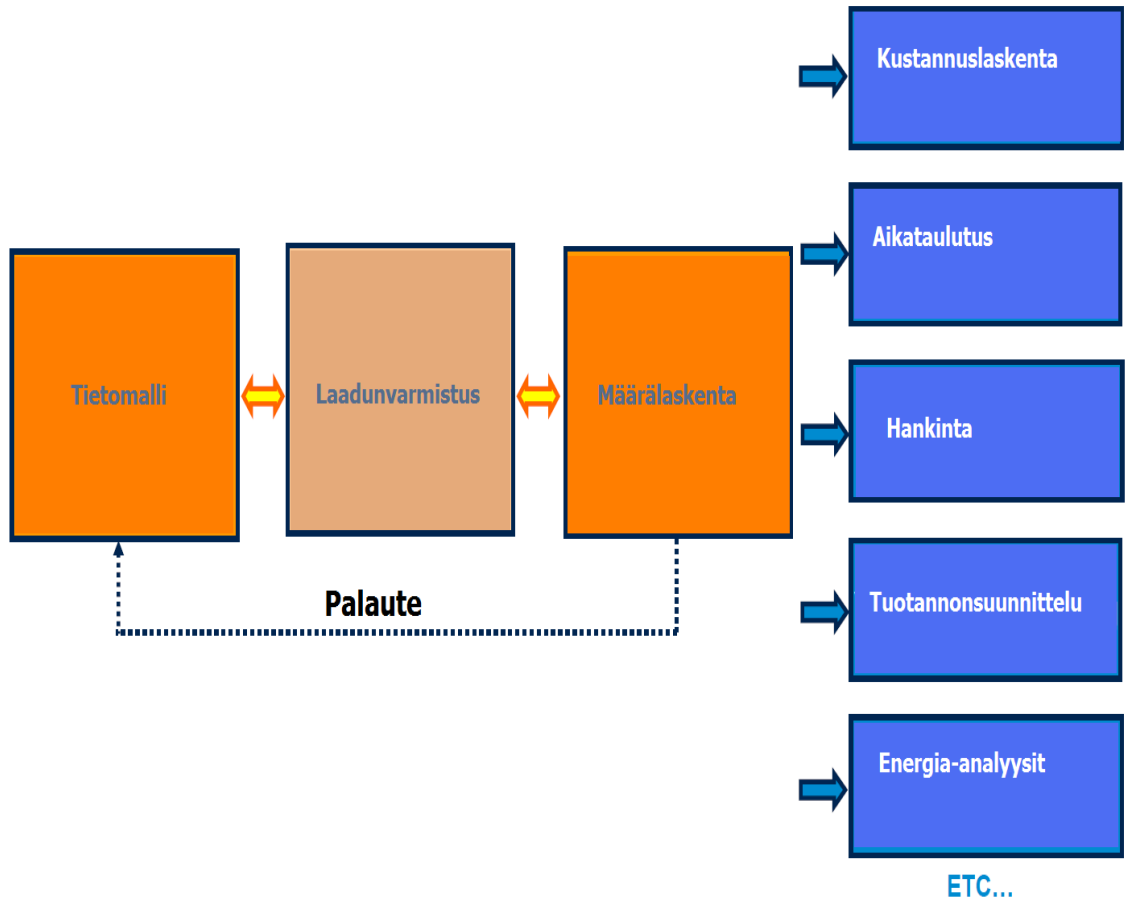
Arkkitehtimalli tallennetaan ensin IFC-muotoon, minkä jälkeen se avataan Solibri Model Checker-ohjelmistolla. Ohjelmistossa on sisäänrakennetut parametriset säännöt, joiden avulla sillä voidaan laskea sekä visualisoida päällekkäisyydet rakennusosien kanssa, törmäyskohdat eri tietomallien välillä, puuttuvat elementit, rakennusosien määrät ja sijainnit sekä monia muita laadunvarmistukseen liittyvien vaatimusten toteutuminen. Esimerkkikuvasta 15 huomaa, miten arkkitehtimallin ripustettu alakatto on liian lähellä välipohjan ontelolaattaa, jolloin LVI-järjestelmän putkien asennusvara ei toteudu.



Kuva 15. Solibri Model Checker-ohjelmiston esille tuoma suunnitteluvirhe (13)

Kun tarvittavat törmäystarkastelut ja analyysit on suoritettu, pidetään palaveri suunnittelijan kanssa. Palaverissa käydään läpi laadunvarmistuksen tulokset sekä sovitaan mahdollisista korjauksista. Yleensä tarvitaan 2-3 palaveria, ennen kuin lopputulos on hyväksyttävä (13).

Kun vaadittavat korjaustoimenpiteet on suoritettu ja malli hyväksytty, tietomallista saatava tieto on käytettävissä rakennushankkeen eri suunnittelualueilla (Kuva 16).



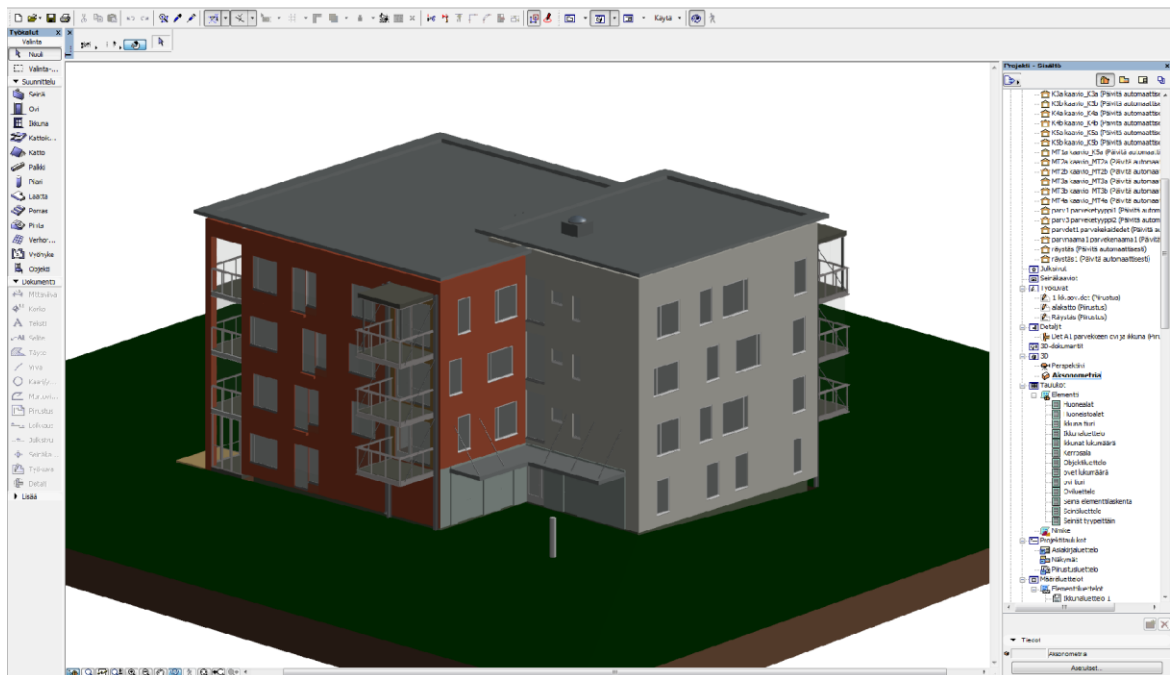
Kuva 16. Laadunvarmistus tietomallihankkeessa (30, s. 4).

3.6 Arkkitehtimallinnusohjelmistot

3.6.1 Archicad

Archicad on unkarilaisen Graphisoft-yrityksen kehittämä tietomallinnusohjelmisto. Nykypäivänä Graphisoftin omistaa saksalainen Nemetschek-konserni. Archicad 1.0 julkistettiin ensimmäisenä 3D-CAD-ohjelmistona Apple Macintosh:ille vuonna 1984. Vuonna 2006, Archicadin käyttäjämäärä maailmanlaajuisesti ylitti 125.000 käyttäjää (1).

Archicadin käyttöliittymä koostuu ikkunoista ja apuikkunoista, joita käyttäjä tarvittaessa siirtää ja muokkailee haluamallaan tavallaan (kuva 17).



Kuva 17. Näkymä Archicadin käyttöliittymästä (Mikael Diakhate)

Projekti mallinnetaan pohja- ja 3D-näkymissä, jotka sisältävät toimintonsa perusteella jaoteltuja työkaluryhmiä. Komennot on sijoitettu valikoihin, joiden sisällöstä kertovat niiden nimet. Esimerkiksi *Arkisto*-valikossa sijaitsevat tallentamisen ja tulostamisen komennot. *Muokkaus*-valikosta löytyvät elementtien muokkauskomennot: siirto, peilaus, venytys, monistus ja niin edelleen. *Näkymä*-valikosta säädetään elementtien näkyminen, näytön esitystavat ja 3D-ikkunan asetukset. *Suunnittelu* liittyy mallinnettaviin elementteihin ja *dokumentti* tulosteiden, renderointien ja merkintöjen

tekoon. Tyypillisesti ennen elementin piirtämistä määritetään sen ominaisuudet. Ominaisuuksia voidaan muuttaa jälkeenpäin kun suunnitelma on tarkentunut. Mallissa tehty komento ja elementtien luominen voidaan perua Muokkausvalikon *Peru-*komennolla. Oletusarvoisesti päästään 20 edellistä työvaihetta taaksepäin. *Teepäs-*komennolla tehty komento saadaan perumisen jälkeen uudelleen takaisin.

Archicadin objektit ovat parametrisia, mikä tarkoittaa säädettävyyttä. Sama perusgeometria voi tuottaa suuren joukon erilaisia objekteja, kun mittoja ja ominaisuuksia muutetaan. Kaikilla objekteilla olevia parametreja ovat leveys, pituus, korkeus ja korkeusasema. Lisäparametrit ovat objektikohtaisia; toisilla objekteilla voi olla paljon säätöjä ja toisilla vähän. Koska Archicadilla suunnittelu, "piirtäminen", tehdään mallintamalla, projektin tietokantaan tallentuu määrätietojen lisäksi myös tietoa sijainneista. Jos malli on tehty tarkasti, saadaan edellä mainituista tiedoista tarkat listat.

Lisäksi määrien, pinta-alojen ja tilavuuksien käyttö voidaan viedä pidemmälle liittämällä elementteihin määrätietueita. Määrätietue sisältää nimikkeitä ja kuvauksia. Nimike on laskettava asia, vaikka pinta-alaan liittyvä tarvikemenekki tai hinta. Kuvaukset ovat rakentamiseen liittyvää tietoa, esimerkiksi ohjeita. Luettelo on mahdollista tallentaa tekstitiedostona, jolloin sen siirtäminen esimerkiksi Excel-ohjelmaan on vaivatonta. Normaalisti määräluetteloon viedään kunkin mallinnusohjelman perustyökalun antama määrä- ja sijaintitieto, joista voidaan tarvittaessa tuottaa ns. lisämääriä tai generoida hinnoiteltavia suoritteita (29).

3.6.2 Autodesk Revit Architecture

Autodesk Revit Architecture, yleisessä kielenkäytössä pelkkä Revit, on Autodesk ohjelmistotarjoajan kehittämä tietomallinnusohjelmisto. Sen ensimmäinen versio ilmestyi vuonna 2000 ja uusin versio on maaliskuussa 2011 ilmestynyt Revit Architecture/Structure/MEP 2012. Johtuen siitä, että Revit (kuva 18) on käyttömahdollisuuksiltaan pitkälti samanlainen kuin Archicad, tämän luvun tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys ohjelmistojen välisistä eroista (2):

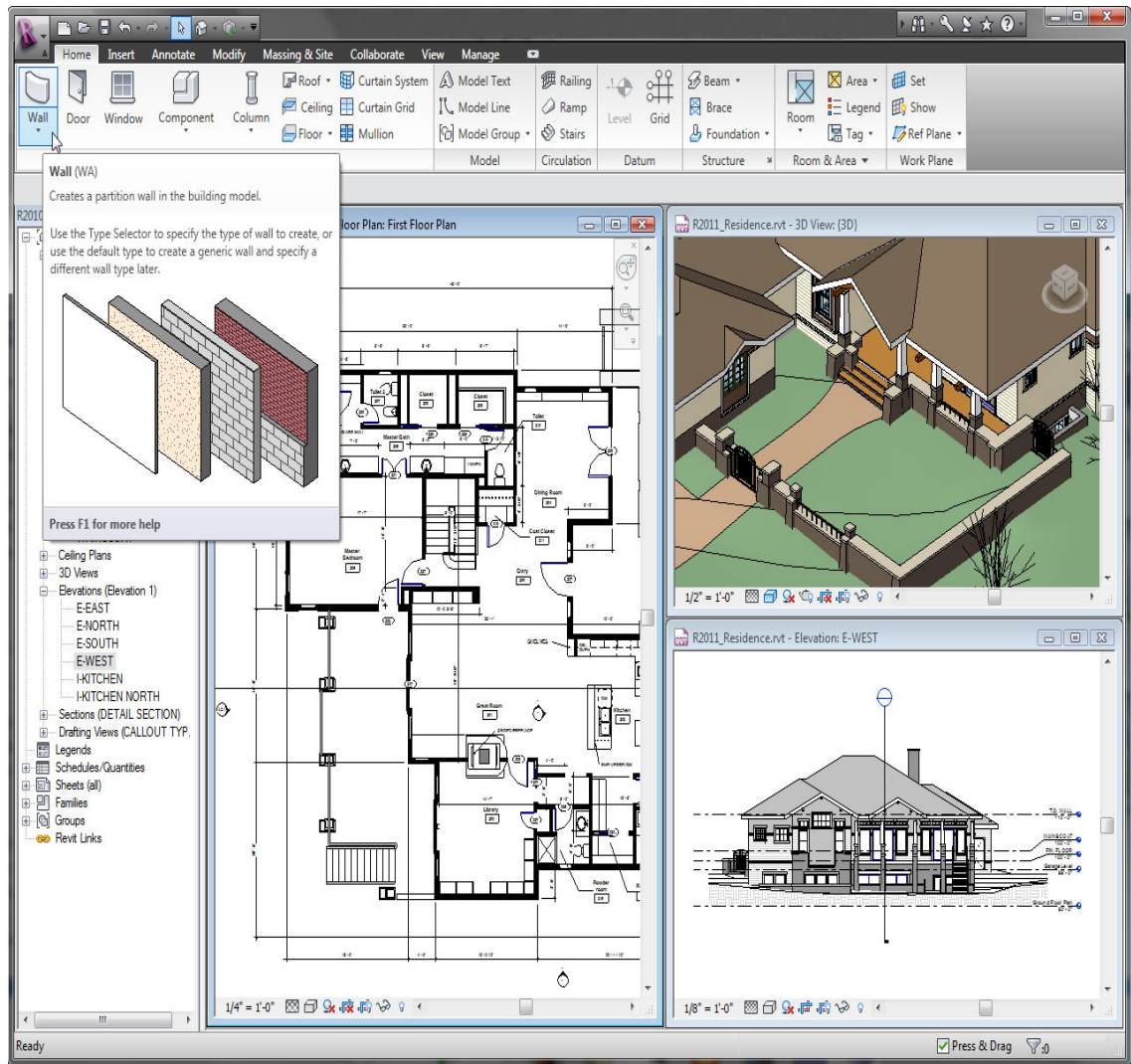
- **Oppimisen käyrä:** Archicad on suoraviivaisuutensa ansiosta helpompi omaksua kuin Revit. Revit on hieman monnimutkaisempi koskien suoritettavien toimenpiteiden loogisuutta.
- **Joustavuuden taso:** Revit suo suunnittelijoille enemmän joustavuutta kuin Archicad. Seinien liitoskohdat ovat esimerkiksi helpommin korjattavissa, ja käytössä on enemmän vaihtoehtoja, kuten näkymättömät viivat, täytetyt alueet, ja niin edelleen.
- **Purkutehtävät:** Eri purkutehtävien vaihefilteröintimahdollisuuksien ansiosta Revit on tähän tarkoitukseen soveltuvampi. Archicadissa tämä vaatii eri Layereiden yhdistämistä. **Huom.** Uusin, Archicad 15 versio on kuitenkin tuomassa uudistuksia korjausrakentamisen saralla, joten ohjelmistojen väliset erot tulevat tältä osin tasoittumaan.
- **3D-mahdollisuudet:** Revitissä 3D on yhdistetty pelkästään aksonometriaan. Archicadilla on perspektiivinäkymä, jossa voi milloin tahansa vapaasti liikkua rakennuksessa.
- **Viivojen piirtämisen hallinta:** Johtuen yhtäläisyyksistä Autocad-ohjelmistojen kanssa, Revit-käyttäjien on ollut helpompi omaksua tämän piirtomenetelmän.
- **Mallintaminen ja detaljointi:** Koskien osa-alueita, Archicadilla on huomattavasti paremmat työkalut kuin Revitillä. Niiden yksinkertaisuus helpottaa paljon pohjien ja leikkauksien kanssa työskentelyä. Vastapainoksi on mainittava, että Revitin kyky käsitellä malliin liittyviä muistiinpanoja on parempi kuin Archicadilla .
- **Detaljien taso:** Yksi suurimmista ohjelmistojen välisistä eroista on, että Revit käsittelee muutoksia globaalissa ympäristössä. Tämä nostaa yksityiskohtien tasoa, mikä on tärkeä asia suurten hankkeiden suunnittelussa. Archicadilla voi

helposti muuttaa ja räätälöidä mallin kaikkia elementtejä, mutta globaalit muutokset onnistuvat vain, mikäli asetusten hallinta on ollut virheetöntä. Muuten kaikki muutokset on suoritettava yksi kerrallaan.

- **Energiakulutuksen analyysit:** Archicadilla on oma energiakulutuksen analysointiohjelma. Se on mahdollisuuksiltaan suppea, eikä sisällä yhtä paljon vaihtoehtoja kuin Autodeskin Ecotect- tai Green Building Studio -ohjelmistot. Niillä voidaan suorittaa varjojen ja heijastavien pintojen analyysit, aurinkoanalyysit, melutasoanalyysit, ilmasto- ja ilmavirtausanalyysit, vedenkulutusanalyysit, lämmönkulutusanalyysit, päivänvalo- ja sääanalyysit sekä monia muita Graphisoftilta puuttuvia ominaisuuksia.
- **Hankkeiden koko:** Revitin käyttö on huonompi vaihtoehto mallinnettaessa pienempiä hankkeita, jotka käyttävät muita kuin tasakattoratkaisuja. Eron huomaa selvästi mikäli yrittää editoida Revitillä mallinnettua aumakattoa.
- **Maailmanlaajuinen käyttö:** Archicadia käytetään pääosin Euroopassa, kun Revitin markkinaosuus muualla maailmassa, varsinkin Yhdysvalloissa, on isompi. Tämä on vaikuttanut siihen, että Revitillä on globaalisti laajempi koulutustarjonta kuin Archicadilla.
- **Lokalisointi:** Revitiä ei saa suomenkielisenä. Archicad on lokalisoitu suomalaiseseen suunnitteluympäristöön. Maahantuoja M.A.D. on muun muassa tehnyt peruskirjastot suomeksi ja ohjelmistokin on saatavilla suomenkielisenä. Koulutuksen saa peruskoulutuksena tai räätälöitynä yrityksen tarpeisiin.

Mikäli otetaan tarkastelun kohteeksi tähän insinööriyöhön olennaisesti liittyvä määrälaskenta, tarjoaa Archicad paremmat työkalut (29):

- Revitistä puuttuu valintatyökalu, mikä on suurin yksittäinen puute määrälaskennan kannalta. Revitissä ei voi valinta-alue ominaisuudella valita haluamiaan komponentteja määrälistauksineen.
- Revit antaa seinille vain yhden pinta-alan (keskeltä), kun taas Archicadilla saadaan kolme pinta-alaa (Ulko-, keski- sekä sisäpinta-alat).
- Revitissä ulkoseinien jiirit aiheuttavat ongelmia.
- Revitissä seinillä ei ole automaattisesti kerrossijaintia.

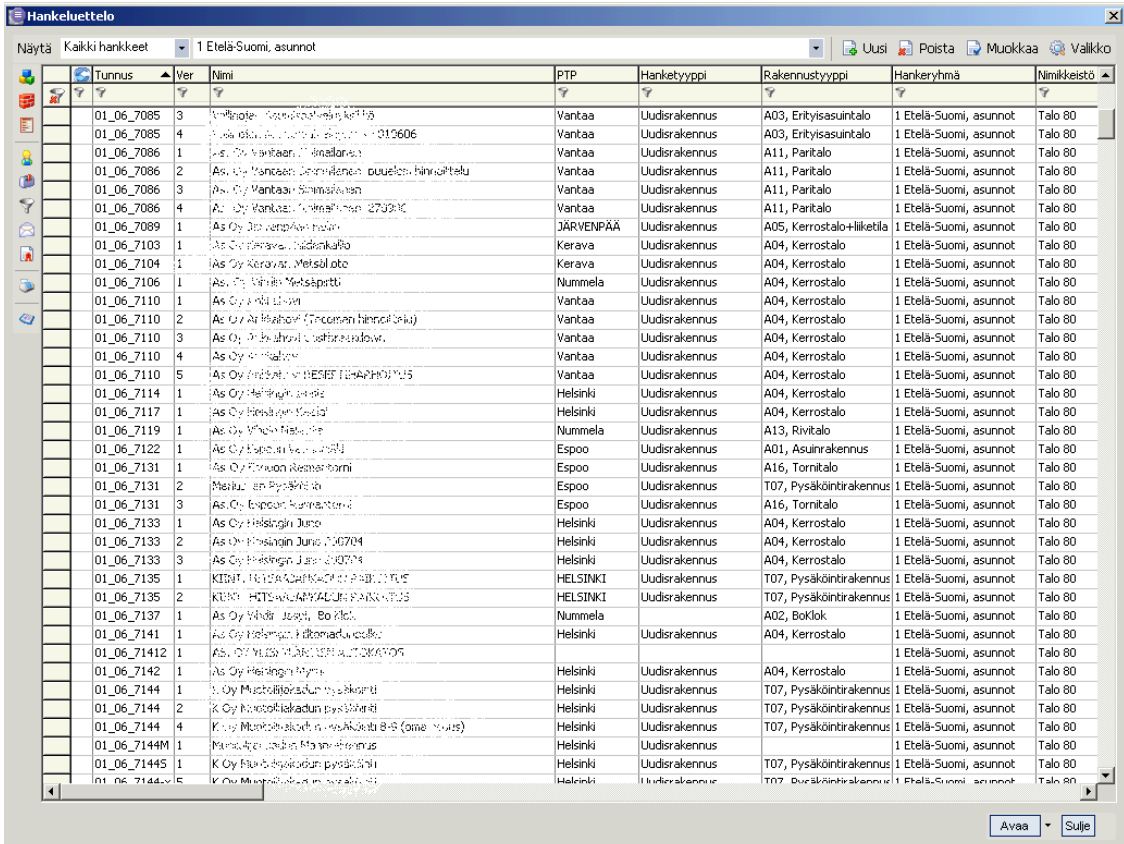


Kuva 18. Näkymä Revit käyttöölyttymästä (4)

3.6.3 Tocoman

Tocoman on yksi Suomen johtavista rakennusalan määrä- ja kustannushallinnan ohjelmistoja ja palveluja tarjoavista yrityksistä. Sen ensimmäinen tuoterakennepohjaisen kustannuslaskentasovelluksen julkaisu PC:lle tapahtui vuonna 1989. Tocomanin TCMPPro, julkaistu 2008, on tuoterakennepohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa tukeva ohjelmisto, jossa yhdistyy perinteinen ja tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta. Siitä on mahdollista siirtää laskentatietoa esimerkiksi aikataulutukseen, hankintaan sekä kustannusvalvontaan. Tämän luvun loppuosa keskittyykin antamaan käsityksen TocomanPro-ohjelmiston mahdollisuuksista kustannusarvion muodostamisessa.

TCMPPro-ohjelman avaamisen yhteydessä ilmestyy hankeluettelo, jossa yrityksen hankkeet ovat tallennettuina yhteiseen tietokantaan (kuva 19). Toiminta perustuu roolipohjaiseen käyttäjähallintaan sekä Active Directory-integraatioon. Tässä näkyvässä tapahtuu hankkeiden luonti, valinta sekä muokkaaminen.



Tunnus	Ver	Nimi	PTP	Hanketyyppi	Rakennustyyppi	Hankeryhmä	Nimikeistö
01_06_7085	3	As Oy Kerava - Keskustalon kalliit	Vantaa	Uudisrakennus	A03, Erityisasuintalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7085	4	As Oy Kerava - Keskustalon kalliit	Vantaa	Uudisrakennus	A03, Erityisasuintalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7086	1	As Oy Vantaan - Paritalo	Vantaa	Uudisrakennus	A11, Paritalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7086	2	As Oy Vantaan - Paritalo	Vantaa	Uudisrakennus	A11, Paritalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7086	3	As Oy Vantaan - Paritalo	Vantaa	Uudisrakennus	A11, Paritalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7086	4	As Oy Vantaan - Paritalo	Vantaa	Uudisrakennus	A11, Paritalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7089	1	As Oy Järvenpää - Kerrostalo	JÄRVENPÄÄ	Uudisrakennus	A05, Kerrostalo+liiketila	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7103	1	As Oy Kerava - Metsäkatu	Kerava	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7104	1	As Oy Kerava - Metsäkatu	Kerava	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7106	1	As Oy Nummela - Metsäkatu	Nummela	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7110	1	As Oy Nummela - Metsäkatu	Vantaa	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7110	2	As Oy Nummela - Metsäkatu	Vantaa	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7110	3	As Oy Nummela - Metsäkatu	Vantaa	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7110	4	As Oy Nummela - Metsäkatu	Vantaa	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7110	5	As Oy Nummela - Metsäkatu	Vantaa	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7114	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7117	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7119	1	As Oy Nummela - Pysäköintirakennus	Nummela	Uudisrakennus	A13, Rivitalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7122	1	As Oy Espoo - Pysäköintirakennus	Espoo	Uudisrakennus	A01, Asuinrakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7131	1	As Oy Espoo - Pysäköintirakennus	Espoo	Uudisrakennus	A16, Tornitalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7131	2	As Oy Espoo - Pysäköintirakennus	Espoo	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7131	3	As Oy Espoo - Pysäköintirakennus	Espoo	Uudisrakennus	A16, Tornitalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7133	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7133	2	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7133	3	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7135	1	KIRI - Pysäköintirakennus	HELSINKI	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7135	2	KIRI - Pysäköintirakennus	HELSINKI	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7137	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Nummela		A02, Boklok	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7141	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7142	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki			1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7142	1	As Oy Helsinki - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	A04, Kerrostalo	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7144	1	K Oy Muutoshallitus - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7144	2	K Oy Muutoshallitus - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7144	4	K Oy Muutoshallitus - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7144M	1	K Oy Muutoshallitus - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus		1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7144S	1	K Oy Muutoshallitus - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80
01_06_7144V	5	K Oy Muutoshallitus - Pysäköintirakennus	Helsinki	Uudisrakennus	T07, Pysäköintirakennus	1 Etelä-Suomi, asunnot	Talo 80

Kuva 19. TCMPPro hankeluetteloesimerkki (Mikael Diakhate)

Kun hanke on valittu tai luotu, siirrytään varsinaiseen työskentelytilaan (kuva 20).

Jotta ohjelmiston toimintaperiaate tulisi mahdollisimman selkeästi esille, on kuva 20 jaettu kolmeen eri vaiheeseen (1, 2 ja 3). Vaihe 1 kuvaa tilaa, johon rakennushankkeessa käytetyt eri rakennetyypit luodaan, Vaihe 2 sisältää eri rakennetyyppien suoritteet ja vaihe 3 eri suoritteiden panokset. TCMPro käyttää luvussa 3.2 käytyä suorite- ja panospohjaisen laskennan sääntöjä. Ohjelmisto laskee ja kokoaa eri panoslajien kustannukset ja siirtää ne vaihe 2:een, muodostaen eri suoritteille hinnan. Suoritteiden yhdistetyt hinnat määräävät tuoterakenteen lopulliset kustannukset, jotka tulevat näkyviin vaihe 1:een.

The screenshot displays the TCMPro software interface, which is used for construction cost estimation. It is divided into three main sections, each marked with a green circle and a number:

- Stage 1 (Vaihe 1):** Shows a list of construction types (rakennetyypit) under the heading "Vaihe rakennetyypit tai luusi". The table includes columns for "Koodi" (Code), "Nimi" (Name), "Määrä" (Quantity), "Hinta" (Price), and "Yhteensä" (Total). The first row is "AP-2 Ontokäyttöalopohja, huuletettu, alapuolinen sulopölysuojieneste" with a quantity of 100 m² and a price of 6,778.
- Stage 2 (Vaihe 2):** Shows a list of work items (suoritteet) for a specific construction type under the heading "Vaihe suoritteet tai luusi". The table includes columns for "Koodi" (Code), "Nimi" (Name), "Määrä" (Quantity), "Hinta" (Price), and "Yhteensä" (Total). The first row is "23.23.AP-2 AP-2 Ontokäyttöalopohja, huuletettu, alapuolinen sulopölysuojieneste" with a quantity of 100 m² and a price of 6,778.
- Stage 3 (Vaihe 3):** Shows a list of materials (panokset) for a specific work item under the heading "Vaihe panokset tai luusi". The table includes columns for "Koodi" (Code), "Nimi" (Name), "Yks." (Unit), "Määrä" (Quantity), "Hinta" (Price), and "Yhteensä" (Total). The first row is "100 Elemenit (alku) (suojieneste)" with a quantity of 100 m² and a price of 6,778.

Kuva 20. TCMPro-hankkeen perustyöskentelynäkyvä (Mikael Diakhate)

Eri vaiheista kerätyn tiedon avulla TCMPro pystyy tuottamaan laskijoiden tarvitseman tiedon laskijoita palvelevassa muodossa. Näitä muotoja ovat *kustannuslaskelma*, *tarjouslaskelma*, *yksikköhintaluettelo*, *rakennusosalaskelma* sekä *tilaluettelo*. Tocomanin iLink on kustannuslaskentaohjelmiston lisäsovellus, jonka avulla

tietomallista voidaan julkaista määrätietoa. Se on myös määrätiedon visuaaliseen tarkasteluun soveltuva työkalu. iLinkin toimintalogiikka, joka on osana Tocomanin tarjoamaa ratkaisua BIM:lle (kuva 21), perustuu kolmeen eri ajatukseen:

- iLinkin avulla mallin objekteja ryhmitellään halutuvin kriteerein
- Ryhmät linkitetään tuoterakenteisiin
- Tuoterakenteiden ja linkitysten avulla säilytetään laskentasäännöt mallipäivitysten yhteydessä.

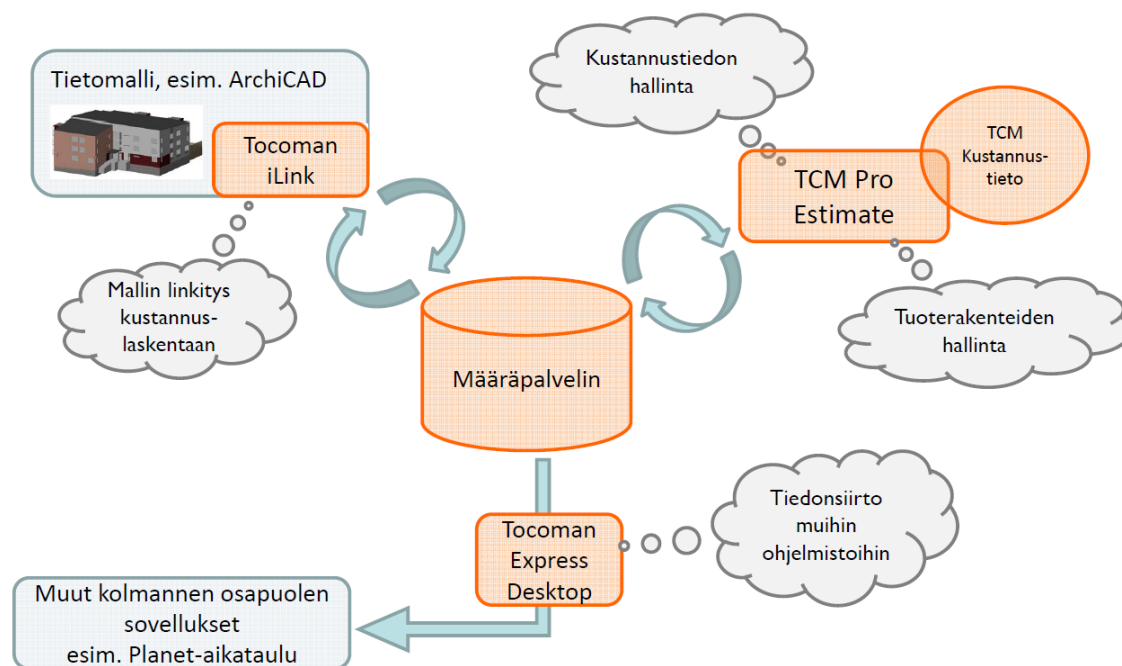
Saavuttaakseen nämä tavoitteet, laskenta iLinkillä tapahtuu viidessä eri vaiheessa:

1. Ohjelman käynnistys ja uuden projektin luominen
2. Mallin ryhmitys
3. Tuoterakenteiden luominen (linkittäminen voidaan tehdä myös suoraan suoritteelle, jolloin tuoterakenteita ei tarvita)
4. Ryhmien kytkentä tuoterakenteisiin
5. Määrien julkaisu

Tuoterakenteella viitataan rakenteisiin (esimerkiksi betonilaatta), joiden alaisuuteen on liitetty suoritteet sekä panokset. Määrien linkitys mallista tapahtuu rakenne- ja/tai suoritetasolla. Suoritetasolla linkittäminen antaa tarkempaa määrätietoa, sillä se perustuu todelliseen menekkiin. Rakennetason linkitys käyttää keskimääräisiä menekkejä, joten sen käyttö soveltuu paremmin suunnittelun alkuvaiheessa, kun mallit ovat vielä karkealla tasolla.

Projektityyppejä iLinkillä on kaksi:

- **Local project** (paikallisprojekti) – jota käytetään kun määriä ei tarvitse julkaista palvelimelle ja sieltä edelleen kustannuslaskentaohjelmistoon tai muihin ohjelmistoihin. Linkitys säilyy aina rakennetasolla.
- **Server project** (palvelinprojekti) – jota käytetään kun mallin tiedot halutaan julkaista palvelimelle. Linkitys tapahtuu joko suoritetasolla, tai rakenne- ja suoritetasolla.



Kuva 21. Tocomanin ratkaisu BIM:lle (26, s. 4).

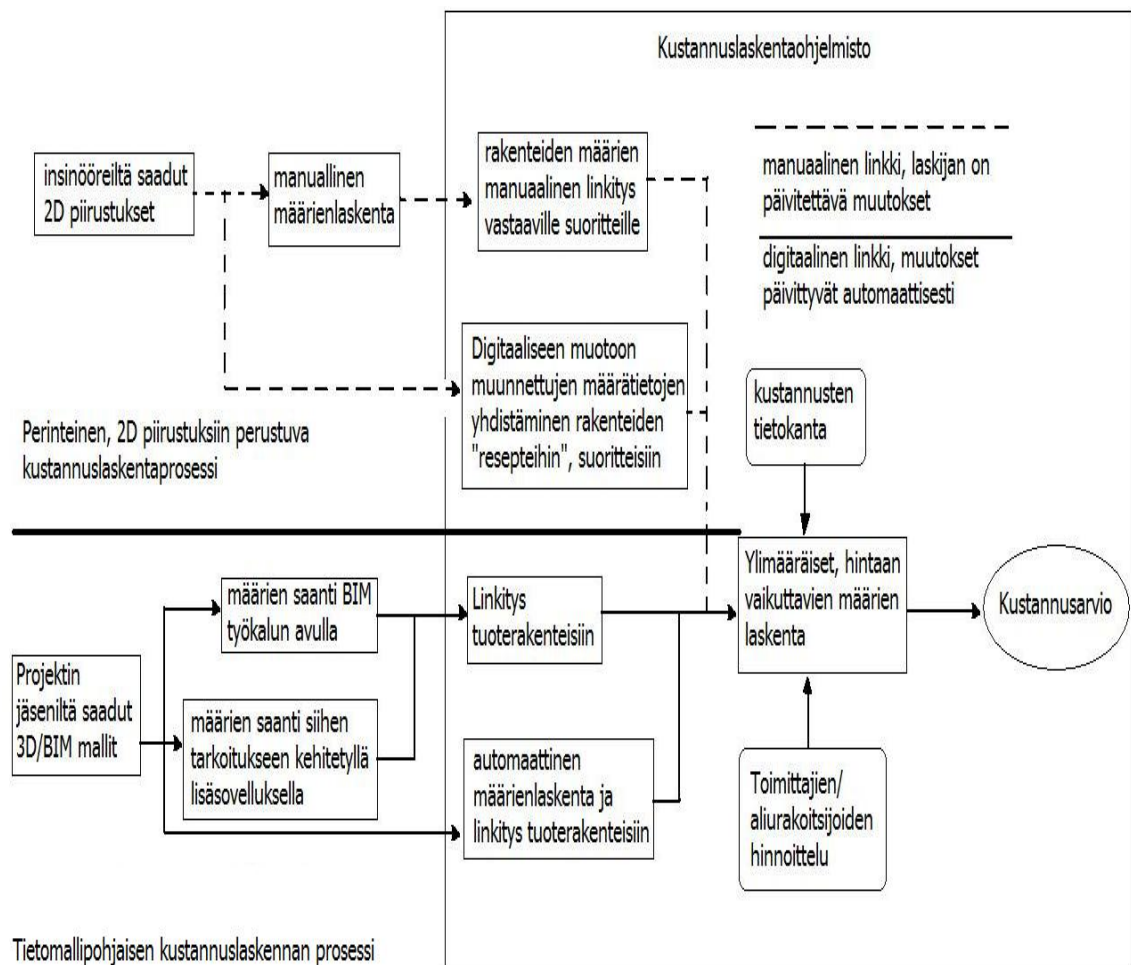
3.7 Yhteenveto

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan mainittavampia hyötyjä on kyky reagoida nopeasti epätaloudellisiin suunnitelmiin (kuva 22).

Teknisen toimivuutensa varmistamiseksi BIM-pohjainen kustannuslaskenta käyttää kolmea eri tapaa siirtää määrätietoja eteenpäin (10, s.277-278):

- Ensimmäinen tapa on tietomallinnusohjelmistojen omat määrälaskentatyökalut, jotka pystyvät näyttämään määrätiedon tekstitiedostoina. Nämä tiedostot pystytään edelleen siirtämään taulukkolaskentaohjelmistoon tai ulkoisiin tietokantoihin. Käytetyin taulukkolaskentaohjelmisto maailmalla on edelleen MS-Excel, jota suurin osa rakennuttajista käyttää yhä hankkeiden kustannuslaskennassa.
- Toinen vaihtoehto, jota ollaan käytetty myös tämän insinööriyön yhteydessä, on käyttää BIM-työkalua, joka pystyy muodostamaan suoran linkin mallin ja yrityksen käyttämän kustannuslaskentaohjelmiston välillä. Toimiakseen tämä yhteys vaatii joko pluginia tai jonkun kolmannen osapuolen työkalun. Esimerkkinä voidaan mainita Tocoman iLink, Vico Estimator (Vico2010) ja Sage Timberline via Innovaya (Innovaya 2010)

- Kolmas vaihtoehto on käyttää erillistä määrälaskentasovellusta. Nämä lisäsovellukset keräävät eri BIM-työkaluilta saatua tietoa, jonka jälkeen data siirtyy linkitystiedoston avulla kustannuslaskentaohjelmistoon. Tämä antaa laskijoille mahdollisuuden käyttää heille räätälöityä työkalua, ilman että heidän tarvitsee perusteellisesti perehtyä rakennuksen suunnittelussa käytettyyn tietomallinnusohjelmistoon. Solibri Model Checker, Vico Takeoff Manager sekä Autodesk QTO ovat esimerkkejä laskijoiden käyttämistä määräenlaskentasovelluksista.



Kuva 22. Tietomallipohjaisen ja perinteisen kustannuslaskentaprosessin vertailu (10, s. 279).

4 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan tutkimustulokset

4.1 Tutkimustyön aineisto

Insinööriyön lähtöaineistona toimi Skanska Xchange -rakennekirjastosta valitut 25 rakennetyyppiä (liitteet 1-25). Muu tutkimusosiossa käytetty aineisto oli Ratu-kortit, Skanskan laskennan käyttämät menekit sekä eri toimittajilta saatu hintatieto.

4.2 Rakennetyyppien purku suorite- ja panostasolle

4.2.1 Excel-taulukkolaskentaohjelmisto

Työn ensimmäisessä vaiheessa otettiin valitut rakennetyypit erilliseen tarkasteluun. Tarkoituksena oli selvittää, mistä suoritteista eri rakenteet koostuivat. Panokset liitettiin vastaaville suoritteille ja lopputuloksena jokainen rakenne oli luotujen kaavojen avulla purettu suorite- ja panostasolle. Tarvittavat menekit saatiin sekä Ratu-korteista että Skanskan edellisistä, toteutuneista hanketiedoista. Käytetty hintatieto perustui eri materiaalien kausisopimuksiin sekä toteutuneisiin keskituntiansioihin. Käytännön esimerkkinä on valittu ulkoseinätyyppi US-1a, joka purettiin kuva 23 mukaisesti Excel-taulukkolaskentaohjelmistoon.

US-1a betoniulkoseinä ei-kantava, mineraalivillaeriste, puurunko, levyverhoaus												
		Suorite		Panos		Panosmenekki Menekki/s-yks	Panoshukka Hukka k	Panoshinta/p-yks.		Suorite		
		Määrä	Yksikkö	Määrä	P-Yksikkö			Hinta €	Panos L	€/yks	€ Yht	
5560	Ulkoseinän verhoaus ja levytyö	100	m ²			1			1,2		18,34	1834
	- valmistelevat työt (vastaanotto,välivarastointi,mittaus,)			1	h	0,01	1,2	15	1	0,18		18
	- siirrot			4	h	0,03	1,2	15	1	0,54		54
	- koolaus, kaksinkertainen			8	h	0,07	1,2	15	1	1,26		126
	- julkisivuverhoauslevyn kiinnitys			18	h	0,15	1,2	18	1	3,24		324
	- lopettavat työt			2	h	0,02	1,2	15	1	0,36		36
	- vaakalaudoitus 25x100 k600			330	m	3	1,1	0,33	2	1,09		109
	- pystyлаudoitus 22x100 k600			330	m	3	1,1	0,33	2	1,09		109
	- luja color julkisivulevylevy			115	m	1	1,15	9,2	2	10,58		1058
3562	Ulkoseinän levytystyöt	100	m ²			1			1,2		2,87	287
	- aloittavat työt			1	h	0,01	1,15	15	1	0,17		17
	- tuulensuojalevytys			8	h	0,07	1,15	15	1	1,21		121
	- lopettavat työt			1	h	0,01	1,15	15	1	0,17		17
	- tuulensuojalevy			110	m ²	1	1,1	1,2	2	1,32		132
3570	Ulkoseinän lämmöneristys	100	m ²			1			1,2		9,37	937
	- aloittavat ja lopettavat työt(varastointi, siirrot)			2	h	0,02	1,15	11	1	0,25		25
	- mineraalivillaeristys 50+200mm			9	h	0,08	1,15	15	1	1,38		138
	- koolaus, kaksinkertainen			8	h	0,07	1,2	15	1	1,26		126
	- vaakakoolaus 50x50 k600			330	m	3	1,1	0,33	2	1,09		109
	- pystykoolaus 50x200 k1200			165	m	1,5	1,1	0,33	2	0,54		54
	- mineraalivilla 250mm (50+200)			110	m ²	1	1,1	4,4	2	4,84		484
3551	Ulkoseinän betonielementtityö	100	m ²			1			1,2		65,72	6572
	- aloittavat työt (välivarastointi, siirrot)			5	h	0,04	1,2	16	1	0,77		77
	- Asennus			19	h	0,16	1,2	16	1	3,07		307
	- tukkulaudoitus, saumavalu, laudoituksen purku			7	h	0,06	1,2	16	1	1,15		115
	- Juotosvalu			4	h	0,03	1,2	16	1	0,58		58
	- kantava betonisäkuorielementti			100	m ²	1	1	57	2	57,00		5700
	- elementtien kuljetus			53	tn	0,525	1	6	2	3,15		315
	US-1a Betoniulkoseinä yhteensä	100	m ²						1,2		96,30	9630
									1.työ		15,59	1559
									2.aine		80,70	8070

Kuva 23. Ulkoseinätyyppi US-1a purettu suorite- ja panostasolle (Mikael Diakhate)

Samat toimenpiteet suoritettiin kaikille 25 rakennetyypille. On otettava huomioon, että työn tässä vaiheessa on pyritty käyttämään pelkästään panoslaji 1:stä ja panoslaji 2:sta. Panoslaji 3:n (Aliurakointi) käyttö on hanke- ja yrityskohtainen päätös, joten kannanotto sen tarpeellisuudesta ei ollut olennainen tässä vaiheessa tutkimustyötä.

4.2.2 Tocoman Pro Estimate

Excelein puretut rakenteet siirrettiin TCMPPro-kustannuslaskentaohjelmistoon. Tämän vaiheen lopputuloksena syntyi rakennekirjasto 25:stä suorite- ja panostasolle pilkotusta päärakennetyypistä (Kuva 24).

The screenshot shows the TCM Pro Estimate software interface. The main window displays a list of construction items with columns for code, name, quantity, and price. Below this, there are summary tables for 'Valitse suorite tai luo uusi' and 'Valitse panos tai luo uusi'.

Koodi	Nimi	Määrä	Hinta	Yht.	Yks.	Yks.	Yht.
35_35_US-1	US-1 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-2	US-2 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-3	US-3 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-4	US-4 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-5	US-5 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-6	US-6 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-7	US-7 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-8	US-8 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-9	US-9 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-10	US-10 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-11	US-11 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-12	US-12 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-13	US-13 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-14	US-14 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-15	US-15 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-16	US-16 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-17	US-17 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-18	US-18 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-19	US-19 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-20	US-20 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-21	US-21 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-22	US-22 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-23	US-23 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-24	US-24 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00
35_35_US-25	US-25 Betonikönsä, ei kantava, mineraalivillate, puunkätköläuterhoitus, vaakapaneli	100 m ²	14,94	1494,00	14,94	14,94	1494,00

Kuva 24. TCMPPro:hon luotu rakennekirjasto tutkimustyön rakennetyypeistä (Mikael Diakhate)

4.3 Tutkimuskohteiden määrä- ja kustannusarvioiden vertailu

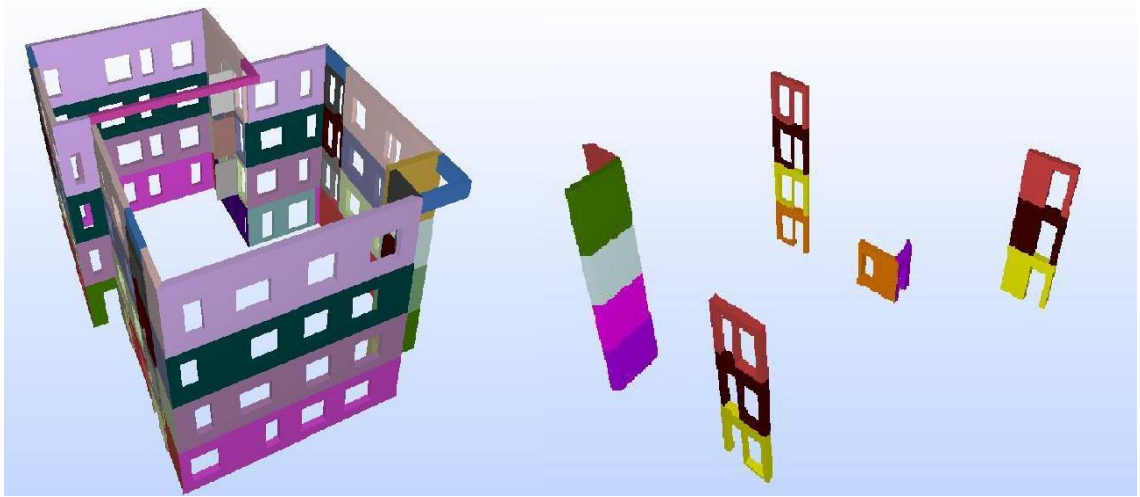
4.3.1 Archicad

Rakennekirjaston valmistuttua seuraava vaihe oli iLinkin avulla luoda määrälaskentaohje arkkitehtimallin ja TCMPro-kustannuslaskentaohjelmiston välille sekä varmistaa sen toimivuus käytännön hankkeessa. Testivaiheen aikana saatuja tuloksia verrattiin Skanskan kustannuslaskentaosaston määrä- ja kustannusarvion tuloksiin, jolloin saatiin poikkeamat eri laskentatapojen välillä. Archicad-hankkeeksi valittiin Skanskan pääkaupunkiseudulla rakennettava neljäkerroksinen asuinkerrostalo (kuva 25). Hanke on nimetty tutkimustyössä Talo-1:seksi.

Kuva 26 ja kuva 27 esittävät määräluettelon ja kustannusarvion eroja perinteisen ja tietomallipohjaisen kustannuslaskennan välillä. Kaikki vertailussa käytettyjen rakennetyyppien tulokset ovat saatavilla liitetiedostoissa (liitteet 26-31). Ennen vertailua oli kuitenkin kaksi huomioon otettavaa asiaa. Ensimmäinen oli kohdehankkeen rakennetyyppien erot rakennekirjaston tuoterakenteiden kanssa ja toinen oli panoslaji 3:n käyttö. Ongelman ratkaisemiseksi luotiin TCMPro:hon uusi hanke, mihin kopioitiin rakennekirjastosta samankaltaiset tuoterakenteet. Tuoterakenteiden muokkaaminen Skanskan tuotantotapoja vastaaviksi olemassa olevan rakennekirjaston avulla sujui kopioinnin jälkeen vaivattomasti.



Kuva 25. Tutkimuksen kohteena oleva Archicad-hanke, Talo-1.



US-6 ja US-4		Laskennan määrät	llink määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
	1krs				
	Lautaverhous	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Pystylaudoitus	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Tuulensuojalevy	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Mineraalivilla	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	yhteensä 1krs	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	-6,6
	2krs				
	Lautaverhous	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Pystylaudoitus	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Tuulensuojalevy	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Mineraalivilla	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	yhteensä 2krs	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	-10,4
	3krs				
	Lautaverhous	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Pystylaudoitus	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Tuulensuojalevy	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Mineraalivilla	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	yhteensä 3krs	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	-10,4
	4krs				
	Lautaverhous	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Pystylaudoitus	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Tuulensuojalevy	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Mineraalivilla	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	yhteensä 4krs	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	-9,0
	Talo-1 yhteensä	116,4 m2	105,8 m2	-10,6 m2	-9,1

Kuva 26. Perinteisen ja tietomallipohjaisen määrälaskennan erot, Talo-1 ulkoseinätyypit US-6 ja US-4 (Mikael Diakhate)

Ulkoseinätyyppi US6, US4		Laskenta Yh. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
	Pystylaudoitus	717				
	Tuulensuojalevy	1909				
	Mineraalivilla + termoranka	4735				
	Lautaverhous	3565				
	SK-elementit 150mm	6144				
	RK-elementit 100mm	6144				
	Elementtien asennus	1340				
Yhteensä		24553	19778	-4775 €		-19,4

Kuva 27. Perinteisen ja tietomallipohjaisen kustannuslaskennan erot, Talo-1 ulkoseinätyyppi US-6 ja US-4 (Mikael Diakhate)

Kustannusarvioiden tarkkailussa on otettava huomioon määräluetteloiden erojen heijastuminen kustannusarvioiden tuloksiin. Esimerkiksi mallista otettujen ulkoseinätyyppi US-6:n ja US-4:n määrät olivat 10 % vähemmän kuin laskennasta saadut määrät. Tämä 10 %:n heitto heijastuu edelleen myös kustannusarvion tulokseen. Määräluetteloiden ero on myös hankekohtainen sekä kohdistuu ainoastaan Talo-1:stä saatuihin määriin.

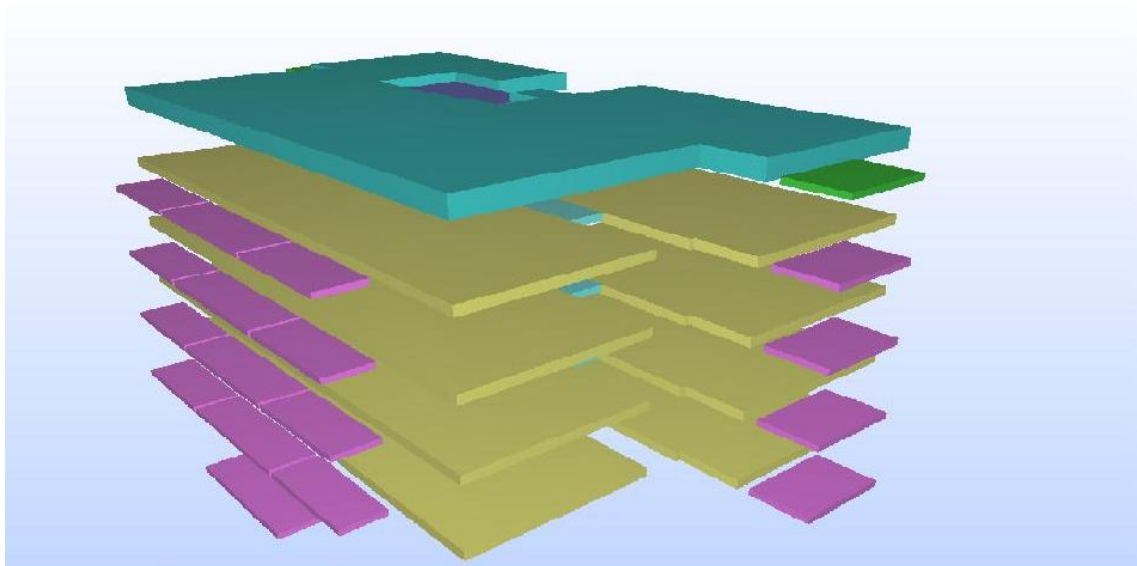
4.3.2 Autodesk Revit Architecture

Revit-ohjelmistolla mallinnetun hankkeen testausta varten valittiin toinen neljäkerroksinen pääkaupunkiseudulle rakennettava asuinkerrostalo. Talo on nimetty tutkimustyössä Talo-0:ksi (Kuva 28). Määrä- ja kustannuslaskentatulosten vertailussa noudatettiin samaa toimintamallia kuin edellisessä luvussa (4.3.1, Archicad). Heti määrälaskentavaiheen alussa todettiin, että rakennuksen arkkitehtimalli tuotti ohjelmistotyypistä riippumatta yhtä tarkkoja määriä. Tämä johtui suunnittelijoiden mallinnuskurista.

Kustannusarvion muodostamista varten valittiin TCMPro-kustannuslaskentaohjelmistosta kohdehanketta vastaavat tuoterakenteet, jotka linkitettiin iLink-sovelluksen avulla arkkitehtimallin rakenteisiin. Perinteisen ja tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan vertailutuloksia esitellään seuraavalla sivulla (kuva 29 ja kuva 30). Kaikki Revit-vertailun tulokset ovat saatavilla liitetiedostoista (liitteet 32-36).



Kuva 28. Tutkimuksen kohteena oleva Revit-hanke, Talo-0.



		Laskennan määrät		Ilink määrät		Erotus	Erotus % lask.nähdn
VP-1							
1krs	P37	347	m2				
2krs	P37	347	m2				
3krs	P37	347	m2				
4krs	P37	347	m2				
Yhteensä		1387	m2	1394	m2	7 m2	0,49

Kuva 29. Perinteisen ja tietomallipohjaisen määrälaskennan erot, Talo-0 välipohjatyypin VP-1, Mikael Diakhate.

Kuten Archicad-vertailututkimuksessa todettiin, määrälaskennan tuloksien erot heijastuvat myös kustannuslaskennan tuloksiin. Revit-vertailussa on myös tutkittu yhtä kohdetta, jolloin saadut erot pätevät vain tässä hankkeessa.

		Laskenta Yht. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
VP-1						
	EP 37	42997				
	Asennus	14288				
	Ontelolaattojen kuljetus	4527				
	EPS 60s b=220	7524				
Yhteensä		69336	68806	-530 €		-0,76

Kuva 30. Perinteisen ja tietomallipohjaisen kustannuslaskennan erot, Talo-0 välipohjatyypin VP-1, Mikael Diakhate.

5 Johtopäätökset, jatkokehitys, yhteenveto

5.1 Johtopäätökset

Tutkimus- ja kehitystyön tuloksia voidaan pitää lupaavina. Kurinalaisuus kohdehankkeiden mallintamisessa nousi kriittiseen asemaan ja mahdollisti vertailukelpoisten tulosten saannin.

Arkkitehtimallista saadut määrät olivat lähellä Skanskan laskentaosaston käyttämiä määriä ja erot olivat keskimäärin 0,5- ja 12 % välillä. Kun arkkitehtimallin laadunvarmistustoimenpiteet on suoritettu, määrätietojen poimiminen sekä siirtäminen TCMPPro- kustannuslaskentaohjelmistoon sujuu ajallisesti huomattavasti nopeammin kuin perinteistä laskentatapaa käytettäessä. Tietomallinnusohjeet sekä suunnittelijoiden mallinnuskuri nousee määrälaskennassa kriittiseen asemaan, ja luotettavien määrien tuottaminen riippuu pitkälti suunnittelutoimistojen tietomallien tasosta, joka on nykypäivänä vielä hyvin vaihteleva.

Käytettyjen ohjelmistojen teknisen osaamisen vaatimukset olivat vähäiset ja suoritettavat toiminnot loogisia. iLink-määrälaskentasovelluksen avulla siirretyt määrät olivat laskentakerroista huolimatta aina samat, mistä voi päätellä, että hyvin tehty arkkitehtimalli tuottaa aina tarkat määrät. Mallien suunnittelutapoja koskien tarvitaan myös ohjeistusta laskijoiden suunnalta, jotta laskentaa palveleva tieto olisi saatavilla ja käyttökelpoinen. Viimeisimmän hintatiedon päivittäminen yhteiseen tietokantaan olisi myös yhtenä edellytyksenä luotettavan kustannusarvion muodostamisessa.

TCMPPro:hon luotujen rakenteiden muunneltavuus nousi kriittiseen asemaan, sillä rakennetyyppeihin tuli kohdehankkeiden sanelemia muutoksia. Luotuja rakennetyyppejä oli kuitenkin vaivaton muuttaa vastaamaan kohdehankkeita ja yhdistelemällä suoritteita päästiin käyttökelpoisiin tuloksiin. Kustannusarvion muodostamisessa ongelmia syntyi eniten eri panosluokkien määrittelyssä, sillä Ratu-korteissa käytetään pelkästään panoslaji 1:tä ja panoslaji 2:ta, kun todellisuudessa panoslaji 3 nousee usein välttämättömäksi. Ratkaisuna tähän olisi standardisoida panoslajien käyttö vastaamaan eri rakenteiden tuotantotapoja.

Talo-80-nimikkeistöjärjestelmä ei myöskään täysin palvele tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan ajatusmallia. Määrälaskentaohje pitäisi laajentaa sisältämään tuoterakenteita, jolloin ei syntyisi ristiriitoja esimerkiksi määrälaskenta- ja hankintaosaston välillä.

5.2 Jatkokehitys

Tutkimustyön aikana törmättiin ongelmiin, joihin ei niiden laajuuden vuoksi syvällisimmin perehdytty, mutta jotka sitä vaativat, jotta tietomallinnuksesta tulisi mahdollisimman luotettava apuväline rakennushankkeiden kustannuslaskennassa. Alapuolelle on listattu muutamia jatkokehitystä palvelevia tutkimusalueita:

- Perehdytään työmaalla tapahtuvien toteumien dokumentointiin ja sen kehittämismahdollisuuksiin.
- Verrataan mahdollisimman monta kustannusarviota varsinaisiin toteumiin. Prosentuaaliset heitot selville → Syyt.
- Selvitetään, mikä on yleisin syy panoslaji 3:n käyttöön ja kuinka paljon siihen voidaan/kannattaa vaikuttaa.
- Tutkitaan, olisiko kannattavampaa yhdistää Ratu-menekit Skanskan kustannuslaskentaosaston käyttämiin menekkeihin ja sen kautta pyrkiä saavuttaa nykyteknologian mahdollistama tarkkuustaso laskennassa → Standardeihin.
- Selvitetään laskentaa palveleva mallinnustarkkuus rakennushankkeen eri vaiheissa ja käydään toteutusmahdollisuudet läpi yhteistyössä eri suunnittelutoimistojen kanssa
- Tutkitaan Talo-80-nimikkeistön soveltuvuus nykyajan vaatimuksiin sekä mahdollista vaihtoa Talo-2000-nimikkeistöjärjestelmään.

5.3 Yhteenveto

Tämän insinööriyön johtavana ajatuksena on ollut nykyteknologian mahdollistaman laskentatason saavuttaminen. Tämä tavoite mielessä pitäen haettiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- **Olemmeko** teknologian mahdollistamalla tasolla?
- **Haluammeko** tälle tasolle?
- Onko **mahdollista** saavuttaa haluttu taso?
- Vaatiiko tason saavuttaminen yrityksen nykyisen toimintamallin **kehitystä, muutosta** vai **vaihtamista** uuteen?
- **Mikä** mahdollistaa vaadittavat toimenpiteet?

Hakemalla tämän insinööriyön kautta vastausta näihin kysymyksiin päästiin tilanteeseen, jossa tietomallipohjainen kustannuslaskenta todettiin tarpeelliseksi. Havaittiin, että nykyteknologia mahdollistaa tarkemman laskentaprosessin ja että meillä on mahdollisuus saavuttaa haluttu tarkkuustaso. Tason saavuttaminen vaatii kuitenkin nykyisen toimintamallin muutosta ja tietomallinnus on siinä avainasemassa. Alalla, jossa kaikki vaikuttaa kaikkeen, on myös muistettava, että pienetkin muutokset toimintamallissa vaativat kokonaisuuden hahmotuskykyä sekä kriittisen tarkastelun ketjun. Viime kädessä yrityksen johto päättää siis tässäkin asiassa tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönotosta laskennan apuvälineenä.

Lähteet

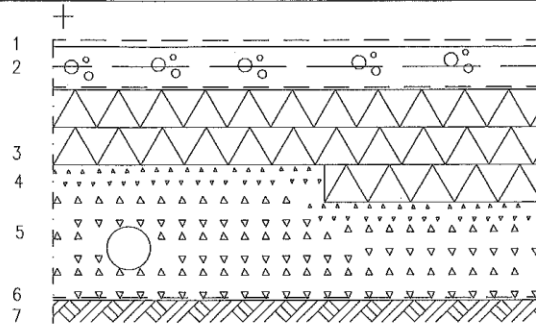
- 1 Archicad BIM Center (2011). WWW-dokumentti (http://www.archicadbimcenter.com/companies/About_Us/ing), luettu 07.08.2011.
- 2 Architectural evangelist. WWW-dokumentti (2010): ArchiCAD or Revit (<http://www.architecturevangelist.com/building-information-modeling/archicad-or-revit-even-octopus-prefers-both.html>), luettu 27.06.2011.
- 3 ARKIDATA. WWW-dokumentti (2007): rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet (http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/rakennushankkeen_vaiheet.htm), luettu 03.08.2011.
- 4 Autodesk, inc (2011). WWW-dokumentti (<http://usa.autodesk.com/>), luettu 08.08.2011.
- 5 Bazjanac, V. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, US (2006). WWW-dokumentti (2006): Model based cost and energy performance estimation during schematic design (<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2005-A11-3-Bazjanac.pdf>), luettu 07.08.2011.
- 6 Bijl, A., and G. Shawcross (1975). "Housing Site Layout System", Computer Aided Design, Volume 7 issue 1, s. 2-10.
- 7 BuildingSMART International Ltd. WWW-dokumentti (<http://buildingsmart.com/organization>), luettu 02.07.2011.
- 8 Eastman, C. M. (1975). "The Use of Computers Instead of Drawings in BuildingDesign." Journal of the American Institute of Architects, March: 46–50.
- 9 Eastman, C. M. (1992). Modeling of Buildings: Evolution and concepts. Automation in Construction 1, s. 99–109.
- 10 Eastman Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. John Wiley & Sons, 2011.
- 11 Gielingh, W. (1988). "General AEC Reference Model (GARM)," Conceptual Modeling of Buildings, CIB W74–W78 Seminar, Lund, Sweden, CIBPublication 126.
- 12 Hämäläinen, Juho-Pekka (2008). Diplomityö: Tuotantomallin hyödyntäminen 4D-suunnittelussa Skanska Talonrakennus Oy:ssä. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos, Espoo.
- 13 Hämäläinen, Juho-Pekka. Projektipäällikkö Skanska talonrakennus Oy. Power Point-dokumentti (2011): Model analysis, QTO and scheduling
- 14 Jame P. Womack, Daniel T. Jones, and Daniel Roos (1990). The Machine That Changed The World. FREE PRESS, New York London Toronto Sydney, s. 339.

- 15 Jongeling, Rogier (2006). Doctoral Thesis: A Process Model For Work-Flow Management in Construction. LULEÅ University of Technology, Sweden
- 16 Kalay, Y. (1989). Modeling Objects and Environments. New York, John Wiley & Sons.
- 17 Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. (1993). The Constructive Approach in Management Accounting. Journal of Management Accounting Research (5).
- 18 Koskela (2011), Ramboll Oy. Skanskan laskentapäivillä (08.09-09.09.2011) pidetty esitelmä maa- ja pohjarakenteiden tietomallintamisesta, Espoo.
- 19 M. M. A. Nour (2007). WWW-dokumentti: Construction Product Modelling within an Architectural Building Information Model Approach (<http://fineartscairoegypt.com/papers/015.pdf>), luettu 15.07.2011.
- 20 Niiniluoto, Ilkka. Johdatus tieteenfilosofiaan, Käsitteen- ja teorianmuodostus. Otava 1980, Helsinki.
- 21 Rakennusteollisuus RT ry. WWW-dokumentti (2006): Ohje määrien laskentaan sijainnetaan (www.rakennusteollisuus.fi/kehittaminen), luettu 07.07.2011
- 22 Rakennustieto. WWW-dokumentti: RT 10-10387, Talonrakennushankkeen kulku (<http://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/ratu.html>), luettu 20.07.2011.
- 23 Rakennustieto. Yleisseloste Talo-80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Rakentajain kustannus, 1981.
- 24 Steven Spear and Kent Bowen (1999). Harvard Business Review, WWW-dokumentti: Decoding the DNA of the Toyota Production System, luettu 05.08.2011.
- 25 The Lean Thinker (2009). WWW-dokumentti (<http://theleanthinker.com/2009/01/12/without-standards-there-can-be-no-kaizen/>), luettu 08.08.2011.
- 26 Tocoman. PDF-dokumentti (2010): Tocoman iLink4 for Archicad, peruskoulutus.
- 27 Vakeva Oy. WWW-dokumentti: Lean Construction – helpommin sanottu kuin tehty (<http://www.vakeva.fi/liitteet/tiennayttaja.pdf>), luettu 02.08.2011.
- 28 Vainiola, Ilkka. Laskentapäällikkö Skanska talonrakennus Oy. PDF-dokumentti (2006): Dynavastaavien koulutuspäivä, Määrälaskenta Dynaprojektin kannalta.
- 29 Vainiola, Ilkka. Laskentapäällikkö Skanska talonrakennus Oy. Henkilöhaastattelut 06.06-20.08.2011.
- 30 Vainiola, Ilkka. Laskentapäällikkö Skanska talonrakennus Oy. PDF-dokumentti (2011): CDE – BIM Workshop in helsinki, CS Use of BIM "Off site".
- 31 Vainiola, Ilkka. Laskentapäällikkö Skanska talonrakennus Oy. Power point-dokumentti (2009): Laskentakohteet: kustannuslaskenta, urakkakohteet.

- 32 Yin, R.K (2003). Case study research: Design and methods. Third edition. Applied Social Research Methods Series, Volume 5. Sage Publications. United States of America. 170P.

Alapohjatyyppi AP-1

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		AP1
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPI	Sisältö Betoni-laatta-alapohja, maanvarainen Alapuolinen solupolystyreenieriste		



(20) mm	1	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan*
80 mm	2	Teräsbetonilaatta, BY 45 luokka A-4-30 raudoitus: #8-200 (B 500 K) asennus $\frac{1}{3}$ laatan yläpinnasta
140 mm	3	Solupolystyreenilevy EPS 100 Lattia ($\lambda_{desig}=0.036W/mK$), 70+70mm saumat limitettynä, 1 metrin reuna-alueella lisäeristys, 70mm ks.taulukko
50 mm	4	Pesty sepeli $\phi 6...16$ mm
= 200 mm	5	Tiivistetty sepeli $\phi 6...32$ mm, pesty, salaojitettu
0.2 mm	6	Suodatinkangas, käyttöluokka N2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
	7	Perusmaa, kallistus salaojiin 1:100

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

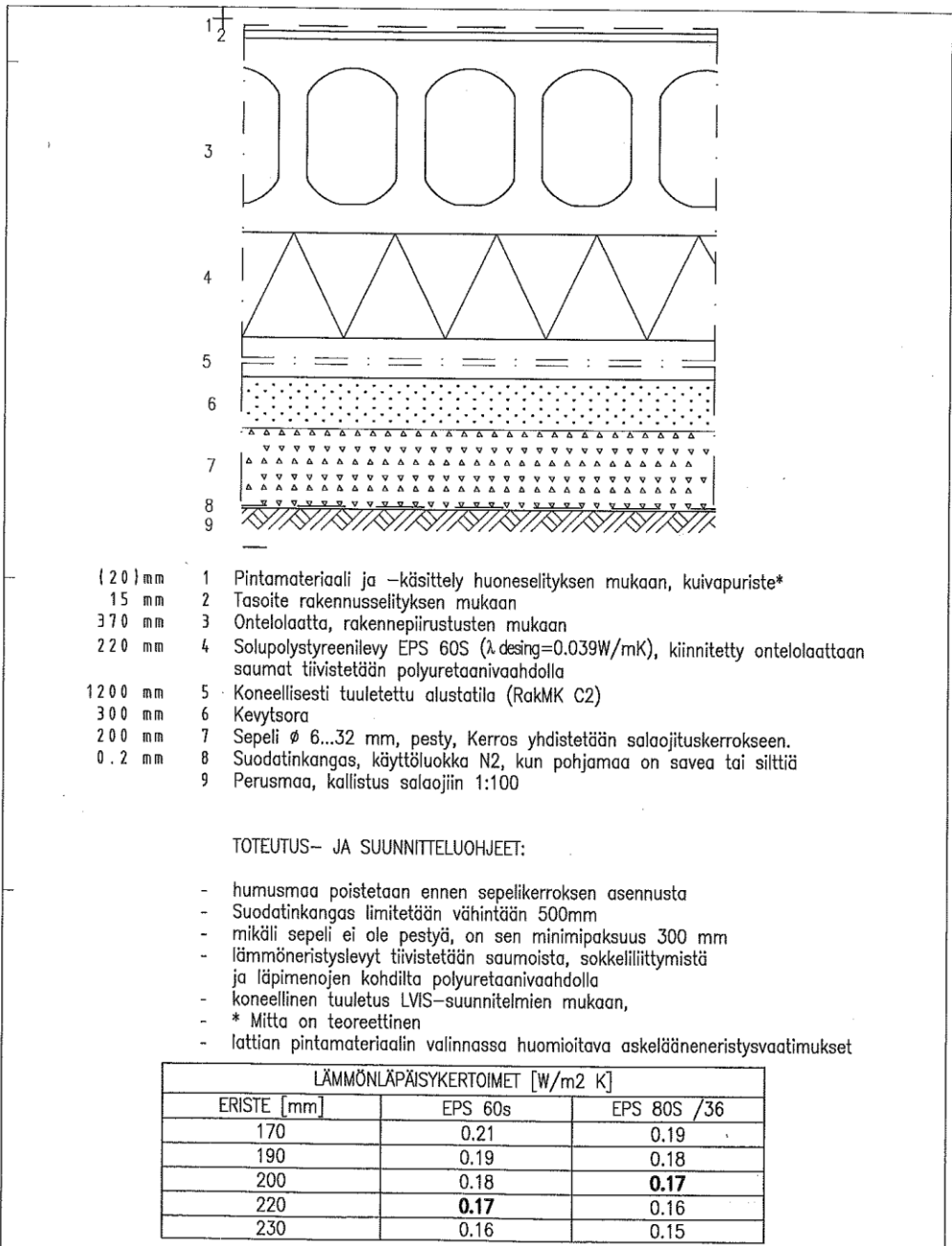
- humusmaa poistetaan ennen sepelikerroksen asennusta
- Suodatinkangas limitetään vähintään 500mm
- mikäli sepeli ei ole pestyä, on sen minimipaksuus 300 mm
- laatan kutistumissaumat ja liittymät pystyrakenteisiin rakennepiirustusten mukaan
- * Mitta on teoreettinen, jos käytetään muuta pintamateriaalia kuin parkettia tulee se huomioida mitoituksessa
- lattian pintamateriaalin valinnassa huomioitava askeläänieristysvaatimukset
- radontiivistus radonin torjunnan ja ilmapuotojen estämiseksi

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET [W/m ² K]						
ERISTE [mm]	Reuna-alue (1m sokkelista)			Sisä-alue		
	PERUSMAA1	PERUSMAA2	PERUSMAA3	PERUSMAA1	PERUSMAA2	PERUSMAA3
50				0.22		
70				0.19	0.24	
100				0.16	0.20	0.23
120	0.25	0.20		0.15	0.18	0.21
140	0.20	0.22	0.22	0.14	0.16	0.19
150	0.19	0.20	0.21	0.13	0.16	0.18
170	0.17	0.18	0.19		0.15	0.16
200	0.15	0.16	0.17		0.13	0.15
220	0.14	0.15	0.15			

- PERUSMAA 1: savea tai salaojitettua hiekkaa tai soraa.
- PERUSMAA 2: hiesua, hietaa, moreenia tai salaojittamatonta hiekkaa tai soraa.
- PERUSMAA 3: kalliota, kallion etäisyys eristeen alapinnasta alle 1000mm

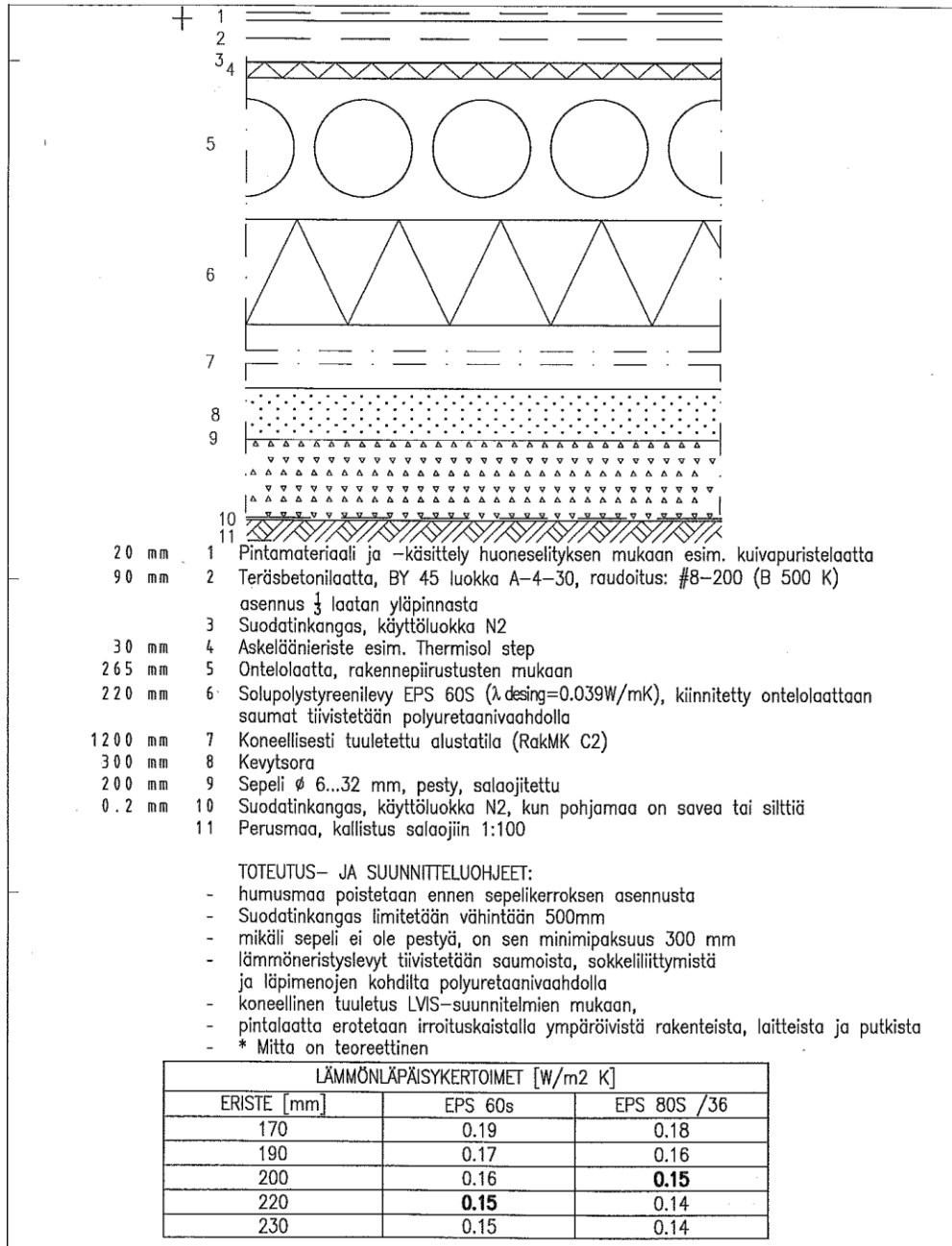
Alapohjatyyppi AP-2

Finnmap Consulting FMC GROUP	Työn nro 50765	AP2
	Päiväys 09.09.10	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOy Lasilaaksontie 9 Espoo	Sisäito Ontelolaatta-alapohja, tuuletettu Alapuolinen solupolystyreenieriste	





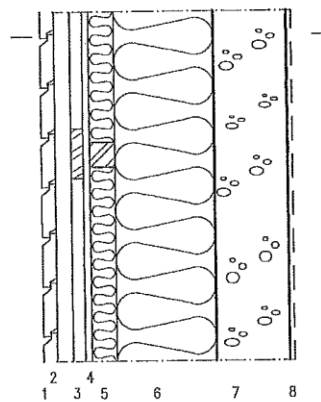
Alapohjatyyppi AP-3

Finnmap Consulting <small>FMC GROUP</small>	Työn nro 50765	
	Päiväys 09.09.10	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOy Lasilaaksontie 9 Espoo	Sisältö Ontelolaatta-alapohja, tuuletettu Alapuolinen solupolystyreenieriste Porrashuoneen alapohja	



Ulkoseinätyyppi US-1

 HELSINGIN KAUPUNKI ASUNTOTUOTANTOTOIMISTO	Työn nro		
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde/Käyttökohde	Sisältö Betoniulkoseinä, ei-kantava Mineraalivillaeeriste, puurunko Lautaverhouk, vaakapaneeli		



- | | | |
|----------|---|---|
| | 1 | Pintakäsittely rakennuseliuksen mukaan |
| 28 mm | 2 | Ulkoverhouklautaa vaakaan rakennuseliuksen mukaan |
| 32+25 mm | 3 | Ilmarako, tuuletettu, pysty-lauditus 32x100 k 600+Vaakalauditus 25*100 k600 |
| 13 mm | 4 | Tuulensuoja, säänkestävä Gyproc Glasroc GHU 13 |
| 50 mm | 5 | Mineraalivilla: ryhmä 01.036, lambda d =0,036, vaakakoolaus 50x50 k 600 koolauksen osuus 8,3% |
| 200 mm | 6 | Mineraalivilla: ryhmä 01.036, lambda d =0,036, pystykoolaus 50x200 k 1200 koolauksen osuus 4,2% |
| 150 mm | 7 | Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan |
| | 8 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneseliuksen mukaan |

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:


- Julkisivun paloluokka ks. RD015
- tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosasta ja aukkojen päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- tuulensuojalevyn täytettävä palomääräykset, saumat koolauksen kohdalla
- julkisivuverhouksen ja taustarungon kiinnitys rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan; kiinnitysosat ja ruuvit RST
- muut vaatimukset katso "Rakennetyyppien yleiset vaatimukset" -tekstiosaa
- S - Käyttö P1-luokan rakennuksessa SRMK:n osan E1:n mukaan
- S - ulkoverhouspaneelin paksuus määriteltävä kohdekohtaisesti paneelikorkeuden mukaan (RT 82-10571)
- S - vaativissa olosuhteissa julkisivupaneeli 28mm. (Merenranta tai etelä- ja länsijulkisivuissa)
- S - paneelin taustauritus RT21-10626 mukaan
- S - kerrostaloissa sisäkuori ≥ 150 mm
- S - rivitaloissa sisäkuori ≥ 120 mm (rivitalo jyykistetty huoneistoittain --> väliseinä VS201)

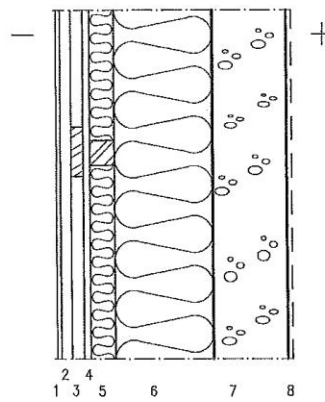
LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN: 0.16 W/m² K. SRMK C3-2010 vaatimus 0.17

01.07.2009

US1527

Ulkoseinätyyppi US-1a

 HELSINGIN KAUPUNKI ASUNTOTUOTANTOTOIMISTO	Työn nro		US1a
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde/Käyttökohde	Sisältö Betoniulkoseinä, ei-kantava Mineraalivillaeiste, puurunko Levyverhous		



- | | |
|--|--|
| 8 mm
22+25 mm
13 mm
50 mm
200 mm
150 mm | 1 Pintakäsittely rakennuslityksen mukaan
2 Julkisivuverhou levy Luja Color rakennuslityksen mukaan
3 Ilmarako, tuuletettu, pystyautoitus 22x100 k 600+Vaakalaudoitus 25*100 k600
4 Tuulensuoja, säänkestävä Gyproc Glasroc GHU 13
5 Mineraalivilla: ryhmä 01.036, lambda d =0,036, vaakakoolaus 50x50 k 600 koolauksen osuus 8,3%
6 Mineraalivilla: ryhmä 01.036, lambda d =0,036, pystykoolaus 50x200 k 1200 koolauksen osuus 4,2%
7 Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan
8 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |
|--|--|

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- Julkisivun palokatko vs. R0015
 - tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
 - veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosasta ja aukkojen päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
 - tuulensuojalevyn täytettävä palomääräykset, saumat koolauksen kohdalla
 - julkisivuverhouksen ja taustarungon kiinnitys rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan; kiinnitysosat ja ruuvit RST
 - muut vaatimukset katso "Rakennetyyppien yleiset vaatimukset" -tekstiosaa
- S - Käyttö P1-luokan rakennuksessa SRMK:n osan E1:n mukaan
- S - kerrostaloissa sisäkuori ≥ 150 mm
- S - rivitaloissa sisäkuori ≥ 120 mm (rivitalo jäykistetty huoneistoittain ->väliseinä VS201)

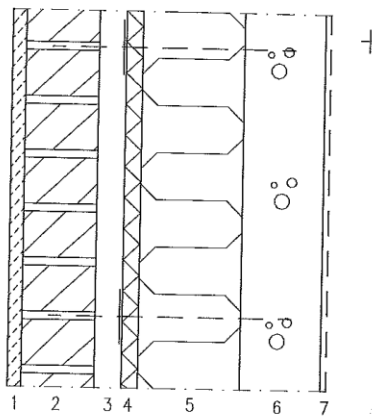
LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN: 0,16 W/m² K. SRMK C3-2010 vaatimus 0,17

01.07.2009

US1527

Ulkoseinätyyppi US-10

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro .	US10
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Päiväys .	
Sisältö Betoniulkoseinä Mineraalivillaaeriste, tuuletusrako 50mm Tiiliverhous + Julkisivurappaus		



25 mm	1	Rappaus rakennusselityksen mukaan
135 mm	2	Tiilimuuraus rakennusselityksen mukaan (poltetut tiilet)
50 mm	3	Ilmarako
30 mm	4	Mineraalivilla esim. Paroc WPS 3n, ($\lambda_{desing}=0.034W/mK$) Tyvek sisäänpäin
190 mm	5	Mineraalivilla esim. Paroc eXtra ($\lambda_{desing}=0.036W/mK$)
150 mm	6	Teräsbetoni rakennesuunnitelmien mukaan
	7	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

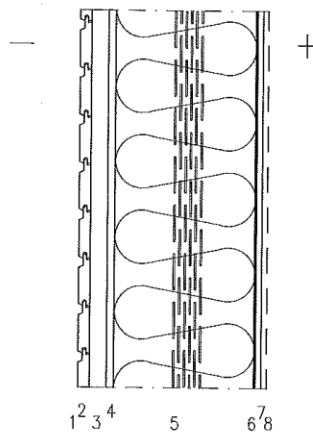
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- ruostumattomat muuraussiteet
- veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosasta ja aukkojen päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- mineraalivillalevyjen saumat limitettynä ≥ 100 mm
- mineraalivillalevyjen kiinnitys mekaanisesti, 4 kpl/m²
- tiilimuurauksen raudoitus, aukkopalkit, liikuntasaumot jne. rakennesuunnitelmien mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET [W/m ² K]	
Eristeet yhteensä [mm]	Paroc WPS 3n+ Paroc eXtra
220	0.17

Ulkoseinätyyppi US-12

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		US12
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPI	Sisältö Termorankaulkoseinä Mineraalivilläeriste Vaakalautaverhous		



- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | Pintakäsittely rakennusselityksen mukaan |
| 21 mm | 2 | Vaakapaneli rakennusselityksen mukaan |
| 32 mm | 3 | Ilmarako + pystyaukko 32x100 k 600 |
| 13 mm | 4 | Tuulensuojalevy esim. Gyproc GHU-13 Hydro |
| 250 mm | 5 | Termoranka + Mineraalivilla ($\lambda_{desing}=0.035$ W/mK) |
| 0.2 mm | 6 | Polyeteenikalvo, saumat koolauksen kohdalla 200 mm limittäin ja puristettu |
| 13 mm | 7 | Sisäverhouslevy, esim Gyproc GN-13 |
| | 8 | Pintamateriaali ja --verhous huoneselityksen mukaan |

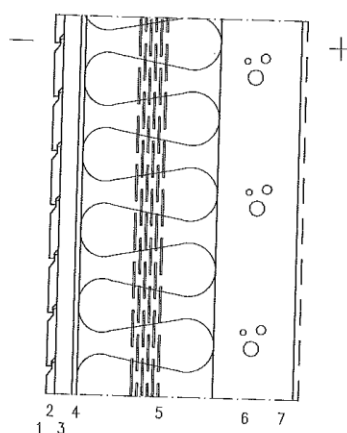
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- veden ja kosteuden poisto rakennuksen alaosasta sekä ovien että ikkunoiden päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- sisäverhouslevy palonkestovaatimusten mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN 0.17 W/m²K, RakMK C3 2010 vaatimus 0.17

Ulkoseinätyyppi US-13

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro	US13
Rakennuskohde RAKENNETYYPI	Päiväys	
	Sisältö Betoniulkoseinä Mineraalivillaaeriste ja termoranka Vaakapaneeli	



- | | |
|--------|--|
| 21 mm | 1 Pintakäsittely rakennusselityksen mukaan |
| 32 mm | 2 Ulkoverhouslauta rakennusselityksen mukaan |
| 13 mm | 3 Ilmarako, tuuletettu, pystylautoitus 32x100 k 600 |
| 250 mm | 4 Tuulensuojalevy, esim. Gyproc GHU-13 Hydro |
| 150 mm | 5 Termoranka + Mineraalivilla ($\lambda_{desing}=0.035$ W/mK) |
| | 6 Teräsbetoni rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 7 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

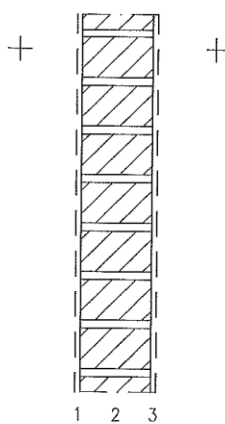
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosasta ja aukkojen päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN 0.17 W/m²K, RakMK C3 2010 vaatimus 0.17

Väliseinätyyppi VS-2

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		VS2
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö Muurattu tiiliseinä, täystiili 130mm		



- 130 mm
- 1 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
 - 2 Täystiili ohutsaumamuuraus
 - 3 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

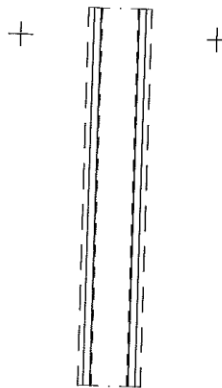
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- liittyminen vaaka- ja pystyrakenteisiin rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan

PALONKESTOLUOKKA: REI 120
EI 180

Väliseinätyyppi VS-3

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		VS3
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö Tersäränkaseinä, ei kantava, 66mm		



1 2 3 4 5

- | | | |
|-------|---|--|
| 13 mm | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |
| | 2 | Kipsilevy, esim. Gyproc GN-13 |
| 66 mm | 3 | Tersäränkarunko R66 k 600 |
| 13 mm | 4 | Kipsilevy, esim Gyproc GN-13 |
| | 5 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

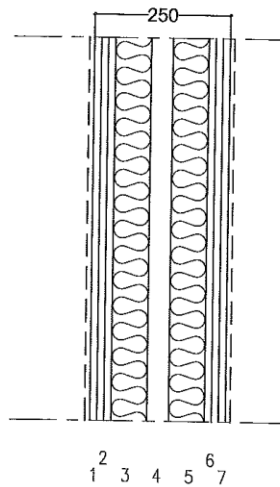
- seinän liitokset rakennusrunkoon detaljipiirustusten mukaan
- kiviaineisen seinän/katon ja kipsilevyn välisessä saumassa elastinen/akustinen saumasmassa
- seinän max. korkeus 2400 mm
- ei raskaita kiinnityksiä

ÄÄNENERISTÄVYYS: $R'w = 30$ dB

PALONKESTOLUOKKA: EI 30

Väliseinätyyppi VS-11

Suunnittelija Finnmap Consulting FMC GROUP	Työn nro 50430	
Rakennuskohde KOY Nikkarinkruunu / Kokontie 15 Kokontie 15 04200 Kerava	Päiväys 26.03.10	
Sisältö Teräsrankaseinä, 2-kertainen, 250 mm Huoneistojen välinen ei-kantava väliseinä 3-kertainen kipsilevyverhous, mineraalivillaaeriste		PW360



- | | | |
|---------|---|---|
| | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely, huoneselityksen mukaan |
| 3x13 mm | 2 | Kipsilevy, GN 13, kolminkertainen |
| 66 mm | 3 | Teräsranka 66/40 k 600 + mineraalivilla UNS 35 |
| 40 mm | 4 | Ilmarako |
| 66 mm | 5 | Teräsranka 66/40 k 600 + mineraalivilla UNS 35 |
| 3x13 mm | 6 | Kipsilevy, GN 13, kolminkertainen |
| | 7 | Pintamateriaali ja -käsittely, huoneselityksen mukaan |

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

Sähköasiat tulisi sijoittaa eri kohdille seinän eri puolilla, jos rasiat sijaitsevat samalla kohdalla, vahvistetaan seinä rasioiden kohdalla kaksinkertaisella kipsilevyllä, levykoko n. 600x600 mm²

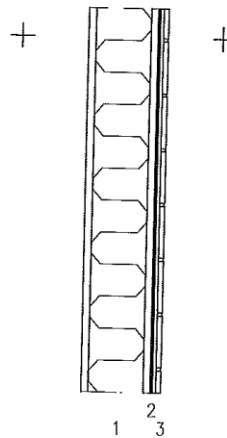
- seinän liitokset rakennusrunkoon detaljipiirustusten mukaan
- kiviainaisen seinän/katon ja kipsilevyn välisessä saumassa elastinen/akustinen saumausmassa
- seinän max. korkeus normaalilevyillä 3000 mm, 3300 mm jos pintalevyt EK
- jos raskaita kiinnityksiä tai pintamateriaalina laatoitus, runkojako k 400
- palonkestoluokka edellyttää tyyppihyväksynnän ehtojen noudattamista

ÄÄNENERISTÄVYYS: $R'_w = 60$ dB

PALONKESTOLUOKKA: EI 90

Väliseinätyyppi VS-107

Suunnittelija Finnmap Consulting FMC GROUP	Työn nro 50765	VS107
Rakennuskohde KOy Lasilaaksontie 9 Espoo	Päiväys 09.09.10	
Sisältö Kostean tilan seinä, ei-kantava		
		Kostean tilan seinä asuinhuonetta vasten



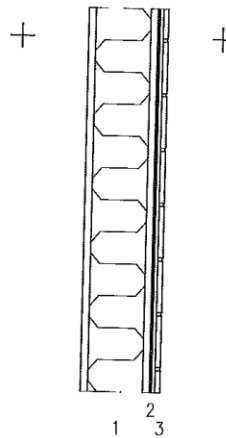
- 1 Runkorakenteinen levyseinä
 - 13 mm kipsilevy esim. Gyproc GN-13
 - 66 mm teräsrunkarunko R66 k 400 +mineraalivilla
 - 13 mm sementtipohjainen rakennuslevy märkätilan puolella
- 2 Siveltävä vesieristys
- 3 Keraamiset laatat + kiinnityslaasti

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- laatoituksen laatu ja määrä rakennusselityksen mukaan
- levyn pohjakäsittely vedeneristysjärjestelmän mukaan
- levyn pohjakäsittely ja laattojen kiinnityslaastin yhteensopivuus vedeneristeen kanssa on varmistettava
- seinän alareunaan tarvittaessa varaus lattian vedeneristuksen nostoa varten
- läpivientien ja materiaalisaumojen tiivistys levy- ja eristevalmistajan ohjeen mukaan

Väliseinätyyppi VS-109

Suunnittelija Finnmap Consulting FMC GROUP	Työn nro 50765		VS109
	Päiväys 09.09.10	Tekijä TH	
Rakennuskohde KOy Lasilaaksontie 9 Espoo	Sisältö Kostean tilan seinä, ei-kantava Tilavaraus sähkökaapille Kostean tilan seinä asuinhuonetta vasten		



- 1 Runkorakenteinen levyseinä
 - 13 mm kipsilevy esim. Gyproc GN-13
 - 95 mm teräsrunko R95 k 400 +mineraalivilla
 - 13 mm sementtipohjainen rakennuslevy märkätilan puolella
- 2 Siveltyvä vesieristys
- 3 Keraamiset laatat + kiinnityslaasti

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- laatoituksen laatu ja määrä rakennusselityksen mukaan
- levyn pohjakäsittely vedeneristysjärjestelmän mukaan
- levyn pohjakäsittelyn ja laattojen kiinnityslaastin yhteensopivuus vedeneristeen kanssa on varmistettava
- seinän alareunaan tarvittaessa varaus lattian vedeneristysten nostoa varten
- läpivientien ja materiaalisaumojen tiivistys levy- ja eristevalmistajan ohjeen mukaan

Väliseinätyyppi VS-110

Finnmap Consulting <small>FMC GROUP</small>	Työn nro 50765		VS110
	Päiväys 09.09.10	Tekijä TH	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOy Lasilaaksontie 9 Espoo	Sisältö Teräsrankaseinä, ei-kantava, 92 mm Kipsilevyverhous, tilavaraus sähkökaapille Huoneiden välinen seinä		



1 2 3 4 5

- | | | |
|-------|---|--|
| | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |
| 13 mm | 2 | Kipsilevy |
| 95 mm | 3 | Ilmaväli + teräsrankarunko R95 k 600 |
| 13 mm | 4 | Kipsilevy |
| | 5 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

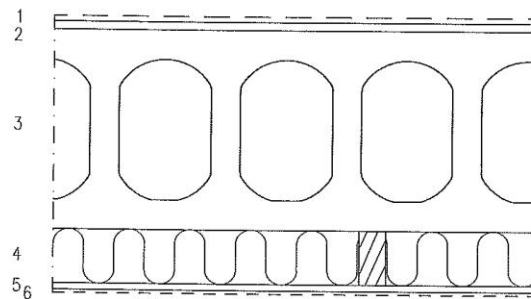
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- seinän liitokset rakennusrunkoon sekä lävistyset detaljipiirustusten mukaan
- WC ja KHH seinissä EK-kipsilevy + mineraalivillaeristys
- kiviaineisen seinän/lattian/katon ja kipsilevyjen välisessä saumassa elastinen/akustinen saumaussmassa
- seinän max. korkeus 3200 mm
- ei raskaita kiinnityksiä
- jos raskaita kiinnityksiä tai pintamateriaalina laatoitus, runkojako k 400
- levyseinään tulevien kalusteiden ja raskaiden kiinnitysten kohdalla seinärunko vahvistetaan vahvistusrangoin ja -kaistoin väliseinäjärjestelmätoimittajan ja rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan
- muut vaatimukset katso "Rakennetyyppien yleiset vaatimukset" -tekstiosaa

ÄÄNENERISTÄVYYS: $R'w \geq 30$ dB

Välipohjatyyppi VP-6

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro .	VP6
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI Puoliämpimän autohallin ja asuinhuoneen välinen välipohja	Päiväys .	
	Sisältö Ontelolaattavälipohja, h = 370	
	Tasoite Lämmöneriste	



20 mm	1	Pintamateriaali ja -käsittely, huoneselityksen mukaan
15 mm	2	Tasoite, rakennuselityksen mukaan
370 mm	3	Ontelolaatta, rakennepiirustusten mukaan
100 mm	4	Mineraalivilla ($\lambda_{desing}=0.037W/mK$) 50x100 puukoolaus k600
13 mm	5	Kipsilevy esim. Gyproc GN-13
	6	Pintakäsittely huoneselityksen mukaan

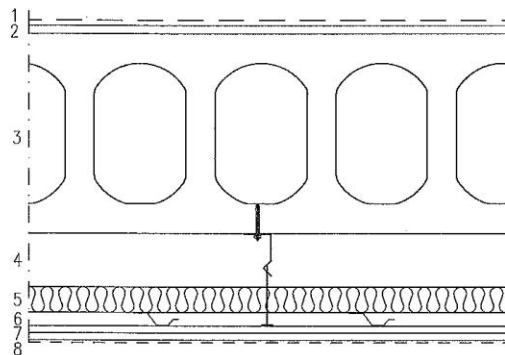
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- Asuutilansijaitessa lähellä autohallin sisääntuloa tulee eristepaksuutta ja mahdollista lattialämmitystä harkita tapauskohtaisesti.

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIN: RakMK C3 2010 vaatimus 0.60 W/m²K
PALONKESTOLUOKKA: REI 60

Välipohjatyypin VP-7

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		VP7
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI Huoneiston ja liiketilan välinen välipohja	Sisältö Ontelolaattavälipohja, h = 370 Tasoite Desibelikatto		



20 mm	1	Pintamateriaali ja -käsittely, huoneselityksen mukaan
15 mm	2	Tasoite, rakennuselityksen mukaan
370 mm	3	Ontelolaatta, rakennepiirustusten mukaan
100 mm	4	Alakaton ontelotila + alakaton ripustimet
50 mm	5	Koolaus peltiranka k600 + mineraalivilla 50mm (esim. Isover KL-37)
25 mm	6	Akustinen jousiranka k400
2X13 mm	7	Kipsilevy, esim. 2x Gyproc GN-13
	8	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

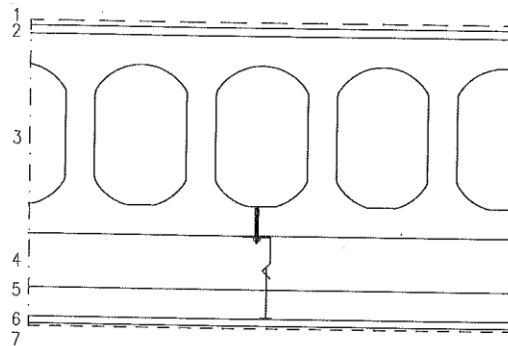
- lattian pintamateriaalin tulee täyttää askelääneneristysvaatimukset
- levyjen liittymäkohdat seinin tiivistetään akustisella saumamassalla
- alakaton lävistykset kitataan akustisesti (lävistysten määrä minimoitava)
- valaisimet pintavalaisimia

ÄÄNENERISTÄVYYS: $R'_w = 60$ dB, $L'_{n,w} < 53$ dB, RakMK C1 vaatimus

PALONKESTOLUOKKA: REI 60

Välipohjatyypin VP-8

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro	VP8
	Päiväys	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI Huoneiston / liiketilan alaslaskettu katto	Sisältö Ontelolaattavälipohja, h = 370 Tasoite Alakattolevytys	




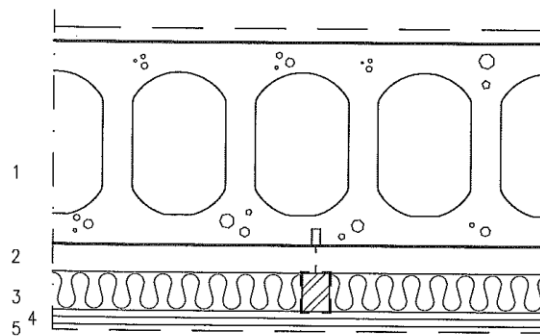
20 mm	1	Pintamateriaali ja -käsittely, huoneselityksen mukaan
15 mm	2	Tasoite, rakennuselityksen mukaan
370 mm	3	Ontelolaatta, rakennepiirustusten mukaan
100 mm	4	Alakaton ontelotila + alakaton ripustimet
27 mm	5	Koolaus peltiranka
13 mm	6	Kipsilevy esim. Gyproc GN-13mm
	7	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- Lattian pintamateriaalin tulee täyttää askelääneneristysvaatimukset
- Levytyypit valitaan kohteen mukaan
- Kannatinjako suunnittelijan ohjeen mukaan
- Ripustinlankojen kiinnitys kiila-ankkureilla
- Rakenteeseen kuormia aiheuttavat asennukset erillisen ohjeen mukaan

Pintarakennetyyppi PR-4

Finnmap Consulting <small>FMC GROUP</small>	Työn nro 50765		
	Päiväys 26.10.10	Tekijä TH	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOy Lasilaakson tie 9	Sisältö Pintarakenne, talopesula, kuivaushuone		
Espoo	Lisä-ääneneriste, alapuolinen		



- | | | |
|-----------|---|---|
| | 1 | Ontelolaatta, välipohjarakenne rakennetyyppien mukaan (REI 60) |
| 50 mm | 2 | Ilmaväli |
| 70 mm | 3 | Mineraalivilla: ryhmä 01.036, ripustettu puurunko 70x45 k 400 tai teräsrankarunko R70 k 400 |
| 2 x 13 mm | 4 | 2-kertainen kosteantilan rakennuslevy (esim. Aquapanel), saumat limittäin |
| | 5 | Pintakäsittely / Alakatto, huoneselityksen mukaan |

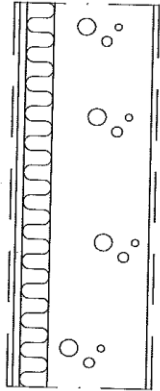
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- kaikki ontelolaattojen lävistyksset esim. sähköputket tiivistetään akustisella ja elastisella palokitillä
 - lisä-ääneneristeen yläpuolinen rakenne ko. välipohjarakennetyypin mukaisesti
 - levyjen liittymäkohdat seiniin ja toisiinsa tiivistetään akustisella saumamassalla
 - alakaton lävistyksset kitataan akustisesti (lävistysten määrä minimoitava)
 - valaisimet pintavalaisimia
 - muut vaatimukset katso "Rakennetyyppien yleiset vaatimukset" -tekstiosia
- S - liittyvien rakenteiden vaikutus ääneneristävyyteen huomioitava erikseen SRMK C1 mukaan
- S - talopesulan ja kuivaushuoneen laitteet valittava siten, että äänitaso ympäröivissä asuinhuoneissa täyttää ko. välipohjarakenteella SRMK C1:ssä asetetut vaatimukset

ÄÄNENERISTÄVYYS: $R'w \geq 60$ dB, $L'_{n,w} \leq 53$ dB, päällyste 1 ja 2, SRMK C1
 PALONKESTOLUOKKA: REI 60

Pintarakennetyyppi PR-5

Suunnittelija Finnmap Consulting FMC GROUP		Työn nro 50765	PR5
Rakennuskohde KOy Lasilaaksontie 9 Espoo		Päiväys 29.09.10	
		Sisältö Betoniseinä, kantava Lisä-ääneneristys asunnon ja kuivaushuoneen välillä Kipsilevyverhous asuinhuoneen puolella	



1 2 3 4 5

13 mm	1	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
	2	Kipsilevy
50 mm	3	Mineraalivilla: ryhmä 01.041, pystykoolaus 45x45 k 600 tai metalliranka R42 k 600
200 mm	4	Teräsbetoni/betoni rakennesuunnitelmien mukaan
	5	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

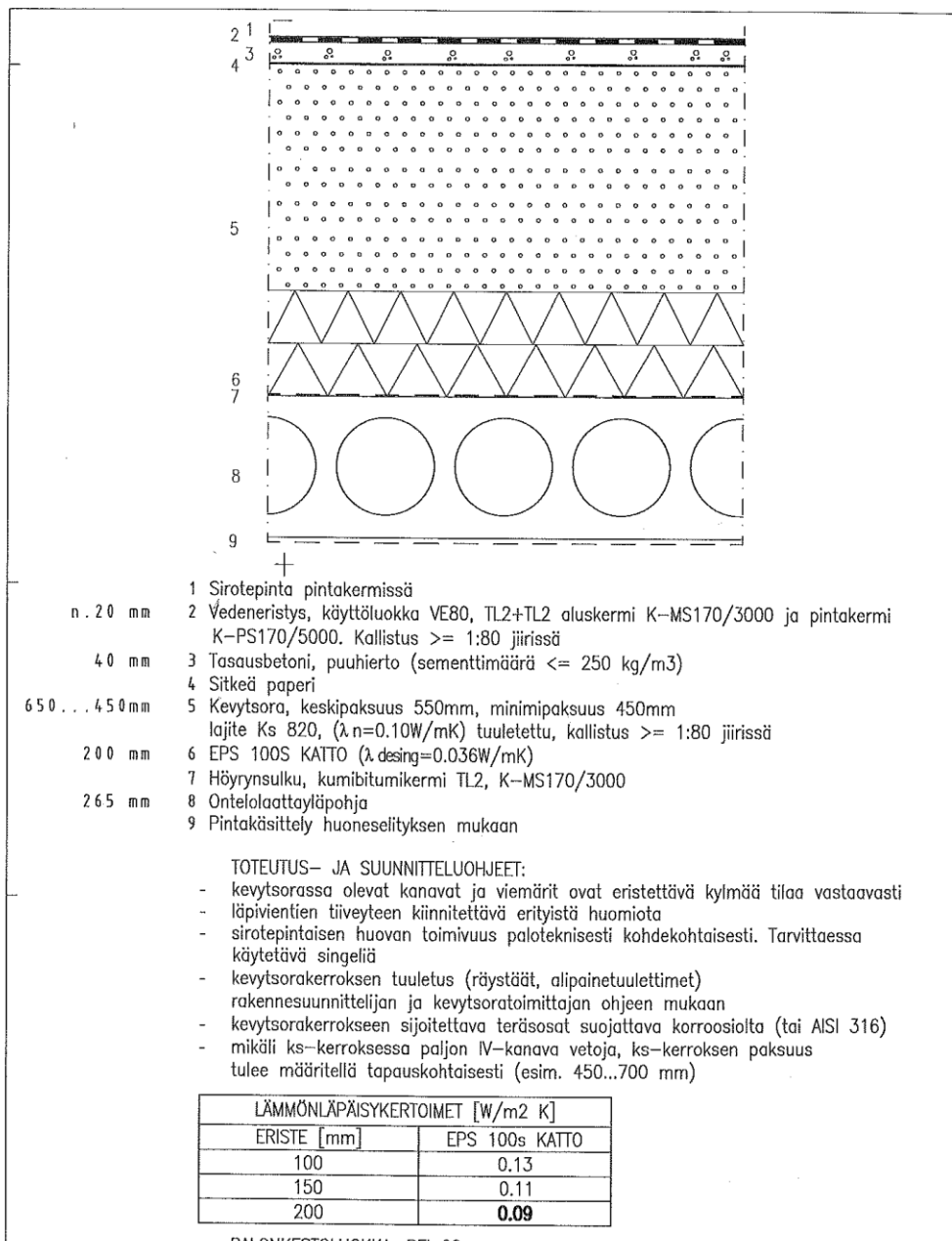
- levyjen reunojen ja saumojen alle aina koolaus
- levyseinä asunnon puolelle

ÄÄNENERISTÄVYYS: $R'w = 57$ dB

PALONKESTOLUOKKA: SRMK B4, REI 180

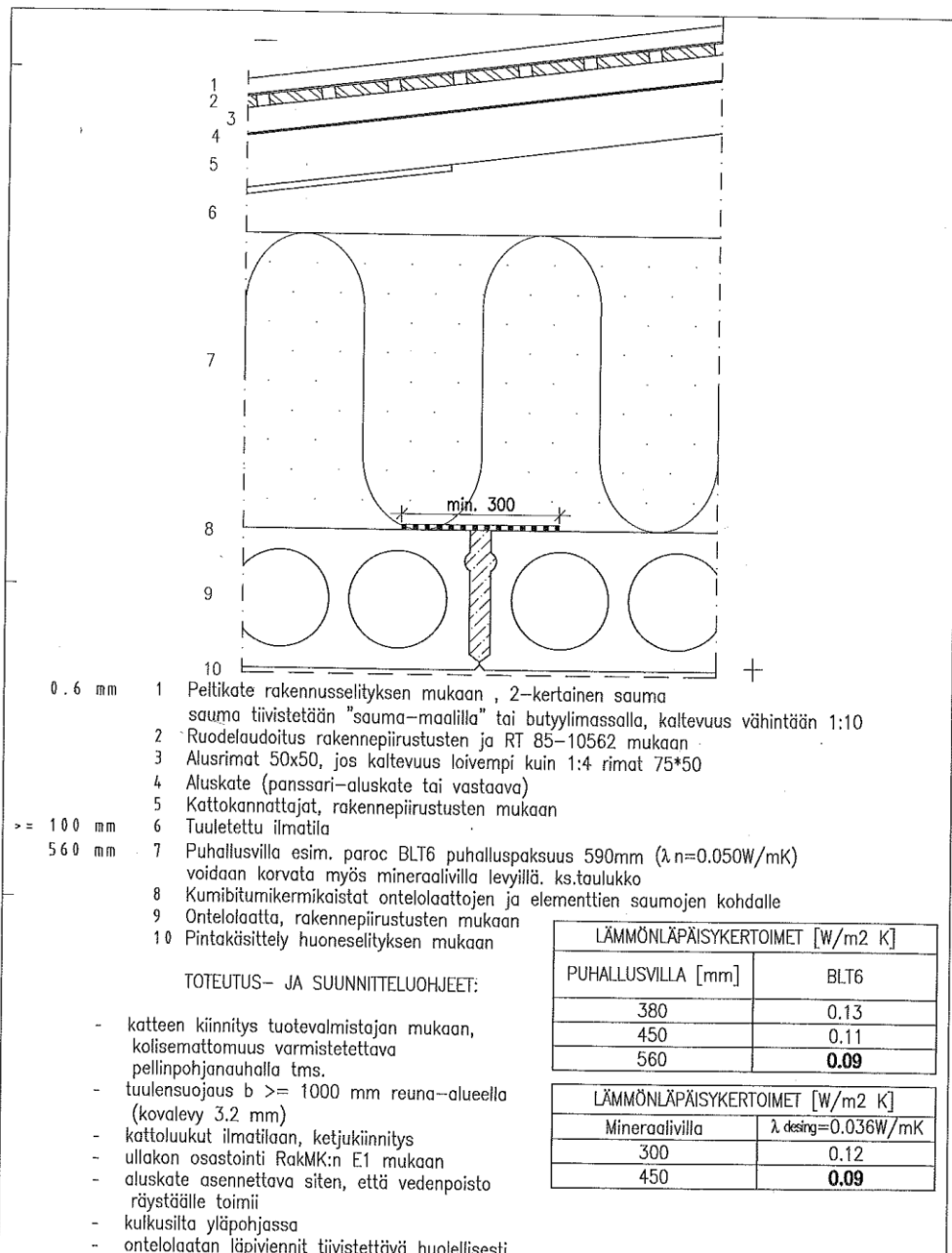
Yläpohjatyyppi YP-1

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		YP1
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö Ontelolaattayläpohja Kevytsoraeriste ja solupolystyreeni Kumibitumikermieriste, suojakiveys		



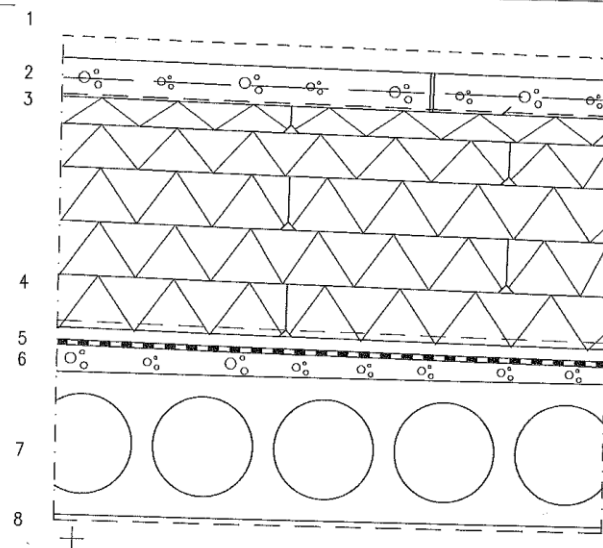
Yläpohjatyyppi YP-2

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		YP2
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö Ontelolaattayläpohja, tuulettu ilmatila puhallusvillaeriste Peltikate		



Yläpohjatyyppi YP-4

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		YP4
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö Ontelolaattayläpohja Solupolystyreenieriste, käännetty rakenne Betonilaatat		



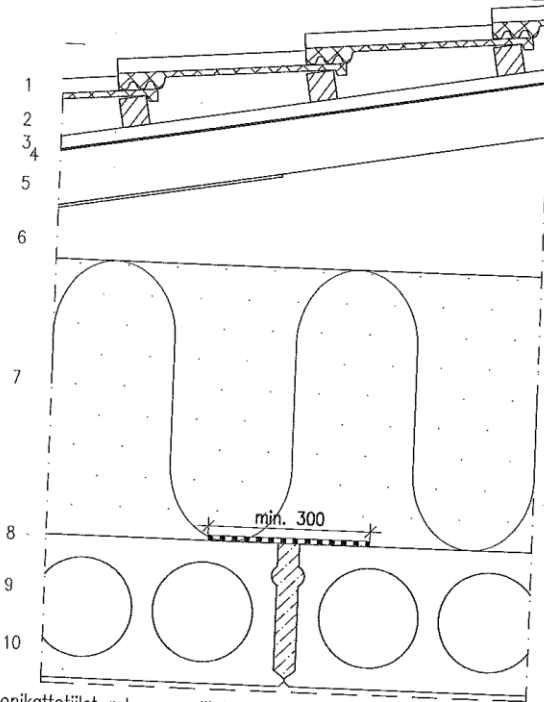
- 80 mm 1 Pintarakenteet rakennusselityksen mukaan,
2 Teräsbetonilaatta, BY 45, luokka C-4-35, säänkestävä keskeinen rauditus: 8-200 B 500 K, laatta pintarakenteineen jaetaan liikuntasauvoilla $\leq 5 \times 5$ m² ruutuihin
- 430 mm 3 Suodatinkangas, käyttöluokka N2, saumat limittäin vähintään 500 mm
4 Suulakepuristettu solupolystyreeni, tiheys ≥ 32 kg/m³, Finnfoam 300 tai vast. ($\lambda_{desing}=0.037$ W/mK)
- 10 mm 5 Enkadrain-salaojamatto 10D tai vastaava
n. 20 mm 6 Vedeneristys, käyttöluokka VE80R, kumibitumikermit, kallistus $\geq 1:80$ jirissä
20...150 mm 7 Kallistus- ja tasausbetoni, pinta hierretty, BY 45 luokka C-4-30
8 Ontelolaatta rakennepiirustusten mukaan
9 Pintakäsittely huoneselityksen mukaan

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET: ks. YP8

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET [W/m ² K]	
ERISTE [mm]	FINNFOAM 300
300	0.13
350	0.11
430	0.09

Yläpohjatyyppi YP-3

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		YP3
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö Ontelolaattayläpohja, tuuletettu ilmatila puhallusvillaeriste Tiilikate kaltevuus >1:4		



- 1 Betonikattotiliet rakennusselityksen mukaan
- 2 Ruodelaudoitus rakennepiirustusten ja RT 85-10562 mukaan
- 3 Alusrimat 50x50,
- 4 Kondensoimaton aluskate
- 5 Kattokannattajat, rakennepiirustusten mukaan
- 6 Tuuletettu ilmatila
- 7 Puhallusvilla esim. paroc BLT6 puhalluspaksuus 590mm ($\lambda_n=0.050W/mK$)
voidaan korvata myös mineraalivilla levyillä. ks.taulukko
- 8 Kumibitumikermikaistat ontelolaattojen ja elementtien saumojen kohdalle
- 9 Ontelolaatta, rakennepiirustusten mukaan
- 10 Pintakäsittely huoneselityksen mukaan

= 100 mm
560 mm

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

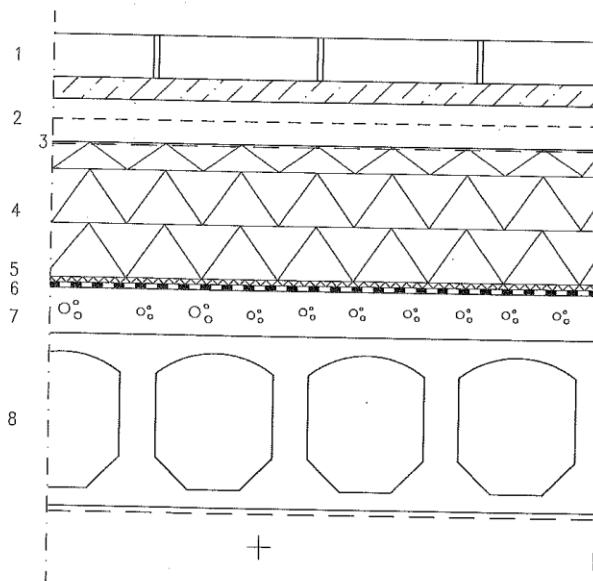
- katteen kiinnitys tuotevalmistajan mukaan,
- tuulensuojaus $b \geq 1000$ mm reuna-alueella (kovalevy 3,2 mm)
- kattoluukut ilmatilaan, ketjukiinnitys
- ullakon osastointi RakMK:n E1 mukaan
- aluskate asennettava siten, että vedenpoisto räystäälle toimii
- aluskatteen tulee kestää paikallinen 1,5kN kuormitus tai käytettävä erillistä asennusohjetta (RIL 107-2000)
- kulkusilta yläpohjassa
- ontelolaatan läpiviennit tiivistettävä huolellisesti

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET [W/m ² K]	
PUHALLUSVILLA [mm]	BLT6
380	0.13
450	0.11
560	0.09

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET [W/m ² K]	
Mineraalivilla	$\lambda_{desing}=0.036W/mK$
300	0.12
450	0.09

Yläpohjatyyppi YP-6

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro	YP6
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Päiväys Tekijä	
Sisältö PIHAKANSI (Autohallin (puolilämmin) katto) Solupolystyreenieriste, käännetty katto Betonilaatat, kantava rakenne ontelolaatta		



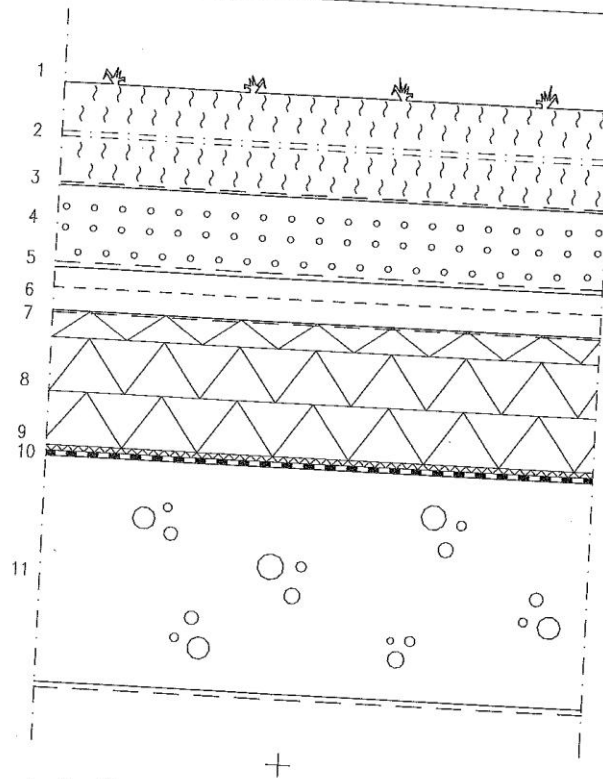
- | | | |
|-------------|---|---|
| 80 mm | 1 | Betonilaatat
kiinnitys maakostealla betonilla min.paksuus 40mm |
| 80 mm | 2 | Teräsbetonilaatta, BY 45, luokka C-4-35, keskeinen rauditus: 8-200 B 500 K, laatta jaetaan liikuntasauvoilla $\leq 5 \times 5$ m2 ruutuihin |
| | 3 | Suodatinkangas 150 g/m ² , saumat limittäin 200 mm |
| 250 mm | 4 | Suulakepuristettu solupolystyreeni, tiheys ≥ 32 kg/m ³ , Finnfoam FL300 tai vast. pontatut reunat |
| 10 mm | 5 | Salaojamatto, Enkadrain tai vastaava |
| | 6 | Vedeneristys, käyttöluokka VE80R, kumibitumikermit, kallistus $\geq 1:80$ jirissä |
| 30...180 mm | 7 | Kallistus ja taseusbetoni
pinta hierretty, yläpinnan kallistus $>1:80$ jirissä |
| 400 mm | 8 | Ontelolaatta rakennepiirustusten mukaan (P40) |

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET: ks. YP8

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN 0.14 W/m²K, RakMK C3 2010 vaatimus 0.14

Yläpohjatyyppi YP-7

Suunnittelija SKANSKA	Työn nro		YP7
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde RAKENNETYYPPI	Sisältö PIHAKANSI (Autohallin (puolilämmin) katto) Solupolystyreenieriste, käännetty katto Kasvillisuus,kantava rakenne paikallavalulaatta		

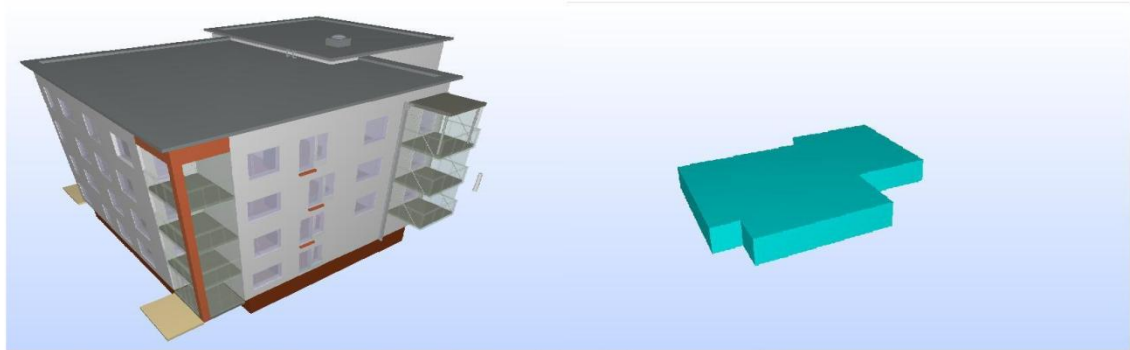


- 250...650 mm 1 Kasvillisuus, istutussuunnitelman ja rakennusselityksen mukaan
- = > 100 mm 2 Multa rakennusselityksen mukaan
- 80 mm 3 Suodatinkangas 150 g/m², saumat limittäin 200 mm
- 250 mm 4 Kevytsora, Ks 310
- 10 mm 5 Juurisuoja betonilaatan päällä
- n. 20 mm 6 Teräsbetonilaatta, BY 45 C-4-35, keskeinen rauditus 8-200 B 500 K, liikuntasaumajako <= 5x5 m²
- 400 mm 7 Suodatinkangas 150 g/m², saumat limittäin 200 mm
- 8 Suulakepuristettu solupolystyreeni, tiheys >= 32 kg/m³, Finnfoam FL300 tai vast. pontatut reunat
- 9 Salaojamatto Enkadrain tai vastaava
- 10 Vedeneristys, käyttöluokka VE80R, kumibitumikermit, kallistus >= 1:80 jirissä
- 11 Kantava teräsbetonilaatta, pinta hierretty, yläpinnankallistus >1:80 jirissä

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIN 0.14 W/m²K, RakMK C3 2010 vaatimus 0.14
jos kevytsora kerros >150mm riittää eristeeksi 200mm finnfoam tai vastaava
näin täyttyy vaadittu U-arvo 0,14 W/m²K

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET: ks. YP8

Määrien ja kustannuksien vertailu, Archicad Talo-1, alapohjatyyppi AP-3



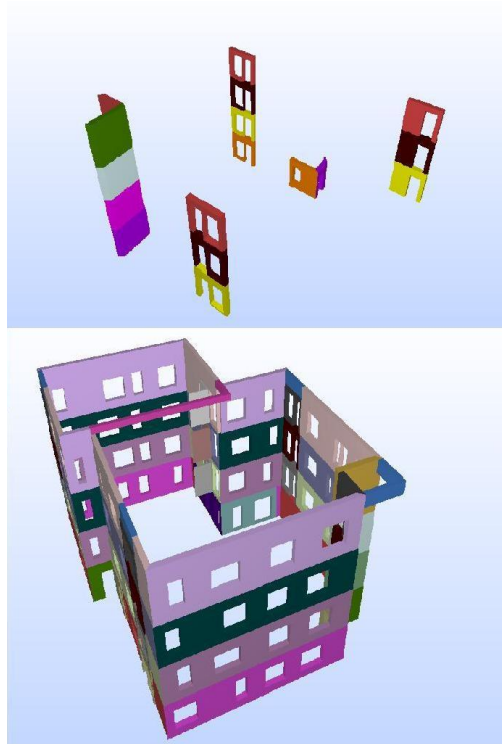
	Laskennan määrät			llink määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn	Alapohjatyyppi 3	
AP3								
	P27-4x	29,2 m2	8 kpl					
	P27-4x-600	2,7 m2	1 kpl					
	P27-6x	128,7 m2	17 kpl					
	P27-8x	19,3 m2	2 kpl					
	P27-6x	60,4 m2	6 kpl					
	P27K-8x	27,7 m2	4 kpl					
	P27K-8	41,1 m2	4 kpl					
	PV-kaistat	7,3 m2						
	OL ylimääräiset m2	7 m2						
yhteensä		323,4 m2	42 kpl	327,6 m2	4,2 m2	1,3		
							Laskennan muut määrät	
							Rauditus pv-kaistat	160 kg
							Betoni k-35-2 h1265 pv-kaistat	2 m3
							Muottityö pv-kaistat	7,3 m2
							EPS 60s b=220	293 m2
							EPS 60s b=220 pv-kaistat	7,3 m2
							Saumojen tiivistys	44 m2
							Ontelolaattojen sahaus	33 m

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMProhon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä

Hanke: Talo-1

		Laskenta Yh. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
Alapohjatyyppi AP3						
	P27-4x	759				
	P27-4x-600	70				
	P27-6x	3475				
	P27-8x	540				
	P27-6	1631				
	P27K-8x	1013				
	P27K-8	1556				
	Asennus	3948				
	OL yhteensä	12992	13151	159 €		1,2
	Rauditus pv-kaistat	213	211	-2 €		-0,8
	Betoni k-35-2 h1265 pv-kaistat	216	207	-9 €		-4,1
	Muottityö pv-kaistat	201	170	-31 €		-15,3
	EPS 60s b=220	6453	7207	754 €		11,7
	EPS 60s b=220 pv-kaistat	161				
	Saumojen tiivistys	571	556	-15 €		-2,7
	Ontelolaattojen sahaus	242	245	3 €		1,2
Yhteensä		21048	21747	699 €		3,3

Määrien ja kustannuksien vertailu, Archicad Talo-1, ulkoseinätyypit US-6 ja US-4



Talo-1, ulkoseinätyypit US-6 ja US-4

US-6 ja US-4		Laskennan määrät	Ilm. määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
1krs					
	Lautaverhous	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Pystylaudoitus	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Tuulensuojalevy	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Mineraalivilla	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	
	Yhteensä 1krs	29,7 m2	27,8 m2	-1,9 m2	-6,6
2krs					
	Lautaverhous	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Pystylaudoitus	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Tuulensuojalevy	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Mineraalivilla	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Yhteensä 2krs	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	-10,4
3krs					
	Lautaverhous	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Pystylaudoitus	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Tuulensuojalevy	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Mineraalivilla	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	
	Yhteensä 3krs	28,9 m2	25,9 m2	-3,0 m2	-10,4
4krs					
	Lautaverhous	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Pystylaudoitus	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Tuulensuojalevy	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Mineraalivilla	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	
	Yhteensä 4krs	28,9 m2	26,3 m2	-2,6 m2	-9,0
Talo-1 yhteensä		116,4 m2	105,8 m2	-10,6 m2	-9,1

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMPron suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä

Hanke: Talo-1

Ulkoseinätyyppi US6, US4	Laskenta Yh. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
Pystylaudoitus	717				
Tuulensuojalevy	1909				
Mineraalivilla + termoranka	4735				
Lautaverhous	3565				
SK-elementit 150mm	6144				
RK-elementit 100mm	6144				
Elementtien asennus	1340				
Yhteensä	24553	19778	-4775 €		-19,4

Määrien ja kustannuksien vertailu, Archicad Talo-1, ulkoseinätyypit US-7 ja US-8



US7 (US7+US8)		Laskennan määrät	ILink määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn	
1krs						
	Pystylaudoitus	24,5 m2		26,2 m2	1,7 m2	6,9
	Tuulensuojalevy	24,5 m2		26,2 m2	1,7 m2	6,9
	Mineraalivilla	24,5 m2		26,2 m2	1,7 m2	6,9
	kuitulevyverhous	24,5 m2		26,2 m2	1,7 m2	6,9
	Termoranka	24,5 m2		26,2 m2	1,7 m2	6,9
	US-7 yhteensä	24,5 m2		26,2 m2	1,7 m2	6,9
Sisäkuorielementit	SK-elementti 150mm	39,1 m2	US1	328,8 m2		
	RK-elementti 150mm	21,2 m2	us2	364,1 m2		
	RK-elementti 100mm	15,5 m2	us4	63,9 m2		
	SK-elementti 390mm	355,2 m2	us5	24,5 m2		
	RK-elementti 340mm	447,5 m2	us6	42,0 m2		
			us7	10,5 m2		
			us8	15,7 m2		
			us-Fr2	5,7 m2		
	Sisäkuori elem. Talo-1	878,5 m2		855,0 m2	-23,5 m2	-2,7

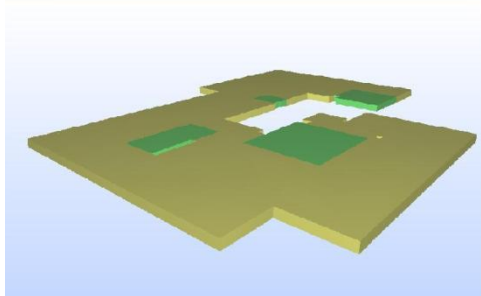
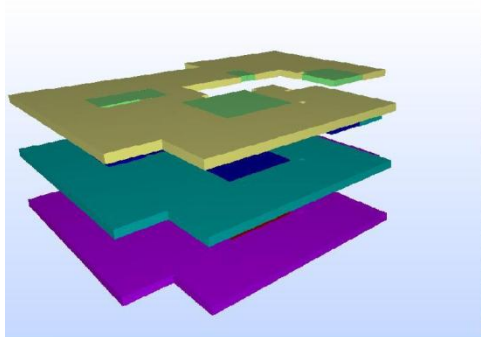
■ US-7
■ US-8

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMPron suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä

Hanke: Talo-1

Ulkoseinätyyppi US7	Laskenta Yh. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
Pystylaudoitus	231				
Tuulensuojalevy	402				
Mineraalivilla + termoranka	997				
Kuitulevyverhous	561				
SK-elementit 150mm	1214				
RK-elementit 100mm	1214				
Elementtien asennus	281				
Yhteensä	4899	4882	-17 €		-0,3

Määrien ja kustannuksien vertailu, Archicad Talo-1, välipohjatyytit VP-1 ja VP-3



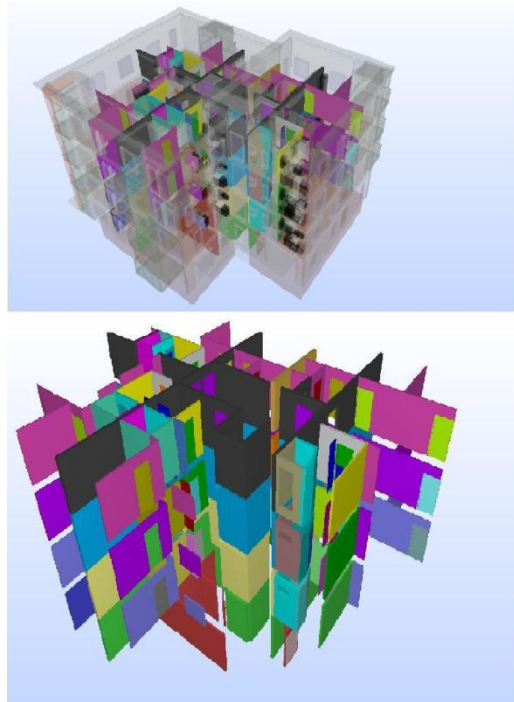
VP1		laskennan määrät	tilin määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn	
2krs						
	P37-6x	180,9 m ²	VP1	253,2 m ²	72,3 m ²	39,9
	P37K-8x	63,2 m ²	VP3 kololaatta	38,4 m ²	-66,2 m ²	-63,3
	P37K-6	41,4 m ²				
	OL ylimääräiset m ²	6,6 m ²				
	Pv-kaistat	9,6 m ²				
	Yhteensä 2krs	301,7 m²		291,4 m²	-10,3 m²	-3,4
3krs						
	P37-6x	180,9 m ²	VP1	253,2 m ²	72,3 m ²	40,0
	P37K-8x	63,2 m ²	VP3 kololaatta	38,3 m ²	-66,3 m ²	-63,4
	P37K-6	41,4 m ²				
	OL ylimääräiset m ²	6,6 m ²				
	Pv-kaistat	9,6 m ²				
	Yhteensä 3krs	301,7 m²		291,5 m²	-10,2 m²	-3,4
4krs						
	P37-6x	180,9 m ²	VP1	253,2 m ²	72,3 m ²	40,0
	P37K-8x	63,2 m ²	VP3 kololaatta	38,3 m ²	-66,3 m ²	-63,4
	P37K-6	41,4 m ²				
	OL ylimääräiset m ²	6,6 m ²				
	Pv-kaistat	9,6 m ²				
	Yhteensä 4krs	301,7 m²		291,5 m²	-10,2 m²	-3,4
Talo-1 yhteensä		905,1 m²		874,4 m²	-30,7 m²	-3,4

■ Kololaatta

■ VP-1 laatta

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMPProhon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä						
Hanke: Talo-1						
		Laskenta Yh. €	TCMPPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
Väliohjatyyppi VP1, VP3						
	P37-6x	17909				
	P37K-8x	8069				
	P37K-6	5069				
	Asennus	11186				
	OL yhteensä	42233	36697	-5536 €		-13,1
	Rauditus pv-kaistat	1117	1096	-21 €		-1,9
	Betoni k-35-2 hl265 pv-kaistat	1133	988	-145 €		-12,8
	Muottityö pv-kaistat	792	654	-138 €		-17,4
	Ontelolaattojen sahaus	593	595	201 €		0,4
Yhteensä		45868	40030	-5838 €		-12,7

Määrien ja kustannuksien vertailu, Archicad Talo-1, väliseinätyypit VS-4, VS-2, VS-10, VS-7, VS-11



■ Talo-1, kaikki väliseinätyypit

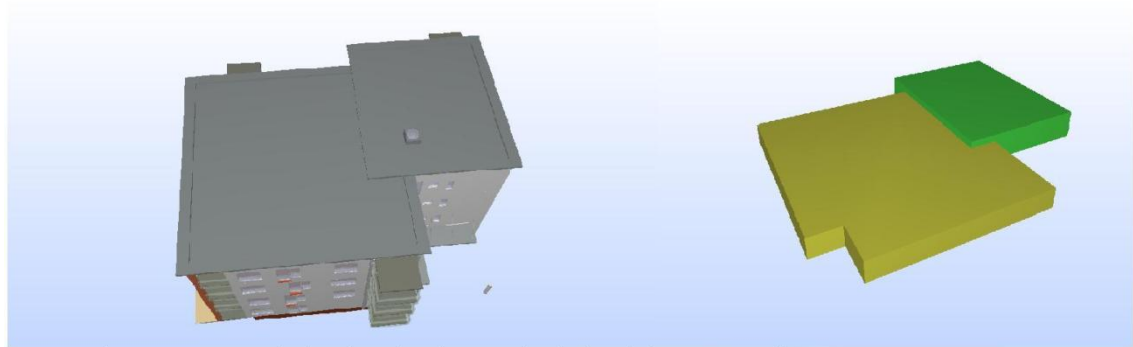
	Laskennan määrät	Link määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
VS-4				
1krs	35,2 m2	34,8 m2	-0,4 m2	-1,2
Talo-1 yhteensä	35,2 m2	34,8 m2	-0,4 m2	-1,2
VS-2				
1krs	54,7 m2	53,8 m2	-0,9 m2	-1,6
2krs	111,8 m2	118,3 m2	6,5 m2	5,8
3krs	111,8 m2	118,3 m2	6,5 m2	5,8
4krs	111,8 m2	118,3 m2	6,5 m2	5,8
Talo-1 yhteensä	390,1 m2	408,7 m2	19 m2	4,8
VS-10				
1krs	11,8 m2	10,2 m2	-1,6 m2	-13,4
2krs	19,5 m2	17,1 m2	-2,4 m2	-12,5
3krs	19,5 m2	17,1 m2	-2,4 m2	-12,5
4krs	19,5 m2	17,1 m2	-2,4 m2	-12,5
Talo-1 yhteensä	70,3 m2	61,4 m2	-8,9 m2	-12,7
VS-7				
1krs	25,2 m2	25,0 m2	-0,2 m2	-0,7
2krs	28,7 m2	27,9 m2	-0,8 m2	-2,6
3krs	28,7 m2	27,9 m2	-0,8 m2	-2,6
4krs	28,7 m2	27,9 m2	-0,8 m2	-2,6
Talo-1 yhteensä	111,3 m2	108,8 m2	-2,5 m2	-2,2
VS-11				
2krs	12,7 m2	12,5 m2	-0,2 m2	-1,7
3krs	12,7 m2	12,5 m2	-0,2 m2	-1,7
4krs	12,7 m2	12,5 m2	-0,2 m2	-1,7
Talo-1 yhteensä	38,1 m2	37,4 m2	-0,7 m2	-1,7

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMPohon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä

Hanke: Talo-1

	Laskenta Yh. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
Väliseinätyyppi VS-7	8376	8068	-308 €		-3,7
Väliseinätyyppi VS-10	5202	4886	-316 €		-6,1
Väliseinätyyppi VS-11	2033	1481	-552 €		-27,1
Väliseinätyyppi VS-2	5836	6269	433 €		7,4
Väliseinätyyppi VS-4	2481	1731	-750 €		-30,2

Määrien ja kustannuksien vertailu, Archicad Talo-1, yläpohjatyypit YP-1 ja YP-1 venytetty

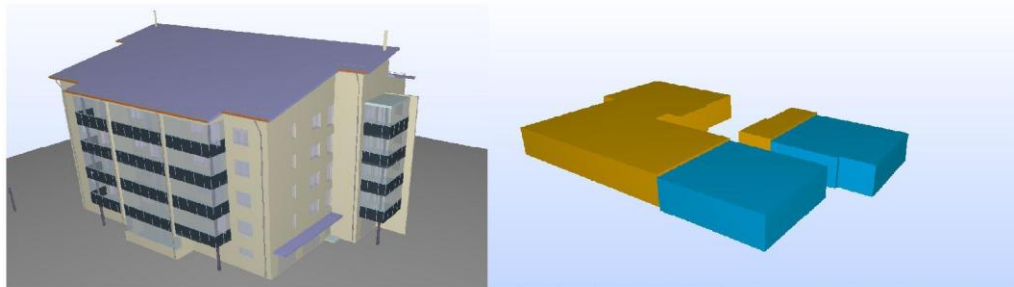


	Laskennan määrät			ILink määrät		Erotus	Erotus % lask.nähdn
YP1							
	P27-4x	26 m2	7 kpl				
	P27-6x	98 m2	14 kpl				
	P27-8x	60 m2	8 kpl				
	P27-6	19 m2	2 kpl	YP1 venytetty	120,3 m2		
	P27-8	83 m2	8 kpl	YP1	221,2 m2		
	PV-kaistat	11 m2					
	OL Ylimääräiset neliöt	6 m2					
yhteensä		302 m2	39 kpl		341,5 m2	39,2 m2	13,0

■ YP1
■ YP1 venytetty

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMPohon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä						
Hanke: Talo-1						
		Laskenta Yh. €	TCMPPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
Yläpohjatyypit YP1						
	P27-4x	666				
	P27-6x	2641				
	P27-8x	1680				
	P27-6	557				
	P27-8	2650				
	Asennus	3666				
	OL yhteensä	11859	13149	1290 €		10,9
	Raudoitus pv-kaistat	319	354	35 €		10,9
	Betoni k-35-2 hl265 pv-kaistat	324	324	0 €		0,0
	Muottityö pv-kaistat	300	286	-14 €		-4,6
	Ontelolaattojen sahaus	182	184	2 €		1,2
	Tasausbetonointi	3970	4579	609 €		15,3
	kevytsoratyö	12129	12544	415 €		3,4
	höyrynsulku	2888	2674	-214 €		-7,4
	EPS katto	5387	5184	-203 €		-3,8
	Sitkeä paperi	407				
	Vedeneristys	9427	6830	-2597 €		-27,5
Yhteensä		47192	46108	-1084 €		-2,3

Määrien ja kustannuksien vertailu, Revit Talo-0, alapohjatyyppit AP-2 ja AP-6



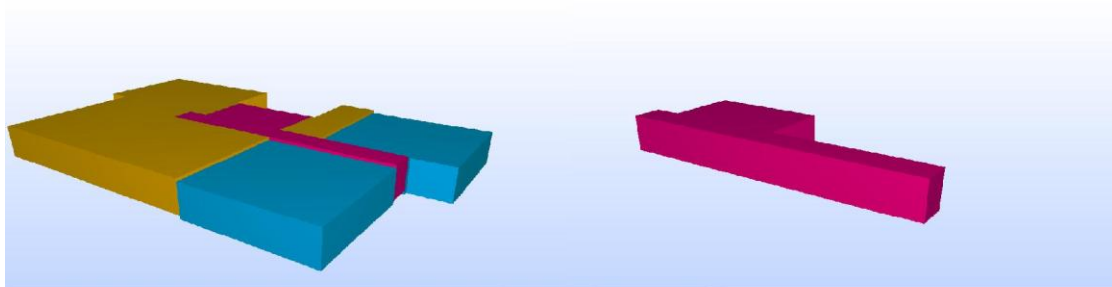
Skanskan laskennan- sekä Ilink:n alapohjatyyppi AP-2 ja AP-6 määrät. Talo 0, Revit

	Laskennan määrät		Ilink määrät		Erotus	Erotus % lask.nähdn
AP-2 ja AP-6	EP37	342 m2	AP-2	213 m2		
			AP-6	116 m2		
Yhteensä		342 m2		328 m2	-14 m2	-3,95

■ Alapohjatyyppi AP-2
■ Alapohjatyyppi AP-6

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMProhon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä						
Alapohjatyyppit AP-2 ja AP-6, Talo-0						
		Laskenta Yht. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
AP-2, AP-6	EP 37	10602				
	Asennus	3760				
	Ontelolaattojen kuljetus	1116				
	EPS 60s b=220	7524				
	Saumojen tiivistys	462				
	Kallistusbetonointi AP-6	1656				
	Betonilattian hionta ja imurointi	530				
Yhteensä		25650	24177	-1473 €		-5,7

Määrien ja kustannuksien vertailu, Revit Talo-0, alapohjatyyppi AP-3



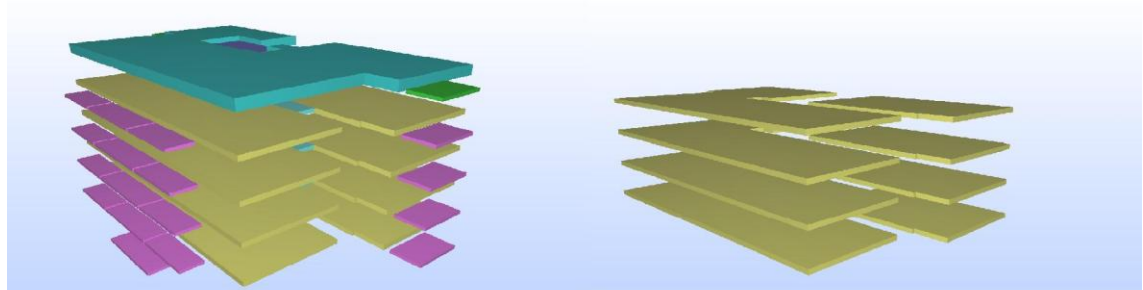
Skanskan laskennan- sekä Ilink:n alapohjatyyppi AP-3 määrät. Talo 0, Revit

	Laskennan määrät		Ilink määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
AP-3	EP27	43 m2			
Yhteensä		43 m2	45 m2	2 m2	4,65

Alapohjatyyppi AP-3

Vertailu laskennan KUA:n sekä TCMProhon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä						
Alapohjatyyppi AP-3, Talo-0						
		Laskenta Yht. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
AP-3	EP 27	1118				
	Asennus	517				
	Ontelolaattojen kuljetus	105				
	EPS 60s b=220	946				
	Saumojen tiivistys	58				
	Pintabetonin irroituskaista	93				
	Thermisol step 30mm	340				
	Verkkoraudoitus	252				
	Pintabetonointi	701				
	Betonilattian hionta ja imurointi	67				
	Suodatinkangas	84				
Yhteensä		4281	4378	97 €		2,3

Määrien ja kustannuksien vertailu, Revit Talo-0, välipohjatyypit VP-1



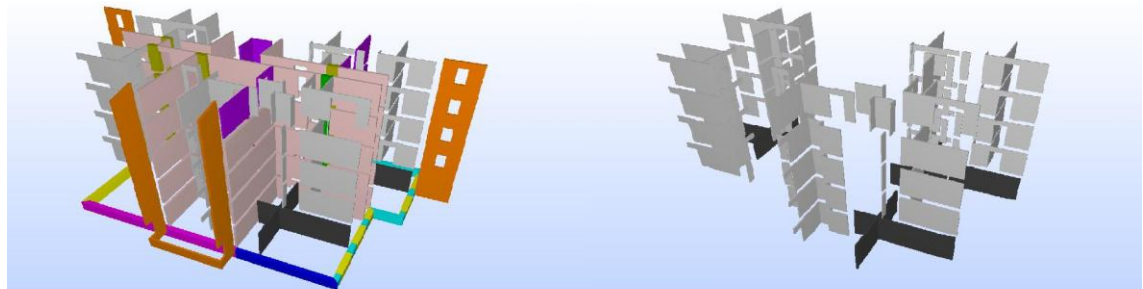
Skanskan laskennan- sekä Illink:n välipohjatyypit VP-1 määrät. Talo 0, Revit

		Laskennan määrät	Illink määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
VP-1					
1krs	P37	347 m2			
2krs	P37	347 m2			
3krs	P37	347 m2			
4krs	P37	347 m2			
Yhteensä		1387 m2	1394 m2	7 m2	0,49

 Välipohjatyypit VP-1

Vertailu laskennan KUA:n sekä TCMProhon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä					
Välipohjatyypit VP-1, Talo-0					
		Laskenta Yht. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks. Erotus % lask.nähdn
VP-1					
	EP 37	42997			
	Asennus	14288			
	Ontelolaattojen kuljetus	4527			
	EPS 60s b=220	7524			
Yhteensä		69336	68806	-530 €	-0,8

Määrien ja kustannuksien vertailu, Revit Talo-0, väliseinätyypit VS-2 ja VS-3



Skanskan laskennan- sekä Ilin:n väliseinätyypit VS-2 ja VS-3 määrät. Talo 0, Revit

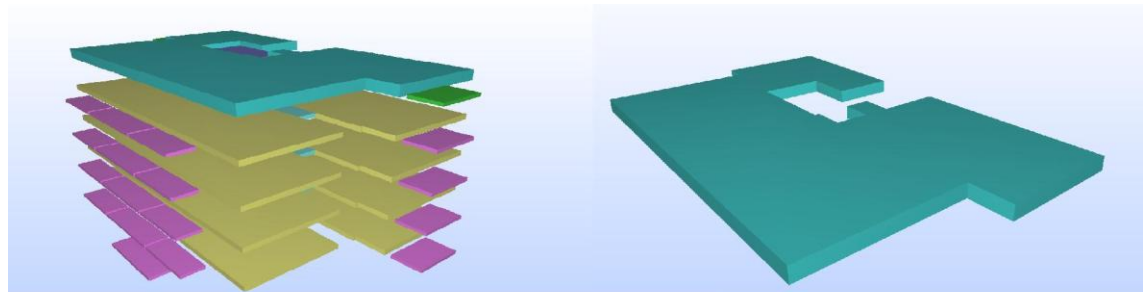
	Laskennan määrät	Ilin:n määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
VS-2				
	Yhteensä	124 m ²	124 m ²	0
VS-3				
	Yhteensä	668 m ²	651 m ²	-2,54

■ Väliseinätyyppi VS-2
 ■ Väliseinätyyppi VS-3

Vertailu laskennan KUA:n, sekä TCMPohon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä
Väliseinätyypit VS-2 ja VS-3, Talo-0

	Laskenta Yht. €	TCMPPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
VS-2	7343	5386	-1957 €		-26,7
VS-3	11189	9799	-1390 €		-12,4

Määrien ja kustannuksien vertailu, Revit Talo-0, yläpohjatyyppi YP-3



Skanskan laskennan- sekä Ilink:n yläpohjatyyppi YP-3 määrät.Talo 0, Revit

		Laskennan määrät	Ilink määrät	Erotus	Erotus % lask.nähdn
YP-3	EP27	347 m2			
Yhteensä		347 m2	362 m2	15 m2	4,32

 Yläpohjatyyppi YP-3

Vertailu laskennan KUA:n sekä TCMProhon suorite- ja panostasolle pilkottujen tuoterakenteiden välillä						
Yläpohjatyyppi YP-3, Talo-0						
		Laskenta Yht. €	TCMPro KUA €	Erotus	Yks.	Erotus % lask.nähdn
YP-3	P27	9022				
	Ontelolaattojen asennus	3572				
	Ontelolaattojen kuljetus	849				
	Kumibitumikermikaistat	216				
	Puhallusvilla	5440				
	Kattoristikot	24546				
	Kondensoimaton aluskate	1042				
	Alusrimat	1351				
	Orret	2365				
	Betonikattotiilet	5912				
Yhteensä		54315	53401	-914 €		-1,7