

Laura Heikkilä

# Tuoteosalaskennan kehittäminen tietomallin näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
7.5.2012

Tekijä Otsikko	Laura Heikkilä Tuoteosalaskennan kehittäminen tietomallin näkökulmasta
Sivumäärä Aika	34 sivua + 10 liitettä 7.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	yliopettaja Juhani Eskelinen LVI-insinööri Tero Järvinen LVI-insinööri Kari Engström
<p>Tässä työssä selvitettiin, millä tavoin tietomallipohjaisista LVI-suunnitelmista voitaisiin hyötyä kustannuslaskennan näkökulmasta. Työssä tarkasteltiin erityisesti tilamallin sekä tuoteosamallin etuja kustannus- ja tarjouslaskennassa. Tavoitteena oli tuottaa käsin laskentaan verrattuna nopeasti helppokäyttöisiä massalistoja halutulla tietosisällöllä.</p> <p>Työn suorittamisen pääasiallisena menetelmänä olivat eri tietomalliohjelmistoilla suoritettut testiajot, joiden tuloksina saatiin massalistoja. Tuotettuja massalistoja käsiteltiin taulukkolaskentaohjelmassa, jolloin niiden käytettävyys parani. Yrityksen kustannuslaskijan kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella kartoitettiin kustannuslaskentaprosessin massalistoille asettamia vaatimuksia ja muita seikkoja, jotka helpottaisivat kustannuslaskentaa.</p> <p>Testiajojen perusteella tulokseksi saatiin, että massalaskentaprosessia on mahdollista nopeuttaa tietomallin avulla. Massalaskennan tuotteistamista varten yrityksellemme luotiin lisäksi mallitiedostot, joiden avulla eri kohteiden tietomalleista voidaan jatkossakin tuottaa massalistoja erilaisilla tietosisällöillä.</p> <p>Tämän työn tulokset osoittavat osaltaan, että tietomallit tarjoavat uusia mahdollisuuksia tuottaa lisäarvoa rakennushankkeeseen, mutta niitä ei osata vielä täysin hyödyntää. Tarjoamalla näitä uusia mahdollisuuksia tilaajalle ja urakoitsijoille on mahdollista saada suunnittelun ohelle tuottoa lisäpalvelujen kautta.</p>	
Avainsanat	Tietomallinnus, kustannuslaskenta, massalaskenta

Author(s) Title Number of Pages Date	Laura Heikkilä Developing the cost accounting process from building information model's viewpoint 34 pages + 10 appendices 7 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Juhani Eskelinen, Principal Lecturer Tero Järvinen, BEng Kari Engsröm, BEng
<p>During the recent years the planning of HVAC systems has mostly been done with 3D modeling software using virtual components to simulate complete real systems. While planning has developed from manual drawing to computer-aided 3D modeling, cost accounting has kept conventional paper drawing based methods for product part calculations, which are slow especially when the object is large-scale.</p> <p>Therefore, the purpose of this final year project was to find ways to improve the HVAC cost accounting process by using the building information model. Especially the advantages offered by space shape and product part modelling were examined. The main goal was to find quick ways to draw up and customize the bill of materials by using the listing features of design and model checking software.</p> <p>In some cases several test sets were run before achieving a bill of materials with the desired data. The design and checking software produced the lists but often with a low usability. Therefore, it was also necessary to create MS Excel workbooks containing a ready set of rules for sorting and filtering the data.</p> <p>As a result it became clear that the cost accounting process could benefit from the building information model. The HVAC designer could offer these model based bills of materials and cost calculations to builders and contractors. The builders would gain more specific cost information throughout the planning process and the contractors would save time with the product part calculation.</p>	
Keywords	BIM, cost accounting, product part modelling

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rakennuksen tietomalli	2
2.1	Tietomallin mahdollisuudet	3
2.2	Tietomallintamisen hyvät toimintatavat	5
2.3	Tietomallintamiseen liittyvät vastuukysymykset	6
2.4	Suunnitteluympäristö Granlundilla	6
3	Kustannuslaskenta	8
3.1	Kustannuslaskentamenetelmät rakennushankkeen eri vaiheissa	8
3.2	Tyypillinen kustannuslaskentaprosessi	10
3.3	LVI-komponenttien tunnistus kustannuslaskennassa	11
3.4	Kustannuslaskenta nykyaikaisessa rakennushankkeessa	13
3.5	Kustannuslaskenta Granlundilla	15
3.6	Neliöpohjainen ja tilaryhmämalliin perustuva kustannusarvio	16
4	Massalaskennan tuotteistaminen	16
4.1	Tuotettavan tiedon tasot	17
4.2	Massalaskennan tuotteistamisen vaikutus mallinnukseen	17
4.3	Massalistojen käytettävyys	21
5	Massalistojen tuottaminen	22
5.1	Massalistojen tuottaminen omista suunnitelmista	22
5.1.1	Automaattiset massalistat MagiCad-ohjelmasta	23
5.1.2	Massalistat MagiCad Export -toimintoa käyttäen	25
5.1.3	Massalistojen tuottaminen Solibri Model Checker ITO:n avulla	27
5.2	Massalistojen tuottaminen muiden suunnittelutoimistojen suunnitelmista	30
5.3	Tietomallista tuotetun massalistan ongelmat	31
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1. Ote MagiCADin automaattisesta massalistasta	

- Liite 2. Ote MagiCADin automaattisesta massalistasta varustettuna huonetunnuksilla
- Liite 3. MagiCAD Export -toiminnolla tuotettu massalista, osajärjestelmät
- Liite 4. MagiCAD Export -toiminnolla tuotettu massalista, tilatieto
- Liite 5. Näkymä 1 Solibri Model Checker, ITO: 'Putket ja kanavat'
- Liite 6. Näkymä 2 Solibri Model Checker, ITO: 'Pääkomponentit'
- Liite 7. Ote Solibri Model Checkerilla tehdystä massaluettelosta, ITO: 'Pääkomponentit'
- Liite 8. Näkymä 3 Solibri Model Checker, ITO: 'Pääkomponentit ja tilat'
- Liite 9. Ote Solibri Model Checkerilla tehdystä massaluettelosta, ITO: 'Pääkomponentit ja tilat'
- Liite 10. Ote Solibri Model Checkerilla tehdystä massaluettelosta, ITO: 'Kanavaosat'

## **1 Johdanto**

Tämä insinööritoimisto on tehty Metropolia AMK:lle, ja sen tilaaja on Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Työn teknisinä ohjaajina toimivat Tero Järvinen (tietomallinnus, sekä tiedonsiirto ja ohjelmistot) sekä Kari Engström (kustannuslaskenta ja sen käytännöt) ja ohjaavana opettajana yliopettaja Juhani Eskelinen.

Insinööritoimisto Olof Granlund Oy on osa Granlund-konsernia ja sen toimipiste, joka samalla toimii konsernin pääkonttorina, sijaitsee Helsingin Malmilla. Granlund työllistää noin 400 talotekniikan ja energia-alan työntekijää, päätoimialoja ovat talotekninen suunnittelu, kiinteistönpidon konsultointi, sekä suunnittelun ja ylläpidon ohjelmistojen kehittäminen ja myynti.

Talotekninen suunnittelu on Granlundilla pääasiassa tietomallipohjaista, ja tähän suuntaan ollaan menossa koko talotekniikan alalla. Tässä insinööritoimistossa on tarkoitus selvittää, millä tavoin tietomallipohjaisista suunnitelmista voitaisiin hyötyä kustannuslaskennan näkökulmasta, erityisesti tuoteosalaskennan kannalta.

Tuoteosalaskennassaan kustannuslaskija perinteisesti luetteli kaikki talotekniikan komponentit paperisuunnitelmista, ja tämä vaihe on varsin hidas, etenkin jos kohde on laaja. Tämän työn tarkoituksena on luoda tuoteosalaskentaa varten valmiita toimintamalleja ja osoittaa, että massalistoja voidaan tuottaa tietomallin avulla murto-osassa tuoteosalaskentaa tavallisesti käytetystä ajasta.

## 2 Rakennuksen tietomalli

Rakennusten suunnittelu on kehittynyt viimeisen 20 vuoden aikana käsin piirtämisestä digitaaliseksi mallintamiseksi, jossa kuvannetaan rakennuksen osien kolmiulotteisia muotoja ja niiden tietosisältöä. Nykyisillä talotekniikan sovellusohjelmilla on visuaalisen 3D-mallintamisen lisäksi mahdollisuus tietomallintamiseen (eng. BIM, building information modeling), jossa mallinnettavalla järjestelmällä on geometrian lisäksi esimerkiksi todellisista komponenteista rakennettua järjestelmää vastaavat virtaustekniset tiedot. (1, s. 3.) Tietomallintaminen talotekniikassa voi pitää sisällään varsinaisen 3D-järjestelmämallin luomisen lisäksi mm. olosuhteiden simuloimista, kun vertaillaan eri suunnitteluvaihtoehtoja, rakennuksen energiatavoitteiden simuloimista, sekä lämmitys- ja jäähdytystehontarvelaskelmien tekemisen. (1, s. 14.)

Tietomallintamisen vaiheet on esitetty kuviossa 1. Tässä työssä keskitytään osamalleista erityisesti tila- ja tuoteosamallin tuomiin hyötyihin taloteknisten järjestelmien kustannuslaskennassa.



Kuva 1. Mallintamisen vaiheet (1, s. 8).

Kun eri suunnittelualojen tuotemallit yhdistetään, syntyy koko rakennuksen yhdistelmämalli. Tietomalli sisältää rakennuksen rakenteen ja suunnitteluun, rakentamiseen sekä käyttöön tarvittavat tiedot. (1, s. 3.)

## 2.1 Tietomallin mahdollisuudet

Suunnittelun toteuttaminen tietomallintamisen periaatteita noudattaen mahdollistaa analyysien nopean tuottamisen osamalleista suunnittelun alkumetreistä lähtien. Kun rakennushanke on vasta hankesuunnitteluvaiheessa, voidaan rakennuksesta jo luoda tilamalli perustuen tarveselvityksen tilaohjelmaan. Tilamallista saadaan paljon informaatiota, esimerkiksi tilakohtaiset olosuhdetavoitteet, taloteknisten järjestelmien palvelualueita ja tilapohjainen kustannusarvio.

Suunnittelun edetessä tietomallin tietosisältö tarkentuu ja samalla analyysijä voidaan tarkentaa (1, s. 38). Analyysien tuloksia vertaamalla voidaan valita esimerkiksi tietyn kustannustavoitteen rajoissa parhaan sisäilman laadun tuottava järjestelmävaihtoehto. Tällä tavoin analyysijä hyödyntäen rakennuksen lopputulos on laadultaan parempi ja elinkaarikustannuksiltaan edullisempi. Eniten analysoinnista hyötyy siten rakennuksen omistaja ja loppukäyttäjät. (1, s. 13.)

Koska analyysit tuottavat näkökohtia tietomallin sisältämästä tiedosta, on analyysien luotettavuus aina riippuvainen tietomallin sisällöstä (2, s. 63). Siksi jo ennen suunnittelun aloittamista olisi hyvä tietää, millaisia analyysijä rakennuksen tietomallista mahdollisesti halutaan tuottaa. Taulukossa 1 on esitetty ilmanvaihtokanaviston mallintamiseen käytettyjen menetelmien eroja mallista saatavan tiedon suhteen.

Taulukko 1. Kanaviston mallinnuksen tasot.

2D-geometriamallinnus	3D-geometriamallinnus	Tietomallinnus
pohjapiirustus	pohjapiirustus	pohjapiirustus
	leikkauksia	leikkauksia
	sivuprojektioita	sivuprojektioita
	mittatietoa	mittatietoa
		analyysijä, mm:
		määrätieto
		Ilmavirtojen nopeudet
		painehäviöt järjestelmässä

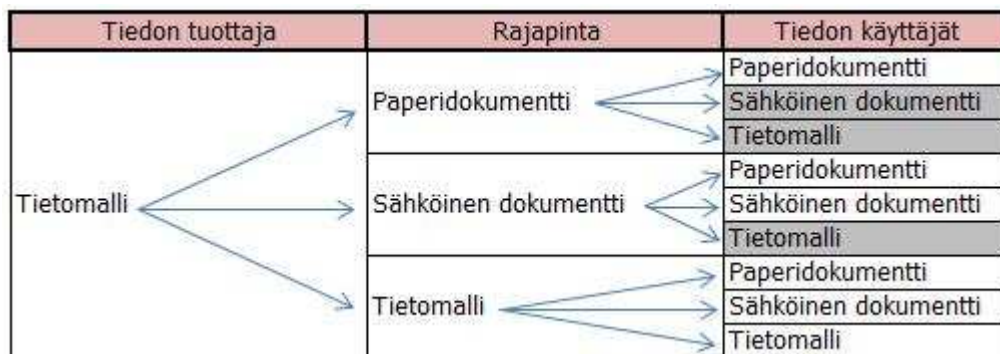
Mikäli mallinnuksen tavoite on osoittaa vain kanaviston muoto ja sijainti, riittää visuaalinen 3D-mallintaminen tuottamaan halutun geometriamallin. Jos tiedetään, että järjestelmästä tullaan tarvitsemaan tuoteosien määrätietoa, esimerkiksi kustannuslaskentaa varten, kannattaa suunnittelu ehdottomasti tehdä tietomallintaen.



## Tiedonsiirron rajapinnat

Vaikka suunnitteluprosessi on tietokoneistunut, paperidokumenteilla on edelleen paikkansa. Paperidokumenteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä esimerkiksi kopiolaitokselta tilattuja piirustussarjoja, jotka lähetetään valituille osapuolille, tai vaikkapa projektipankkiin julkistettuja PDF-dokumentteja. Sähköinen dokumentti taas voi olla esimerkiksi suunnitteluohjelmalla tehty DWG-tiedosto, joka usein viedään projektipankkiin kaikkien hankkeen osapuolien saataville. Tietomallien täysimittaisen jakamisen mahdollistavien tietomallipalvelimien kehitys on vielä kesken, mutta askelia oikeaan suuntaan on otettu. Vielä toistaiseksi tietomallien jakaminen tapahtuu usein sähköpostitse tai esimerkiksi muistitikulla.

Jos rakennuksen suunnitelmat on tehty mallintaen, on tiedon tuottajan ja käyttäjän välisen tiedonsiirron rajapinnan toteutukselle vaihtoehtoja. Mikäli tiedon käyttäjällä on mahdollisuus hyödyntää esimerkiksi tietomalleja mutta rajapinnassa päätetään käyttää paperidokumentteja tästä huolimatta, tiedon arvo alenee. Toteuttamalla tiedonsiirto suunnittelijan ja kustannuslaskijan välillä tietomallien avulla säästetään määrälaskentaan kuluva ajassa ja voidaan parantaa tulosten luotettavuutta. (2, s. 51–52.) Kuviossa 2 on esitetty rajapinnan aiheuttama tietosisällön alentuminen tummalla pohjalla.



Kuva 2. Rajapinnan mahdolliset toteutustavat ja tietosisällön alentuma, kun lähtökohtana ovat tietomallit (2, s. 52).

Jos tiedon käyttäjän on tarkoitus vain lukea tai tulostaa piirustustietoa, mikä tahansa tiedostomuoto sopii tiedonsiirtoon. Tulee kuitenkin muistaa, että yksittäinen piirros on aina yksinkertaistettu kompromissi tietomallista, joka on tehty tiettyä käyttötarkoitusta

varten. Tietoa voi jäädä välittymättä. Täydellisin tiedonsiirto tapahtuu aina tietomallien avulla. (3, s. 1.)

## 2.2 Tietomallintamisen hyvät toimintatavat

Vaikka tietomallista saatavien analyysien tarkkuus houkuttelee, on syytä muistaa, että tietomallin yksityiskohtaisuuden kasvaessa mallin muunneltavuus heikkenee ja samalla malliin käytetty työmäärä on suurempi (2, s. 29). Luonnosvaiheessa on siten turhaa mallintaa järjestelmää jokaista komponenttia myöten, mikäli järjestelmätason muutosten mahdollisuus on vielä suuri. Suunnitelmien tulisi pysyä mahdollisimman joustavina läpi koko suunnitteluprosessin, joten turhaa tarkkuutta on vältettävä. (1, s. 29.)

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012 osassa 4 'Talotekninen suunnittelu' on vaatimuksia ja ohjeita talotekniikan tietomallinnukseen, ja dokumentin liitteissä on eritelty tarkemmin, mitkä järjestelmän komponentit tulee tietomallintaa ja mihin puolestaan riittää 2D-mallinnus. Vaatimuksien myötä mallinnustyön ohella tullaan lisäksi ylläpitämään tietomalliselostusta, jossa kerrotaan, mitä objekteja on mallinnettu milläkin tarkkuudella. Tietomalliselostuksessa tulee olla ilmoitettuna myös ne komponentit, joita ei suunnitelmiin ole mallinnettu, esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterien sekoitusryhmät. (4, s. 8.) Tietomalliselostuksen sisältämä tieto tärkeää, mikäli järjestelmämallista on tarkoitus ottaa sähköinen massalista. Muuten mallintamatta olevien komponenttien tunnistus on hankalaa, ja massalista saattaa siten jäädä puutteelliseksi.

Järjestelmät on syytä mallintaa lisäksi omina osajärjestelminään, esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmät voidaan jaotella ilmanvaihtokonekohtaisesti omiin osajärjestelmiinsä. Tällöin järjestelmästä laadittavat analysoinnit ja massalistat voidaan tuottaa osajärjestelmäkohtaisesti. (4, s. 22.)

### 2.3 Tietomallintamiseen liittyvät vastuukysymykset

Kuten kaikessa ihmisen tekemässä työssä, myös suunnittelussa on mahdollista tapahtua inhimillisiä virheitä. Tietomalleihin perustuvat toimintatavat eivät poista virheen mahdollisuutta, mutta virheiden havaitseminen on helpompaa. (2, s. 72.) Pahimmassa tilanteessa pieni virhe mallinnuksessa aiheuttaa suuren virheen tietomallista ajettuihin analyyseihin.

Jos pohditaan kustannuslaskennan pohjautumista rakennuksen tuoteosamalliin ja siihen liittyviin ongelmiin rakennushankkeessa, tulee ensimmäiseksi eteen vastuukysymykset virhetilanteissa. Jos laskenta on perustunut tuoteosamalliin, jonka epätarkkuus aiheuttaisi virheen kustannuslaskennassa, kuka on vastuussa virheestä? Suunnittelija, joka on järjestelmän komponentit mallintanut, vai esimerkiksi urakoitsija, joka hyväksyi tuoteosamallin määräluettelot ennen kustannuslaskentaa.

Jos rakennushankkeen alussa tiedetään, että tietomalleista ajetut analyysit tulevat olemaan tärkeässä roolissa, on syytä heti alussa määritellä malleihin liittyvät vastuukysymykset. Tällöin esimerkiksi haettaessa tietoja arkkitehdin mallista energia-analyysiä varten, tiedot kulkevat rajapinnan kautta ja arkkitehti on tietomallien rajapintasopimusten mukaisesti vastuussa luovuttamastaan tiedosta. (2, s. 72.)

Kuten kaiken tuotetun suunnittelumateriaalin, myös tietomallien täytyy läpäistä suunnittelijan itsensä suorittama laatutarkastelu. Suunnittelija vastaa siitä, että julkistamansa tietomallin sisältö on vaatimusten ja sopimusten mukainen. (4, s. 7.)

### 2.4 Suunnitteluympäristö Granlundilla

Suunnittelemistamme kohteista suurin osa on mallinnettu tietomallintamisen periaatteiden mukaisesti kuitenkin ottaen mallin tarkkuudessa huomioon asiakkaan vaatimukset. Usein on kuitenkin välttämätöntä tehdä vähintään karkea 3D-geometriamalli taloteknisten järjestelmien törmäilytarkastelujen vuoksi, vaikka 3D-mallinnusta ei olisi erikseen tilattukaan.

## Tilamalli ja olosuhdesimuloinnit

Mikäli kohteen valmista rakennemallia ei ole saatavilla, voidaan kohteen geometria mallintaa MagiCAD Room -ohjelmistolla. Geometriamalli on pohjana tilamallille (tilatyypit ja palvelualueet) sekä olosuhdesimuloinneille. Varsinaista laskentaa ei kuitenkaan suoriteta tässä ohjelmistossa, vaan tilojen geometriamalli siirretään eteenpäin muihin ohjelmistoihin.

Mallinnetuille tiloille asetetaan tilatyypit ja tilakohtaiset olosuhdevaatimukset ROOMEX™ -ohjelmistossa. Tällä ohjelmistolla voidaan myös mallintaa eri järjestelmien palvelualueita. Tämän jälkeen käsittelyä jatketaan RIUSKA™ -ohjelmistossa, jossa rakenteille asetetaan lämmönsiirto-ominaisuudet, tiloille ilmanvaihtomenetelmät ja jäähdytysratkaisut sekä rakennus asetetaan oikeaan ilmansuuntaan. Näillä tiedoilla Riuskassa voidaan suorittaa olosuhdesimulointeja ja energialaskentaa.

Tietoa voidaan siirtää myös toiseen suuntaan, mikä mahdollistaa eri laskentatapausten vertailun Roomexilla ja esimerkiksi tilojen lämpöhäviötiedon siirtämisen alkuvaiheen geometriamalliin.

## Järjestelmämallinnus

LVI-järjestelmien järjestelmämallinnus tapahtuu suomalaisen Progman Oy:n kehittämällä MagiCAD HPV -ohjelmistolla, joka mahdollistaa laajamittaisen tuoteosamallinnuksen. Ohjelma on kytketty eri valmistajien tuotetietokantoihin, jolloin käytettävissä on melko laaja valikoima todellisuutta vastaavia LVI-tuotteita yleisten komponenttien lisäksi. MagiCAD HPV:lla voidaan tehdä mallinnetuille järjestelmille virtaus- ja äänitarkasteluita ja lisäksi mallinnetuista järjestelmistä voidaan tuottaa massaluotteloita.

Mikäli on tarpeen tehdä eri suunnittelualojen välillä visuaalista tarkastelua, esimerkiksi törmäysten ehkäisemiseksi, järjestelmämallit siirretään Autodesk Oy:n NavisWorks Simulate -ohjelmaan. Vaihtoehtoisesti tietomallin visuaalista tarkastelua voidaan tehdä suomalaisen Solibri Oy:n Solibri Model Checker -ohjelmistolla (myöhemmin pelkkä Solibri), josta lisäksi voidaan tuottaa eri suunnittelualojen välinen törmäysanalyysi. Solibrissa on mahdollista suorittaa mitä erilaisempia analyysyjä käyttämällä Information

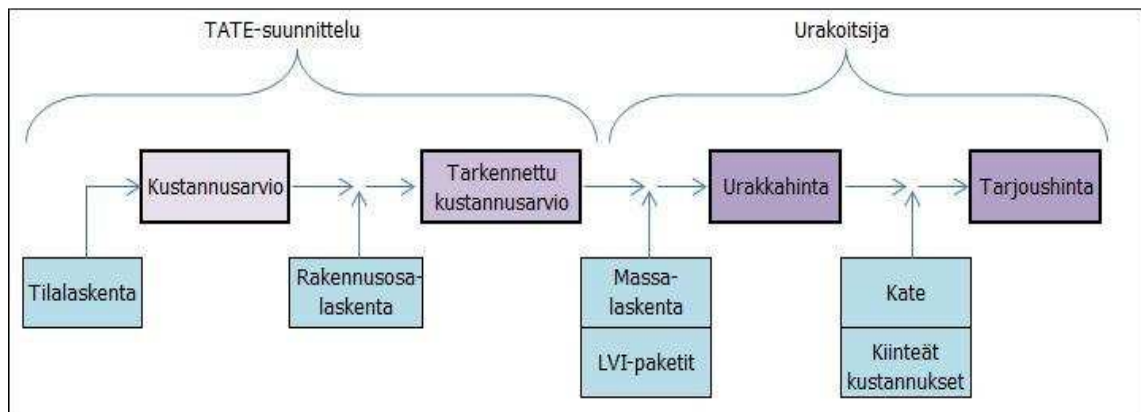
Takeoff -toimintoa (informaation talteenotto, jäljempänä ITO). Tällä toiminnolla käyttäjä voi itse laatia sääntöjä, jonka mukaan ohjelmisto kerää ja luetteloi tietoa mallista. Tässä työssä tullaan käyttämään Solibrin ITO-toimintoa massalistojen luomiseen.

Tiedonsiirto ohjelmistojen välillä

Ohjelmistojen välillä käytetään kaikilla rajapinnoilla IFC-tiedonsiirtostandardin (eng. Industry Foundation Classes) mukaista tiedonsiirtoa, joka on tietomalliohjelmistojen yhteinen mallien kuvaustapa. Tietoa luovuttavassa ohjelmistossa mallista ajetaan nk. ifc-tiedosto ja malli voidaan tässä avoimessa tiedostomuodossa siirtää ohjelmasta toiseen. Nykyisin käytössä on pääasiassa versio IFC 2x3. (5)

### 3 Kustannuslaskenta

#### 3.1 Kustannuslaskentamenetelmät rakennushankkeen eri vaiheissa



Kuva 3. Tarjoushinnan muodostuminen ja laskentaa suorittavat osapuolet.

Kustannuslaskennan toteutustapaan vaikuttaa suoraan käytettävissä olevien laskentamateriaalien tarkkuus. Mikäli suunnittelu on alkuvaiheessa ja kohteesta on tiedossa vasta tilaohjelman mukaiset pinta-alat tilatyypeittäin, voidaan laskenta toteuttaa *tilalaskentamenetelmällä*. Tällöin rakennuksen tiloista arvioidaan tilatyypeittäin jaoteltujen tilastollisten rakennusneliöhintojen perusteella kustannusarvio ottaen huomioon tilaajan haluama laatuvaatimus. Esimerkiksi Haahtela-

kustannuslaskentamenetelmä perustuu pääasiassa neliöpohjaiseen hinnoitteluun. Kuviossa 3 on esitetty kustannusarvion jalostuminen tarjoushinnaksi.

*Rakennusosalaskenta* perustuu jo hieman pidemmälle vietyyn tietoon. Rakennusosalaskennassa rakennuksesta on tiedossa jo alustava pohjaratkaisu ja talotekniikan osalta on muodostettu alustavat palvelualueet. Laskenta perustuu kokonaisuuksien jaotteluun ja niiden hinnan arviointiin tilastollisten hintojen perusteella. (6, s. 11.)

Taulukosta 2 nähdään, että suunnittelun edetessä ja tarkentuessa kustannusarviotakin voidaan tarkentaa ja on mahdollista siirtyä karkeaan *tuoteosalaskentaan* (myös nimityksellä massalaskenta). Massalaskennan lopputuloksena on luettelo rakennuksen LVI-järjestelmien asentamiseen tarvittavista osista, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää kustannuslaskentaohjelmassa tarvittavien materiaalien hintoja laskettaessa.

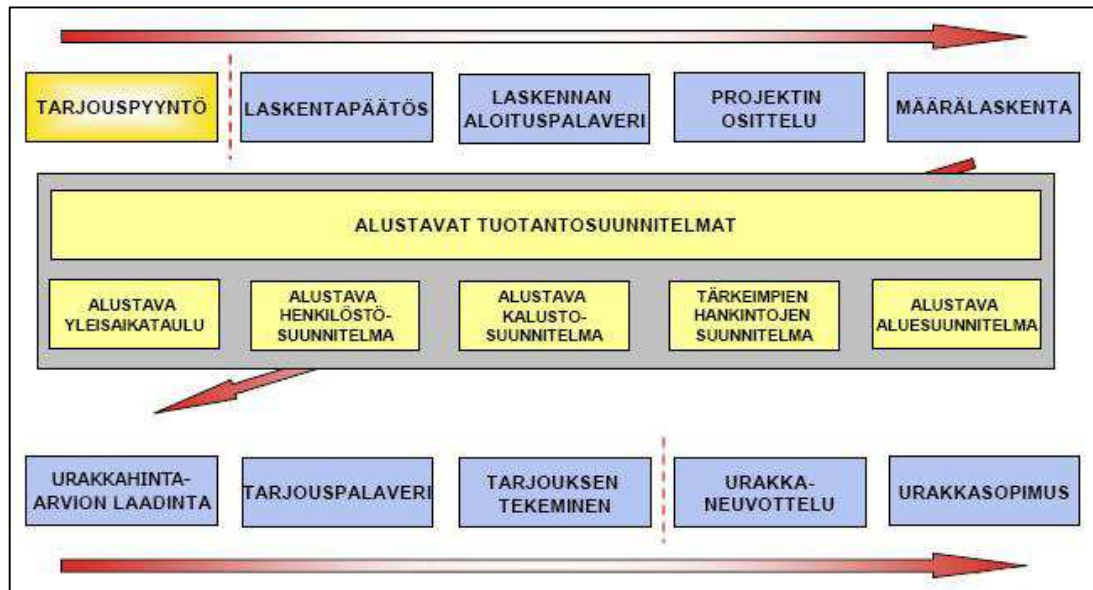
Toteutussuunnitteluvaiheessa massalaskennan rinnalla voidaan tehdä lisäksi *suoritelaskentaa*, jossa huomioidaan tarvittavien materiaalien lisäksi asennustyön osuus suoritteittain tai käytetään valmiita LV- ja IV-tuotepaketteja hinnoittelussa. Suoritehinnan muodostumiseen vaikuttaa työolosuhteiden vaativuustaso (esim. korkeat tilat, konehuoneet tai kuilut) ja urakoitsijan kulurakenne. (7, s. 12–13.)

Taulukko 2. Kustannusarvion lähtötiedot rakennushankkeen suunnitteluvaiheissa.

Vaihe	Hankesuunnittelu	Rakennussuunnittelu 1/2	Rakennussuunnittelu 2/2
Tiedon lähde	Tilaaajan laatima tilaohjelma	Luonnossuunnitelmat	Urakkalaskenta- ja työpiirustukset
Tiedon sisältö	Tarvittavien tilojen määrät ja tilatyyppit	Talotekniset järjestelmät osin mallinnettu, palvelualueet, LVI-selostus	Talotekniset järjestelmät mallinnettu, LVI-työselitys, urakkarajat
Menetelmä	Kustannusarvio neliöpohjainen.	Mahdollisuus tarkentaa alustavaa kustannusarviota rakennusosalaskennalla.	Mahdollisuus tarkentaa alustavaa kustannusarviota massatiedolla. Mahdollisuus sähköisiin massalistoihin.

### 3.2 Tyypillinen kustannuslaskentaprosessi

Urakkalaskentaan menevien suunnitelmien valmistuttua rakennushankkeessa siirrytään tarjousvaiheeseen. Pohjakuvat tulostetaan kopiolaitoksella ja lähetetään muiden asiakirjojen ja tarjouspyynnön kera urakoitsijoille. Ennen laskennan aloitusta urakointiyrityksen johto arvioi hankkeen kannattavuutta ja tekee lopulta laskentapäätöksen (kuvio 4).



Kuva 4. Tarjousvaiheen eteneminen urakoitsijan näkökulmasta (8).

Laskentapäätöksen jälkeen rakennus ositellaan lohkoihin tai osakohteisiin ja aloitetaan taloteknisten järjestelmien määrälaskenta. Taulukossa 3 on esitetty kustannus- ja tarjouslaskennan lähtötietoja.

Taulukko 3. Urakoitsijan tarjouslaskennan lähtötiedot tyypillisessä rakennushankkeessa

Vaihe	Tarjouslaskenta 1/2		Tarjouslaskenta 2/2
Tiedon lähde	Urakkalaskentavaiheen dokumentit		Urakkalaskentavaiheen dokumentit
Tiedon sisältö	Paperiset pohjakuvat ja muut tekniset dokumentit	Manuaalisesti kerätty massatieto muutetaan jälleen sähköiseen muotoon kustannuslaskentaohjelmistoa varten.	Mitattu tieto muunnettuna sähköiseen muotoon, esim. massalistaksi
Menetelmä	Materiaalien määrät mitataan manuaalisesti paperikuvista massalaskentaa varten.		Tarjous muodostetaan massojen ja suoritteiden, tuotepakettien, katevaatimuksen sekä urakoitsijan kiinteidenkulojen perusteella.

Merkittävää taulukoista 2 ja 3 on huomata, että jo sähköiseen muotoon mallinnettua massatietoa muutetaan prosessissa välillä paperidokumentiksi, jolloin mallinnetun järjestelmän määrät ja tietosisältö tyypistyvät viivoiksi tulosteeseen. Urakoitsijan tehdessä massalaskentaa kanavien, putkien sekä muiden osien määrät mitataan paperikuvista manuaalisesti ja muutetaan jälleen sähköiseksi tiedoksi, esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmaan. Riskinä on, että määrälaskelmat eivät ole tarkkoja inhimillisen virheen vuoksi.

Urakkahinta muodostuu rakennuksen toteutuskustannuksista, ja se lasketaan ilman arvonlisäveroa. Tarjoushinta muodostetaan lisäämällä urakkahintaan katevaatimus, joka sisältää halutut voitot. Muita tarjoushinnan suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. hankkeen haluttavuus, taloussuhdanteiden vaikutus rakentamisen hintaindekseihin ja yrityksen kiinteät hallinnolliset kulut. (7, s. 121–123.)

### 3.3 LVI-komponenttien tunnistus kustannuslaskennassa

#### LVI-numero

Lähes kaikki talotekniikan tuotteet on kerätty LVI-tuoterekisteriin, jossa ne on eroteltu LVI-numeroin. Tuoterekisterissä on tällä hetkellä noin 170 000 tuotetta, ja määrä kasvaa vuosittain. Tuotteet voidaan merkitä omalla merkinumerolla tai



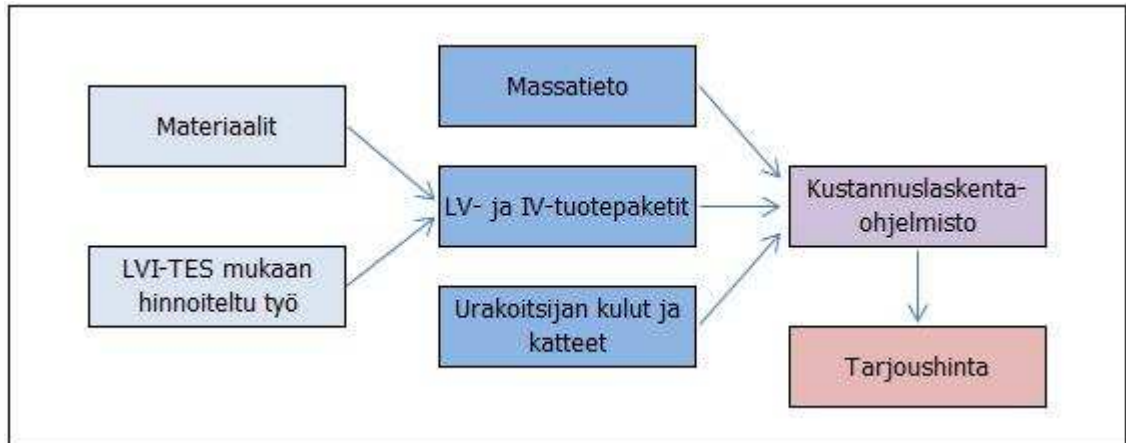
yhteisnumerolla. Kun tuotteelle annetaan merkinnumero, muiden valmistajien vastaavat tuotteet eivät saa käyttää samaa numeroa. Yhteisnumero voidaan antaa standardin mukaiselle tuotteelle, joka täyttää tuoteryhmän mitoitus- ja materiaalistandardit. Tämä helpottaa etenkin urakoitsijoita, joiden ei tarvitse tällaisia yleisiä tuotteita valitessaan käyttää kuin yhtä tuotenumeroa riippumatta toimittajasta. (9)

Talotekniikka-alalla ollaan ottamassa käyttöön myös EAN-numero (European Article Number), jonka tarkoitus on helpottaa tuotteiden pakkausmerkintää ja sähköistä tunnistusta viivakoodin avulla sekä helpottaa kansainvälistä kaupankäyntiä. EAN-numero ei tule kuitenkaan syrjäyttämään LVI-numeroa, vaan se liitetään LVI-numeron rinnalle. EAN-numeroille ei myöskään rakenneta omaa rekisteriä, kuten LVI-numeroituille tuotteille, vaan EAN-numerot liitetään nykyiseen rekisteriin muun tuotetiedon lisäksi. (10)

EAN-numero poikkeaa LVI-numerosta siten, että numerot ovat tietyiltä osin valmistajien vapaasti valittavissa. EAN-järjestelmässä ei siis lajitella eri valmistajilta tulevia samanlaisia osia samoille yleisille numeroille, ja tämän vuoksi tuotteiden listaus sekä luetteloiden laadinta tehdään jatkossakin LVI-numeron perusteella. (10) LVI-rekisterin mukaisia tuotetunnuksia käytetään LVI-tukkujen tietokannoissa ja sitä kautta monissa LVI-kustannuslaskentaohjelmistoissa. Rekisteriä ylläpitää LVI-numero Oy. (9)

#### Pakettirekisterit

LV- ja IV-alan pakettirekistereissä ylläpidetään tuotepaketteja, jotka sisältävät asennettavan kokonaisuuden (esim. kanavapuhaltimen asennus) tarvittavien materiaalien määrät sekä LVI-työehtosopimuksen mukaiset hinnoittelut työlle. Pakettirekisterin kokonaisuudet sisältävät lisäksi mm. kanavien ja putkien kannakkeet, joita tavallisesti ei esitetä suunnitelmissa. Kyseessä ei ole kustannuslaskentaohjelmisto, vaan rekisterit on tarkoitettu toimimaan laskentaohjelmiston rinnalla tietolähteenä (kuvio 5). (11)



Kuva 5. LV- ja IV-tuotepakettien muodostuminen ja käyttö urakkahinnan laskennassa.

Kun paketti laskentaohjelmassa valitaan, voidaan materiaaleille kohdistaa tukkuliikkeiden tuoterekisterin mukaiset hinnat sekä tukkujen antamat tuotealennukset ja näin saadaan jo karkea urakkahinta muodostettua.

Pakettirekisterin käyttö helpottaa kustannuslaskentaa, sillä aikaa säästyy ja virheitä sattuu kiinteitä kokonaisuuksia käytettäessä harvemmin. Mikäli tarvittavaa pakettia ei rekisteristä valmiiksi löydy, urakoitsijat voivat useimmissa kustannuslaskentaohjelmistoissa rakentaa omia kokonaisuuksiaan valmiiden pakettien lisäksi. (11) Pakettirekisteriä ylläpitää Tapals Oy, joka on LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU Ry:n omistama yhtiö (12).

### 3.4 Kustannuslaskenta nykyaikaisessa rakennushankkeessa

Samalla kun rakennusten suunnittelu ja ylläpito ovat siirtyneet voimakkaasti tietomallimaailmaan, kustannuslaskennan kehitys on pysähtynyt vanhoihin paperipohjaisiin menetelmiin. Osaltaan kehitystä on estänyt rakennushankkeiden urakkamuoto. Tyypillisesti rakennushanke on paloitetu pieniin vaiheisiin, jotka kilpailutetaan erikseen tarjouskilpailulla. Kun tarjouskilpailun voittaneet osapuolet ovat sitoutuneet vain kyseiseen vaiheeseen, tämä on estänyt kehitystä ja mahdollistanut hankkeen osapuolten oman edun tavoittelemisen lopputuloksen kustannuksella.

Kustannuslaskenta tulisi nostaa kehityksessä nykypäivän tasolle ja ryhtyä käyttämään tietomalleja laskennan perustana. Tämä nopeuttaisi laskentaa ja mahdollistaisi tehokkaammat kustannusanalyysit vertailtavista ratkaisuista.

Rakennusalan kustannuslaskennassa on lisäksi tarpeen siirtyä kustannusarvioiden tekemisestä kustannushallintaan. Kustannushallinta on käsitteenä paljon laajempi ja pitää sisällään arvion muodostamisen ja sen testaamisen sekä tarkentamisen rakennusprojektin eri vaiheissa. Testaamisesta seuraa aktiivinen suunnittelun ja tuotannon ohjaus, sillä valittavien ratkaisujen vaikutus kustannuksiin kirkastuu. Jotta todelliseen kustannushallintaan voidaan päästä, tarvitaan tehokkaampia työkaluja läpi koko rakennusprojektin. (7, s. 1.)

#### IPD-mallinen rakennushanke

IPD-mallisessa (eng. IPD, Integrated Project Delivery) rakennushankkeessa toiminta perustuu vahvaan yhteistyöhön, jonka perustana on tilaajan, urakoitsijan sekä suunnittelijoiden aktiivinen osallistuminen projektiin heti alusta lähtien, koko prosessin ajan. Hankkeessa riskit ja syntyneet voitot jaetaan kaikkien osapuolien kesken. Tällä tavoin kaikki tähtäävät hyvän lopputuloksen saavuttamiseen aikataulussa, sen sijaan, että ratkaisut perustuvat oman hyödyn tavoitteluun lopputuloksen kustannuksella. (14, s. 1.)

IPD-rakennushankkeessa työskentely on tyypillisesti voimakkaasti tietomallipohjaista verrattuna muihin, perinteisiin rakennushankemalleihin (14, s. 1). Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa nopeat ja tarkemmat analyysit, esimerkiksi kustannuslaskentaa varten. Lisäksi hankkeen ajoituksessa panostetaan tavallista enemmän suunnittelun läpiviemiseen, jolloin suunnitelmat ovat pitkälle valmiit eikä kustannuksia kasvattavia muutoksia enää rakennusvaiheessa tarvitse tehdä.

Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden yhteistyön avulla voidaan koko suunnitteluvaiheen ajan hyödyntää tehokkaammin urakoitsijoiden kustannuslaskentaosaamista yhdistettynä tietomallien mahdollistamiin kustannusanalyysihin. Lisäksi jo suunnittelun alkuvaiheessa voidaan urakoitsijan avulla valita ratkaisuja, jotka ovat edullisempia toteuttaa, mutta täyttävät halutut laatuvaatimukset. Yhteistyöllä voidaan siten saavuttaa todellista kustannushallintaa. Iso-Britannian valtionvarainministeriön mukaan ryhmittymä, joka käyttää ja kehittää IPD-mallia usean rakennushankkeen ajan voi saavuttaa jopa 30 % säästöt rakennuskustannuksissa. Yksittäisissä IPD-malliin

pohjautuvissa projekteissa rakentamisen kustannuksissa voidaan säästää 2–10 %. (14, s. 3, 4.)

### 3.5 Kustannuslaskenta Granlundilla

Kustannuslaskenta tapahtuu Lifest<sup>TM</sup>-ohjelmistolla, joka on Granlundin kehittämä ja ylläpitämä. Ohjelmistoon on luotu kirjasto, joka sisältää hinnoitteluperusteita vastaten Haahtela-kustannuslaskentamenetelmää. Kirjastoon voidaan lisäksi luoda uusia hinnoittelumalleja ja olemassa olevia voidaan muokata. Lifest on hyvä työkalu hankkeen alkuvaiheen kustannusarvion muodostamiseen, mutta koska ohjelmistoa ei voida kytkeä LVI-tukkujen tietokantoihin, on materiaalien hintaseuranta sillä vaikeaa. Ohjelmistoa ollaankin lähitulevaisuudessa uusimassa, jolloin tukkujen tietokantakytkentä tulee olemaan yksi tärkeimmistä uudelta ohjelmistolta vaadituista ominaisuuksista.

Granlundilla tehdään tällä hetkellä kustannusarvioita vain suunnittelemistamme kohteista, yleensä tilaajalle esitettäväksi. Laskenta tapahtuu usein suunnittelun alkuvaiheessa, kun vielä vertaillaan eri toteutustapoja. Tällöin tuoteosamalleja ei välttämättä vielä ole käytettävissä, ja laskenta perustuu tilastollisiin rakennusneliöpohjaisiin hintoihin, täydennettynä tuotepaketeista ja muista asennuskokonaisuuksista saatavilla tiedoilla.

Suunnittelun edetessä tietomallin tietosisältö tarkentuu ja malleista saadaan jo suuntaa-antavia tuoteluetteloita. Massalistat yhdistettynä kustannuslaskentaohjelmistoon, joka on yhteydessä LVI-tukkujen tuotetietokantaan, mahdollistaisi kustannusarvion jalostamisen urakkahinnaksi todellisilla, kohdekohtaisilla tiedoilla.

Rakennusten tietomallintaminen tuottaa projektiin lisäarvoa, esimerkiksi päätöksenteon tueksi tai kiinteistöpidon tarpeisiin, mutta sitä ei vielä osata hyödyntää tai välttämättä edes tarjota asiakkaalle. Mikäli suunnittelija tarjoaa tietomallin kautta hankkeeseen lisäarvoa, on siitä luonnollisesti syytä pyytää palkkio. (2, s. 54.) Tietomallipohjainen suunnittelu luo hyvät lähtökohdat kustannuslaskennan kehittämiseksi ja tavoitteena on saada massa- ja tarjouslaskennasta myytävä lisäpalvelu.

### 3.6 Neliöpohjainen ja tilaryhmämalliin perustuva kustannusarvio

Tavallisesti rakennushankkeen alkuvaiheen kustannuslaskenta on perustunut koko rakennuksen pinta-alatietoihin. Tällöin hinta on muodostettu käyttämällä vastaavanlaisille rakennuksille koituneiden kustannusten tilastollisia hintoja, mutta tällä menetelmällä kyseessä olevan rakennuksen erityispiirteitä ei oteta huomioon. Kun halutaan tarkempaa tietoa ja nopeampia kustannusvertailuja, on siirryttävä tietomallien hyödyntämiseen.

Koska usein rakennuksesta on tehty jo varhaisessa vaiheessa geometriamalli olosuhdetarkasteluita varten, tätä voidaan mallia hyödyntää kustannuslaskennassakin. Tilamallissa tiloille linkitetään tilatyypit ja siten saadaan nopeasti tietoa rakennuspinta-aloista tilatyypeittäin (esim. työhuoneita 200 m<sup>2</sup>, autohalli 500 m<sup>2</sup>). Eri tilatyypeille asetetaan neliöpohjaiset hinnat ja näin saadaan rakennuksesta paljon tarkempaa hintatietoa.

Mikäli tilatyypit sisältävät tiedon myös järjestelmältä vaaditusta tasosta, voidaan saada entistä tarkempaa kustannustietoa ilman, että järjestelmää on kuitenkaan vielä mallinnettu. Mikäli suunnitelmat muuttuvat, on tilamallia, ja siten kustannusarviota, nopea päivittää.

## 4 Massalaskennan tuotteistaminen

Massalaskennan tuotteistaminen ja myynti urakoitsijoille olisi suunnitteluyrityksen ja koko rakennushankkeen kannalta edullinen ratkaisu, sillä massalaskenta voidaan tietomallista tuottaa todella nopeasti, kun siihen perinteisin keinoin saattaa kohteen koosta riippuen mennä viikkoja. On myös syytä huomioida massalaskennan laskentakustannusten vaikutukset yli projektirajojen, sillä tarjouskilpailun hävinneiden yritysten täytyy kattaa hävityn projektin laskentakustannukset tulevien, voitettujen hankkeiden katteissa.

Urakoitsijoiden lisäksi myös rakennuttajat ovat potentiaalista asiakaskuntaa tietomallista saataville urakkahinta-arvioille. Rakennuttaja voi saada suoraan eritasoiseen tietoon perustuvaa kustannustietoa ilman, että laskentaa teetetään välikädessä, urakointiyrityksellä. Tämä tuo koko hankkeeseen läpinäkyvyyttä, ja sekä

suunnittelun että urakoinnin täytyy siten pystyä perustelevaan valitut suunnittelu- ja toteutusratkaisut hinnan ja saavutettavan laatutason perusteella.

#### 4.1 Tuotettavan tiedon tasot

Mikäli kohderyhmänä ovat urakoitsijat, myytävä tieto voi olla vain massatietoa muokattuna helposti käytettävään muotoon siten, että urakoitsija voi imuroida tiedon omaan kustannuslaskentaohjelmistoonsa. Näin he voivat helposti linkittää massat omiin tukkujen ostohintoihinsa ja asennuskustannuksiinsa. Massatiedon tuottaja voi olla esimerkiksi kohteen suunnittelija, sillä tämän tasoisen tiedon tuottaminen ei varsinaisesti vaadi kustannuslaskentaosaamista.

Mikäli halutaan tuottaa tarkempaa tietoa, esimerkiksi massojen lisäksi myös tuotepaketein jalostettua tietoa, vaatii pakettituotteiden oikein kohdistus jo jonkinlaista kustannuslaskentaosaamista. Mikäli suunnittelijan on tarkoitus tuottaa tämäntasoisia tietoa, hän saattaa tarvita tuekseen luettelon tuotepaketeista. Tapals Oy:n ylläpitämän pakettirekisterin tuotteita on mahdollista selata ilman kustannuslaskentaohjelmistoa, mutta kuten aiemmin kerrottu, *pakettihinnan* muodostamiseen vaaditaan laskentaohjelmisto taustalle. Pakettirekisterin yhdistäminen massatietoon luonnollisesti tuottaa tarkempaa lähtötietoa kustannuslaskentaa varten ja siten nopeuttaa urakoitsijan kustannushinnan laatimista entisestään.

Mikäli lisäpalvelua myydään rakennuttajalle, täytyy tuotettavan tiedon pohjalta muodostaa valmis urakkahinta-arvio. Tämän tason tiedon tuottaminen vaatii jo kustannuslaskijan ammattiosaamista, sillä tuotemenekkien lisäksi joudutaan ottamaan huomioon asennustyön hinnat ja olosuhteet, urakoitsijan katevaatimukset ja saadut alennukset tuotetoimittajilta sekä taloussuhdanteiden aiheuttamat hintaindeksit. Kun hinta-arvio on kerran tuotettu, on sen päivittäminen helppoa ja nopeaa.

#### 4.2 Massalaskennan tuotteistamisen vaikutus mallinnukseen

Tietomallin tärkein ominaisuus massalaskennan kannalta on johdonmukaisuus. Tämä tarkoittaa, että kaikkien rakennusosien mallinnus tulisi olla suoritettu sopimusten mukaisella tasolla ja dokumentoituna tietomalliselostukseen. Mikäli jokin rakennuksen

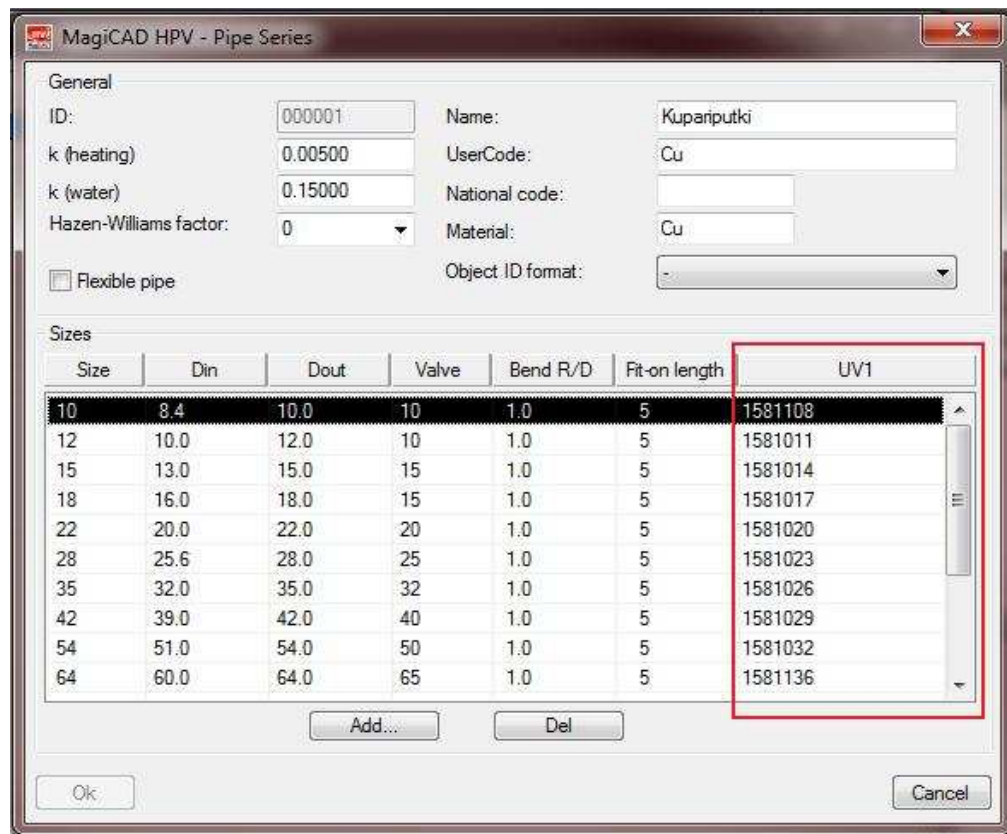
osa on mallinnettu tarkemmin tai muuten vaatimuksista poiketen, tulee tästäkin mainita tietomalliselostuksessa, jolloin kustannuslaskija pystyy huomioimaan muutokset laskelmissaan. (6, s. 6.)

Johdonmukaisuutta vaaditaan myös mallissa käytettävien tuotteiden valinnassa, sillä tuotteet, jotka visuaalisesti ovat samanlaisia, saattavat sisältää erilaista tuoteinformaatiota. Automaattisessa massalistassa nämä samaksi tuotteeksi ajatellut osat lajitellaan omille riveilleen, ja vaikka informaatiota ei katoa, massatiedon käytettävyys laskee. Mikäli samaa suunnitelmaa työstää useampi suunnittelija on syytä sopia, mitkä tuotteet ovat käytössä, esim. kohteen kaikki pesualtaat valitaan valmistajalta X, tuotesarjasta Y.

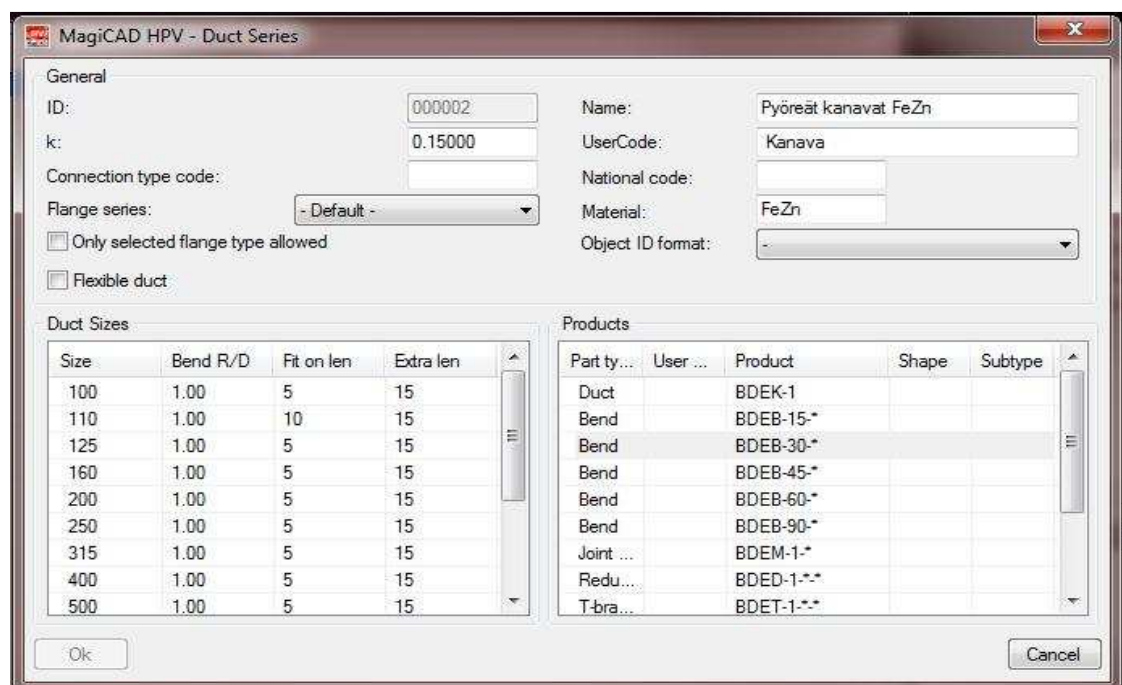
#### MagiCadin projektitiedosto

Johdonmukaisuutta helpottamaan tulisi projektin mallinnusta aloitettaessa kiinnittää tarkkuutta suunnittelutiedostojen projektitiedoston luomiseen. Projektitiedosto tallennetaan yleensä suunnitelmien kanssa samaan kansiorakenteeseen, ja se sisältää tiedot projektin asetuksista (.EPJ -päätteinen tiedosto) ja mallinnuksen viivatyypeistä (.LIN -päätteinen tiedosto). Tämän lisäksi projektitiedostossa on tiedot projektille ladatuista tuotteista ja osista (QPD -päätteinen tiedosto). Mikäli tuotteita valitaan projektille liikaa tai ne ovat muuten vääränlaisia, tämä voi aiheuttaa ongelmia massalaskennan kannalta. Tuotteita tulee siis valita maltillisesti ja harkiten, ja tuoteluetteloa tulisi ylläpitää koko mallinnuksen ajan.

Massalaskentaa helpottaisi, jos käytettäville projektitiedoston LVI-tuotteille voitaisiin osoittaa jo suunnittelua aloitettaessa LVI-numero. Toistaiseksi tämä on MagiCADissa mahdollista vain muutamilla putkisarjoilla, mutta ei esimerkiksi ilmanavihtokanavilla (kuvat 6 ja 7).



Kuva 6. Kuvankaappaus LVI-projektitiedostosta avatun kupariputken tietokentästä, jossa punaisella merkittynä LVI-numerokenttä.

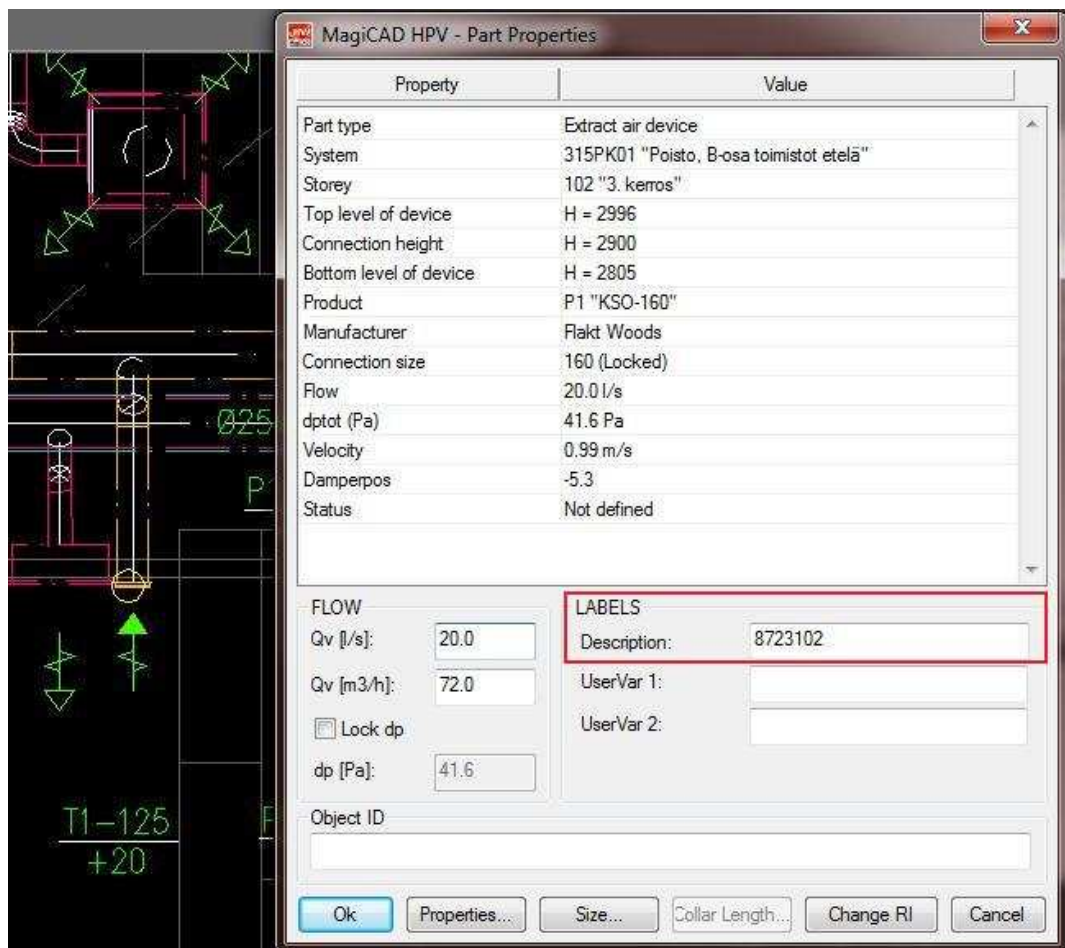


Kuva 7. Kuvankaappaus LVI-projektitiedostosta avatun kanavan tietokentästä. Kuvasta nähdään, että LVI-numerolle sopivaa kenttää ei ole.



Siltä osin kuin mahdollista, putkien LVI-numerot on päivitetty Granlundin yleiseen projektitiedoston mallitiedostoon, joten ne ovat suunnittelijoilla automaattisesti käytettävissä.

Ilmanvaihdon pääte-elimille voidaan osoittaa 'Part Properties' -tietokentässä olevassa 'Description' -kentässä tuotenumero (kuva 8), ja tätä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi pääte-elimä luetteloitaessa. Toistaiseksi suurin osa LVI-numeroista joudutaan kuitenkin osoittamaan tuotteille kustannuslaskentaohjelmassa, jonne massalistat on syötetty.



Kuva 8. Ilmanvaihdon päätelaitteen tietoihin on mahdollista syöttää LVI-numero 'Description'-kenttään.

## Pumput, laitteet ja ilmanvaihtokoneet

LVI-järjestelmien kannalta tärkeimmät koneet ja laitteet numeroidaan yleensä yksilöllisillä numeroillaan ja eritellään teknisine tietoineen *laiteluetteloon*. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi ilmanvaihtokoneet, vedenjäähdytyskoneikot ja pumput.

Tärkeystään huolimatta näitä laitteita ei useinkaan ole mahdollista mallintaa toiminnallista tietoa sisältävinä laiteobjekteina, vaan mallinnus tehdään lähinnä tilavarauksen näkökulmasta, laatikoita tai muita geometrisiä objekteja käyttäen. Tällöin objektien esittämien laitteiden tiedot eivät automaattisesti sisälly tuotettavaan massalistaan, vaan ne täytyy poimia kustannuslaskentaa varten laiteluettelosta erikseen.

Massalaskennan nopeuttamisen kannalta ei ole tarpeen ryhtyä mallintamaan koneita laiteobjekteina, sillä niiden poimiminen laiteluettelosta on varsin nopeaa verrattuna tavallisten LVI-komponenttien laskentaan pohjakuvista. Kanava- ja putkiosien hinnat kilpailutetaan LVI-tukkujen tai tuotevalmistajien hinnoilla, mutta koneista tehdään aina erillinen tarjouspyyntö tuotevalmistajille, joten myöskään kustannuslaskennan onnistumisen kannalta ei ole tarpeen sisällyttää laiteluettelon koneita automaattisiin massalistoisiin.

### 4.3 Massalistojen käytettävyys

Tietomallista tuotettuja massalistoja usein tarpeen käsitellä ennen luovutusta, jotta materiaali olisi mahdollisimman helposti käytettävää. Listoille voi päästä ylimääräisiä komponentteja tai massalistoja voidaan muokata tiedon käyttäjän tarpeiden ja toiveiden mukaisesti havainnollisemmaksi.

Mallinnusteknisistä syistä joudutaan joskus käyttämään esimerkiksi yhdysliittimiä, jotka sitten päätyvät massalistoisiin. Koska yhdysliittimiä ei tavallisesti mallinneta, vaikka niitä toki pidemmällä putki- ja kanavavedoilla todellisuudessa käytetäänkin, on listalta parempi poistaa yksittäiset liittimet selkeyden vuoksi. Muita mallinnuksessa apuna käytettäviä erikoisosia ovat mm. kooltaan vapaasti valittava ilmanjakolaatikko (distribution box) sekä käyrät ja mutkat, jotka eivät ole taitekulmaltaan vakio-osia

(esim. kanavakäyrä, joka on kulmaltaan 36°, kun tavalliset käyrät ovat 30°, 45° ja 60°). Mikäli tällaisten osien käyttöä järjestelmämallissa ei voida välttää, tulisi arvioida tapauskohtaisesti onko osia tarpeen sisällyttää massalistaan.

Kuten aiemmin todettiin, kustannuslaskennan näkökulmasta olisi hyvä, jos massalistat voitaisiin tuottaa valmiiksi LVI-numeroituna. Koska tämä ei yleensä suoraan suunnitteluohjelmasta ole mahdollista, voidaan tuotteille osoittaa LVI-numero kustannuslaskentaohjelman avulla. Markkinoilla on laskentaohjelmistoja, esimerkiksi Mercus Software Oy:n Broker LVI, jotka voidaan ”opettaa” tunnistamaan tuotteita niiden nimen tai jonkin muun halutun tunnisteiden avulla, ja siten linkitetään LVI-numero kyseessä olevaan tuotteeseen. Tällä tavalla voidaan tuottaa lista, joka on jäseneltävissä myös LVI-numeron perusteella.

Urakkahinnan laskenta massalistoja käyttämällä helpottuu entisestään, jos massalistoisiin voidaan sisällyttää tieto kappaleiden asennustilasta. Esimerkiksi korkeisiin tiloihin, konehuoneisiin ja kuiluihin asennettavat komponentit ovat LVI-alan työehtosopimuksen mukaan asennushinnaltaan kalliimpia, kuin tavanomaisiin tiloihin asennettavat komponentit. Urakkahintaa laskettaessa asennustilojen kustannusvaikutus on suora, ja mikäli tilatieto puuttuu massalistasta, joutuu kustannuslaskija laskemaan näiden erikoistilojen massat erikseen. Massojen tilatieto on tärkeää myös tuotannon hankintojen vaiheistusta suunniteltaessa.

## **5 Massalistojen tuottaminen**

### **5.1 Massalistojen tuottaminen omista suunnitelmista**

Koska Granlundin omat LVI-suunnitelmat tuotetaan MagiCAD-ohjelmistolla, on mahdollista käyttää sen valmiita työkaluja automaattisen massalistan tuottamiseen. Mikäli täytyy tuottaa tarkempaa tietoa tai luetteloita, joita on muokattu tilaajan haluamalla tavalla, voidaan MagiCADissa luoda myös omilla kriteereillä määritellyjä listoja.

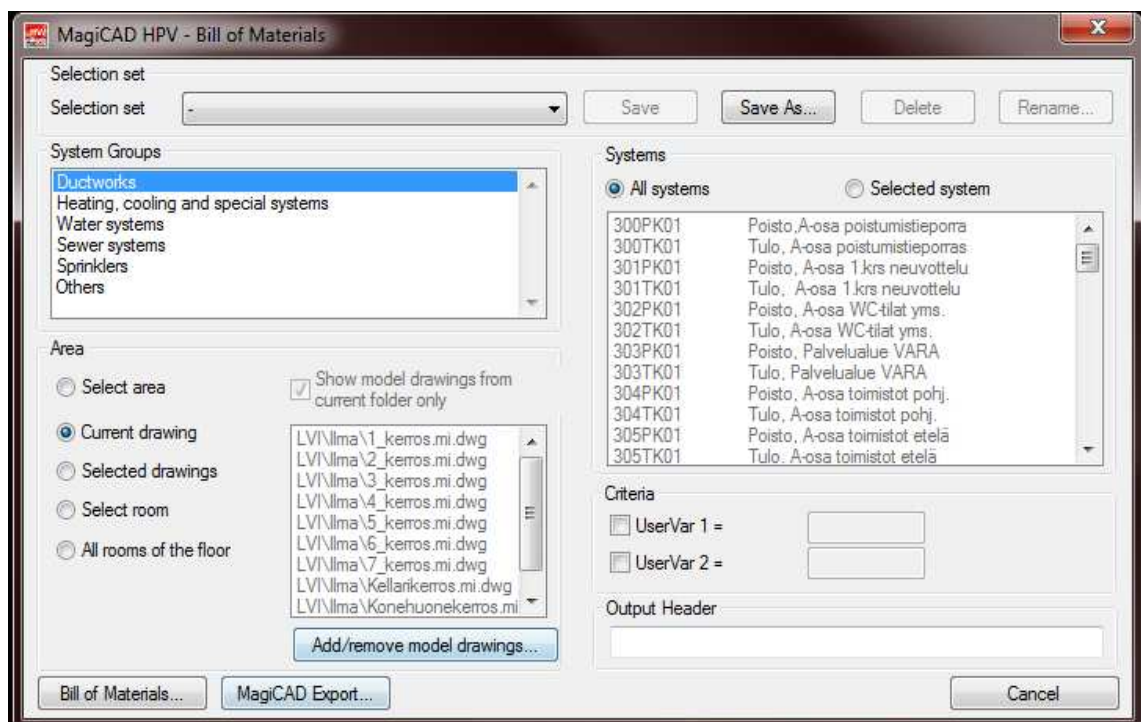
Solibri Model Checker -ohjelmistoa käytetään tietomallien laaduntarkastukseen ja samassa yhteydessä mallista voidaan tuottaa myös massalistoja. Kuten MagiCADissa,

voidaan Solibrissakin tehdä erilaisia listoja riippuen tarvittavasta tiedosta. Molemmissa ohjelmistoissa tehdyt räätälöidyt luetteloinnit voidaan tallentaa luettelomalleiksi, jolloin ne ovat jatkossakin käytettävissä myös muilla suunnittelijoilla. Valmiit luettelomallit yhdistettynä MS Excel -taulukko työkalun valmiiden luettelopohjien kanssa mahdollistavat helppokäyttöisten ja hyvin jäsenneiltyjen massalistojen tuottamisen nopeasti.

Seuraavissa luvuissa käydään läpi massalistojen tuottamista. Kaikki listat tuotettiin käyttäen samaa suunnittelukohdetta, SRV:n Derby Business Parkia. Kohde oli toimistotalon peruserkerros, pääasiassa toimistotiloja. Tuotetuista massalistoista on esitetty liitteissä vain otteet, sillä työn kannalta ei ole tarpeellista esittää koko listaa, vaan tarkastella listan tuotettavaa informaation sisältöä.

### 5.1.1 Automaattiset massalistat MagiCad-ohjelmasta

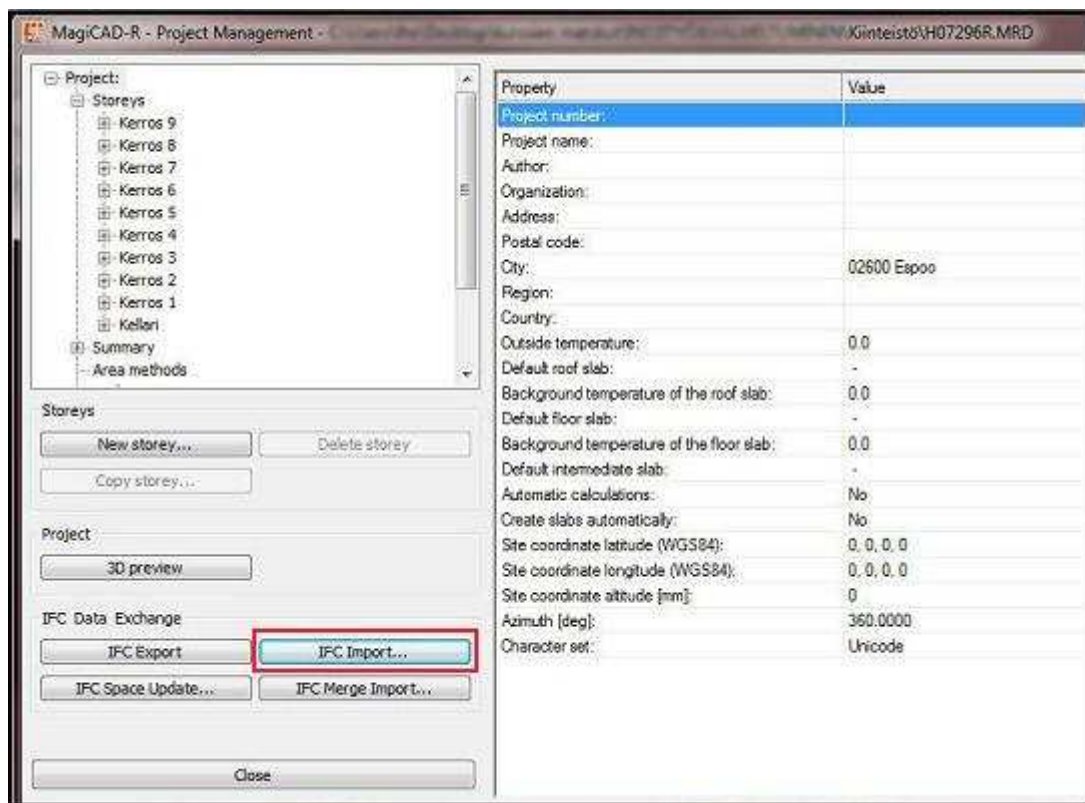
MagiCADilla voidaan tuottaa automaattinen massalista helposti halutusta alueesta, valituista kerroksista tai koko rakennuksesta käyttämällä 'Bill of Materials' -toimintoa, joka aukeaa MagiCAD HPV:n 'Calculations'-työkaluvalikosta. Automaattisen massalistan tietokenttä on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. MagiCAD HPV:n 'Bill of Materials' -tietokenttä.

Liitteessä 1 on ote Granlundilla suunnitellun todellisen kohteen ilmanvaihtokuvasta tuotetusta massalistasta. Liitteen 1 massalistan ongelmia ovat asennustilatietojen puuttuminen ja se, että osien määriä ei ole ilmoitettu järjestelmittäin.

Kun kyseessä olevan kohteen geometriamalli tuodaan kuvan 10 mukaisesti suunnitteluohjelmiston MagiCad Room -välilehdeltä sijaitsevasta projektitiedostosta 'IFC import' -toiminnolla ilmanvaihdon järjestelmämallin päälle, automaattisen massalistatyökalun 'Select room'- ja 'All rooms of the floor' -valinnat aktivoituvat. Tällä tavalla automaattinen massalista voidaan tuottaa myös tilakohtaisilla tiedoilla. Liitteen 2 tilatiedot sisältävä massalista on tuotettu käyttäen valintaa 'All rooms of the floor'.

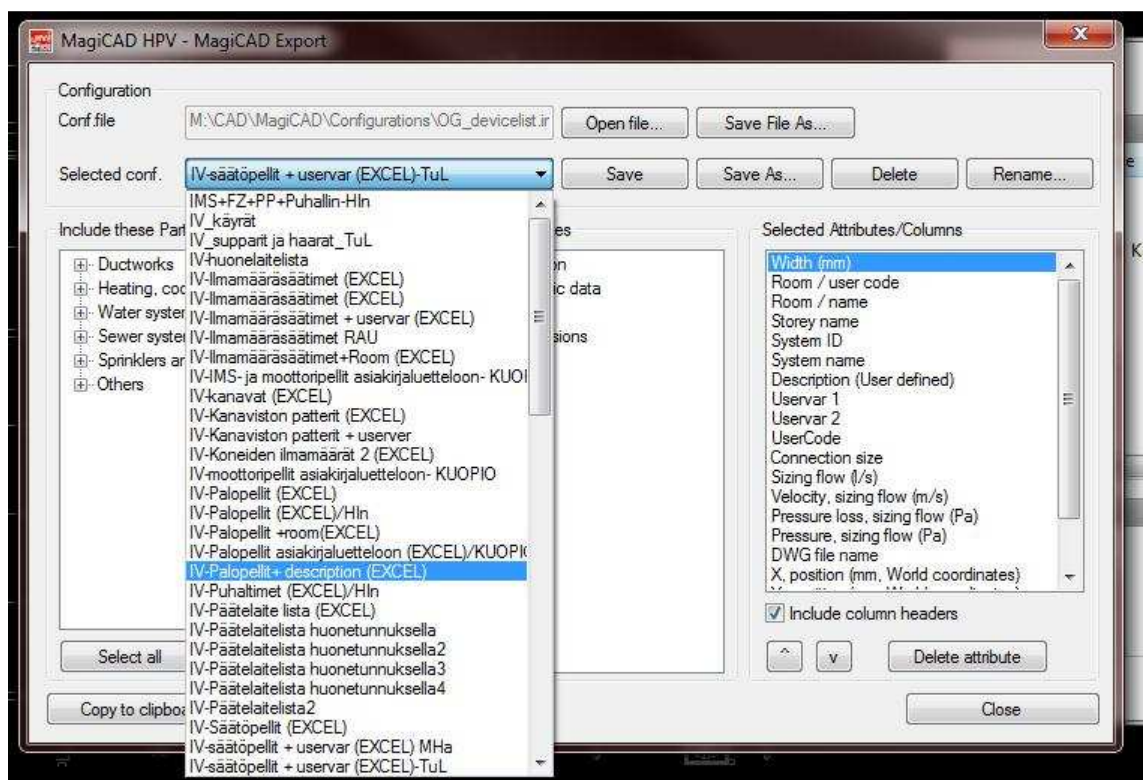


Kuva 10. MagiCAD Room projektitiedostokenttä. Geometriamalli tuodaan järjestelmämallin ohelle käyttäen IFC Import -painiketta.

Järjestelmittäin materiaalit saadaan listattua, kun valitaan 'Bill of Materials' -kentässä vain halutut osajärjestelmät (kuvassa 9 'Selected systems' -valinta). Tällöin järjestelmätunnus ei tule massalistaan omaksi sarakkeekseen, vaan kyseessä oleva järjestelmä täytyy syöttää manuaalisesti esimerkiksi 'Range'-kenttään.

### 5.1.2 Massalistat MagiCad Export -toimintoa käyttäen

MagiCad Export -toiminto käynnistetään 'Bill of materials' -kentästä (kuva 9) ja sen avulla suunnittelutiedostosta voidaan tuottaa mitä erilaisempia luetteloita. MagiCAD Export -kentässä valittavana on Granlundilla valmiiksi tehtyjä luettelomalleja (kuva 11) ja mikäli mallipohjista ei löydy tarvittavaa, voidaan luoda kokonaan uusi luettelomalli.



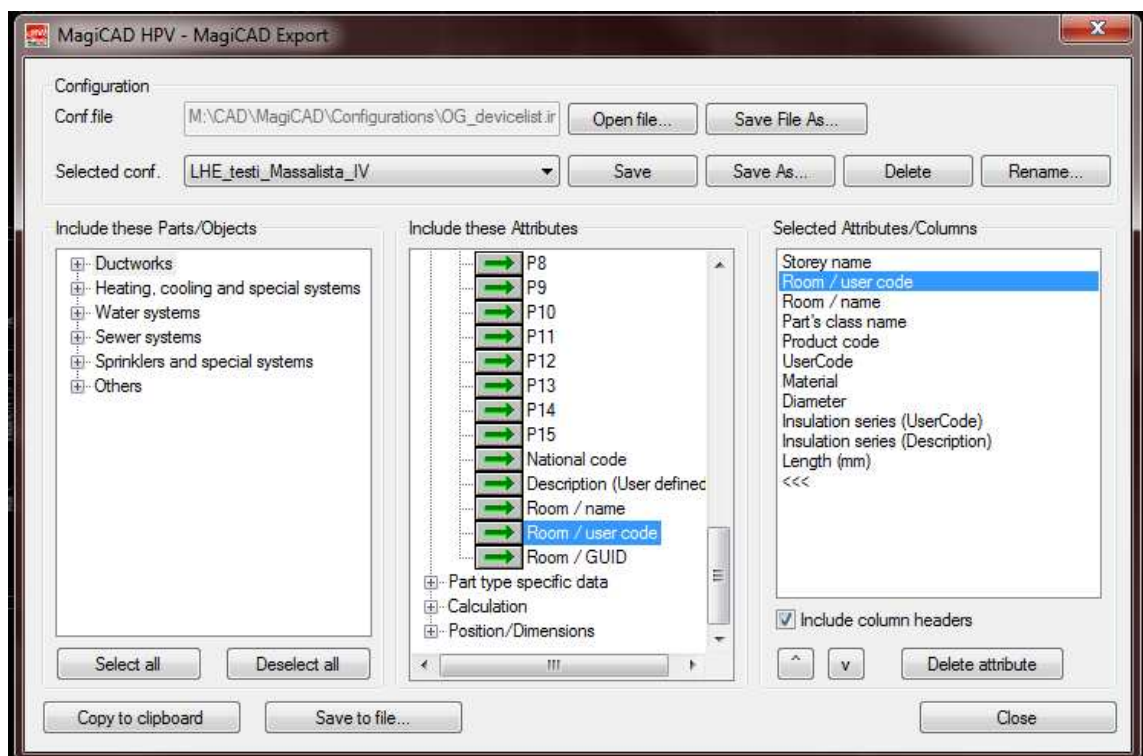
Kuva 11. Valmiita luettelomalleja MagiCAD Export -toiminnossa.

MagiCad Export -kenttä on esitetty kuvassa 12, josta nähdään lisäksi esimerkkejä määritekentistä (eng. Attributes), joita voidaan valita tuotettavia luetteloita varten. Tämän työn testiajoja varten luotiin muutamia erilaisia luettelomalleja: Ensimmäisessä tapauksessa mukaan haluttiin saada tuotteiden riittävän informaation lisäksi tiedot kerroksesta sekä ilmanvaihdon osajärjestelmästä (liite 3). Toisessa luettelomallissa tarkoitus oli testata tilatiedon liittämistä tuotettavaan massalistaan (liite 4). Huomioitavaa on, että tilatieto saadaan vain, jos tilojen geometriamalli on tuotu järjestelmämalliin kuvan 10 osoittamalla tavalla.

MagiCAD Export -toimintoa käynnistettäessä tulee luetteloitavaksi haluttu alue valita jo 'Bill of Materials' -kentässä. Listat saadaan muodostettua kun valitaan 'Copy to clipboard'- tai 'Save to file' -näppäintä.

Koska Export-toimintoa ei varsinaisesti ole tarkoitettu massalistojen luomiseen, ei ohjelmisto osaa automaattisesti laskea massoja yhteen, vaan jokainen järjestelmän osa on omana tuoterivinään. Jotta tällä toiminnolla tuotetuista listoista saataisiin helppokäyttöisiä, joudutaan listoja muokkaamaan jonkin verran.

Helpointa taulukon jäsentely on MS Excel -ohjelman 'Lajittele ja suodata' -toiminnolla. Esimerkiksi liitteen 3 taulukko on lajiteltu siten, että ensisijaisesti osat ovat osajärjestelmiensä mukaisissa joukoissaan. Tämän jälkeen lajittelu on tehty osan tyyppiin (Part's class name) ja liitoskoon (Diameter) mukaan. Lisäksi osien määrät olisi listojen käytettävyyden parantamiseksi hyvä laskea yhteen osatyypeittäin summaustoiminnolla. Taulukko voidaan tallentaa, jolloin se on jatkossakin käytössä vastaavaa laskentaa tehdessä.



Kuva 12. Massalistojen tuottamista varten tallennettu luettelomalli sekä siihen valittavissa olevia ja valittuja määritteitä, 'Attributes'.

MagiCAD Export -toiminnolla tuotettaviin listoihin voidaan liittää todella paljon erilaista tietoa liitteissä 3 ja 4 esitettyjen kenttien lisäksi. Tätä toimintoa käytetään silloin, kun automaattisen massaluettelon tietosisältö ei riitä. Kun MagiCAD Export -listat yhdistetään valmiisiin excel -taulukkopohjiin, on listojen tuottaminen Export-toiminnolla varsin helppoa ja nopeaa.

### 5.1.3 Massalistojen tuottaminen Solibri Model Checker ITO:n avulla

Suunniteltavasta järjestelmämallista luodaan suunnitteluohjelmassa ifc-tiedosto käyttäen IFC Export -toimintoa, joka sitten avataan Solibri Model Checkerissä. Jos tuotettavaan massatietoon halutaan mukaan myös tilatiedot, on avattava lisäksi rakennuksen geometriamallin ifc-tiedosto. Solibri kysyy jokaisen avatun mallin kohdalla, mihin suunnittelualaan malli kuuluu, sillä suunnittelualue vaikuttaa ratkaisevasti tehtävien analyysien onnistumiseen.

Liitteen 5 kuvassa on näkymä rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmästä ja sen rinnalle lisätystä geometriamallista. Näkymään on valittu informaation talteenottovälilehti ja aktiiviseksi vain rakennuksen 3. kerros.

ITO-välilehdellä päästään käsiksi mallin tarkastamiseen ja analysointiin valitsemalla tarkastussääntöjä valmiina ohjelmiston mukana tulevista säännöistä tai niitä voidaan itse luoda, muokata sekä tallentaa myöhempää käyttöä varten. Liitteen 5 kuvassa käytössä on ohjelmiston mukana tullut valmis säännöstö 'Putket ja kanavat', joka avaa ITO- kenttään sarakkeita kerros, komponenttityyppi, järjestelmä, tyyppi sekä eri putkityyppien yhteispituudet ja kappalemäärät. Laskentaan voidaan valita tarpeen mukaan koko malli tai vain valitut kerrokset tai tilat.

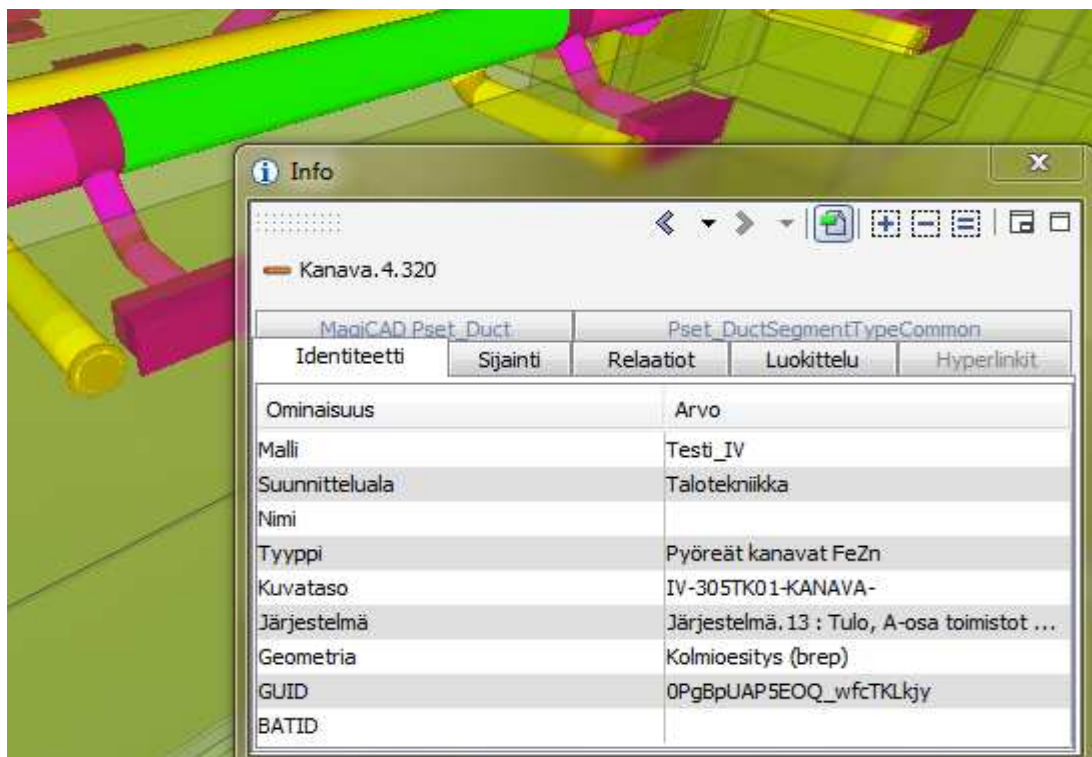
#### ITO-säännösten luominen

Koska liitteessä 5 käytetty 'Putket ja kanavat' -säännöstö luetteloi ainoastaan kanavaosat, mutta ei esimerkiksi pääte-eliimiä tai kanavaeristeitä, oli tarpeen luoda omia säännöstöjä. Solibri luettelee komponentteja eri tavalla, kuin MagiCADissa on totuttu, joten esimerkiksi säätöpellit eivät Solibrissa lukeudu kanavien kanssa samaan 'Komponenttityyppi'-kenttään, vaan ne vaativat oman sarakkeen ITO-kenttään. Mikäli kaikki järjestelmän komponentit listattaisiin samaan massalistaan, olisi sarakkeita



paljon ja käytettävyys kärsisi. On siis parempi tuottaa useampi erillinen listaus ja yhdistää ne sitten esimerkiksi taulukkolaskennassa samaan dokumenttiin.

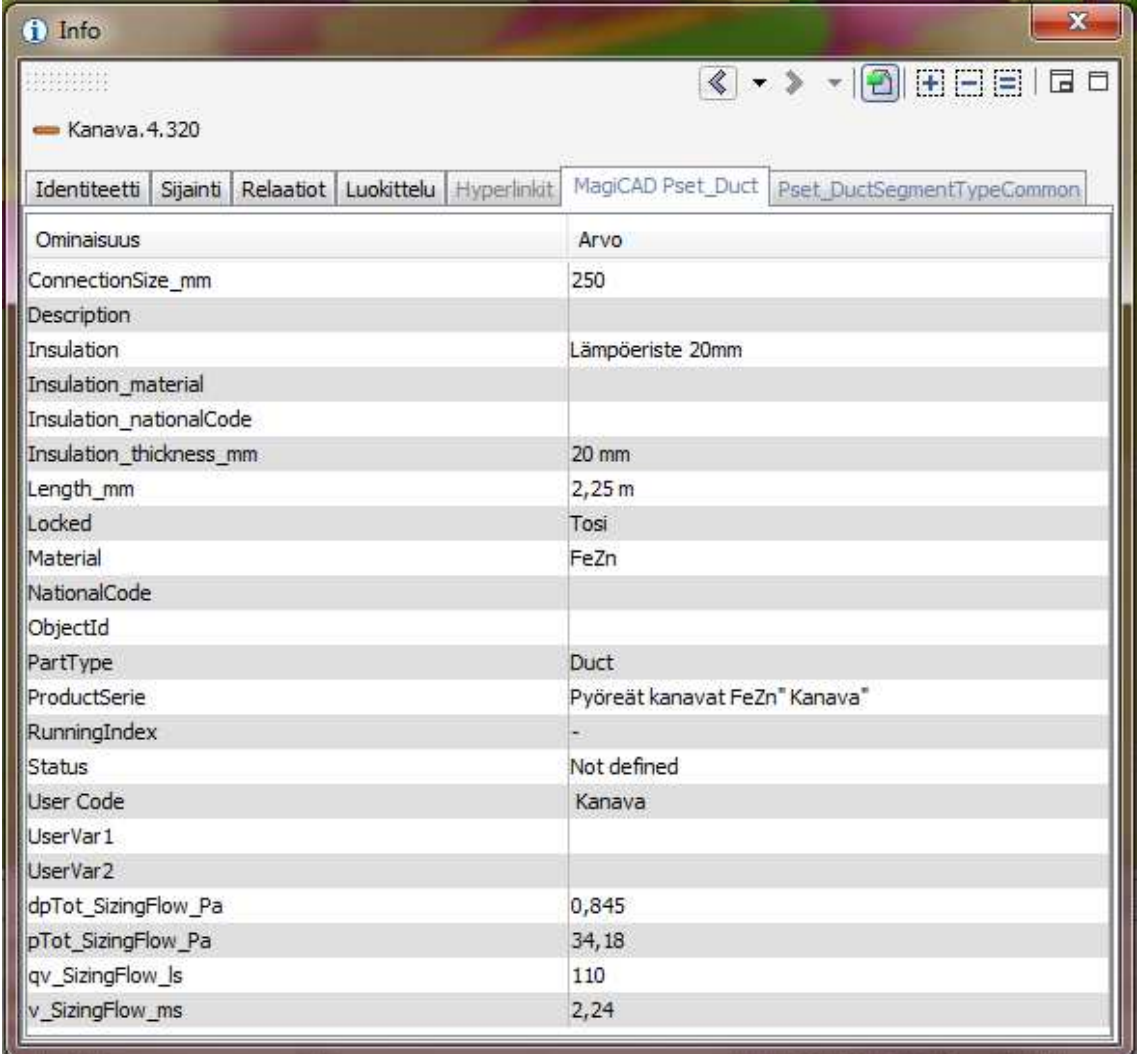
Säännöstöjä varten valittavia attribuutteja on laaja luettelo, mutta ohjelmisto ei voi tuottaa tuloksia attribuutille, jota ei ole määritelty mallin komponenteissa. Esimerkiksi järjestelmää analysoitaessa ei saada tuloksia attribuutille 'tyyppi', jos järjestelmän osille ei ole määritelty tyyppiä. Jotta säännöstöön osattaisiin valita oikeanlaisia attribuutteja, voidaan tutkia komponenttien ominaisuuskentän sisältöä. Kuvan 13 tilanteessa Solibrissa on valittuna ilmanvaihtokanava, ja sen tiedot näkyvät 'info'-kentässä.



Kuva 13. Kanavan tietokenttä Solibri Model Checkerissä. Valittu kanava osoitettu vihreällä.

Kuvassa 13 alarivillä olevat välilehdet sisältävät ifc-malleille yhteisiä tietoja, riippumatta siitä millä ohjelmistolla suunnittelu- tai ifc-tiedosto on tehty. Jos on mahdollista, että muodostettavalla säännöstöllä on tarpeen testata esimerkiksi sekä MagiCADilla, että CADS Plannerilla tehtyjä järjestelmämalleja, on suositeltavaa valita säännöstöön näitä ohjelmistosta riippumattomia attribuutteja.

Suunnitteluohjelmistokohtaiset tiedot tallentuvat mallin objekteille 'MagiCAD Pset' (Property set) -kenttään, silloin kun suunnittelu on tehty MagiCADilla. Kuvassa 14 on esitetty ominaisuuksia MagiCAD Pset\_Duct -kentästä, josta tämän työn määrälaskentaa varten tehdyssä säännöstyössä on hyödynnetty mm. attribuutteja *materiaali*, *liitoskoko*, *pituus* sekä *eristetiedot*.



The screenshot shows the 'Info' window in Solibri Model Checker. The window title is 'Info' and it displays details for 'Kanava. 4.320'. The window has a toolbar with navigation and search icons. Below the toolbar, there are tabs for 'Identiteetti', 'Sijainti', 'Relaatiot', 'Luokittelu', 'Hyperlinkit', 'MagiCAD Pset\_Duct', and 'Pset\_DuctSegmentTypeCommon'. The main area is a table with two columns: 'Ominaisuus' (Property) and 'Arvo' (Value).

Ominaisuus	Arvo
ConnectionSize_mm	250
Description	
Insulation	Lämpöeriste 20mm
Insulation_material	
Insulation_nationalCode	
Insulation_thickness_mm	20 mm
Length_mm	2,25 m
Locked	Tosi
Material	FeZn
NationalCode	
ObjectId	
PartType	Duct
ProductSerie	Pyöreät kanavat FeZn® Kanava®
RunningIndex	-
Status	Not defined
User Code	Kanava
UserVar 1	
UserVar 2	
dpTot_SizingFlow_Pa	0,845
pTot_SizingFlow_Pa	34,18
qv_SizingFlow_Is	110
v_SizingFlow_ms	2,24

Kuva 14. Kanavan tietokenttä Solibri Model Checkerissä.

#### Massalistojen Solibri Model Checker -testiajot

Ensimmäisen Solibrilla tehtävän massalistan säännösten attribuuteiksi valittiin kerros, komponenttityyppi, koko, lukumäärä, tyyppi, pituus sekä eristeen tiedot. Liitteen 6 kuvassa nähdään näkymä Solibri Model Checkerin työpöydästä ja säännöstyöllä saatuja tuloksia. ITO-kentässä voidaan valita toiminto 'Raportoi', jolloin lista voidaan tulostaa

taulukkolaskentaohjelmaan. Ensimmäisen testauksen tulokset löytyvät liitteessä 7. Tuloksena saatiin massalista pääkomponenteista, mutta esimerkiksi käyrien ja muiden kanavasovitusien tiedot puuttuvat.

Toisen testiajon tarkoituksena oli selvittää, millä tavoin tilatieto voidaan liittää Solibrilla tuotettuun massalistaan. Liitteessä 8 on esitetty Solibrin näkymä ja liitteessä 9 ote massalistasta, joissa käytössä on ollut säännöstö, joka huomioi pääkomponentit ja asennustilat.

Liitteessä 10 on esitetty ote massalistasta, joka sisältää muita kuin pääkomponentteja (esim. tulpat, säätö- ja palopellit, äänenvaimentimet, jne.). Jos siis tarvitaan Solibrilla massalistoja tilatietoineen, lienee paras tuottaa lista pääkomponenteista tilatietoineen (kuten liite 9) ja sitten lista muista osista (kuten liite 10). Nämä voidaan myöhemmin yhdistää taulukkolaskentaohjelmassa, jolloin lopputuloksena syntyy yksittäinen, kaikki komponentit sisältävä massalista.

Kaikki tätä työtä tehdessä tuotetut Solibrin massalistapohjat on tallennettu yleiseen tietokantaan, joten ne ovat Granlundin sisäisesti kaikkien käytettävissä ja muokattavissa.

## 5.2 Massalistojen tuottaminen muiden suunnittelutoimistojen suunnitelmista

Kun massalaskentaa ryhdytään myymään urakoitsijoille omasta suunnittelustamme erillisenä palveluna, voi eteen tulla tilanne, että suunnittelua ei olekaan tehty MagiCADilla, vaan jollakin muulla suunnitteluohjelmistolla. Massalistoja ei tällöin voida tuottaa MagiCADin massalistatyökaluilla, vaan on käytettävä muita keinoja, kuten ifc-mallin hyödyntämistä.

Esimerkiksi CADS Plannerilla tehdyn ifc-mallin käsittely Solibrissa tapahtuu pääperiaatteiltaan samalla tavalla, kuin luvussa 5.1.3 esitetty menetelmä MagiCADin ifc-mallille. Sääntöjä luodessa tulee muistaa, että MagiCAD Pset -attribuutteja sisältävät valmiit säännöt eivät välttämättä tuota oikeita tuloksia esimerkiksi CADSin ifc-mallista, vaan komponenteille on valittava natiivitiedostojen ohjelmistoa vastaavat attribuutit.

Mikäli massalaskennan myynti kehittyy, ollaan ennen pitkään tilanteessa, että laskentaa tehdään jatkuvasti MagiCAD-kuvien ohella myös muiden suunnitteluohjelmistojen ifc-malleilla. Voi myös käydä niin, että ulkopuolisen suunnittelutoimiston suunnitelmat ovat MagiCAD-pohjaisia, mutta laskentaan luovutetaan ainoastaan ifc-malli. Tällaisessa tilanteessa laskentaprosessin kannalta voisi olla edullisempaa luopua MagiCADin massalistatyökaluista ja siirtyä täysin Solibrin (tai vastaavan ohjelmiston) käyttöön. Tällöin kaikkien suunnitelmien käsittely olisi samanlaista, riippumatta käytetystä suunnitteluohjelmistosta. Tämä toisi laskentaprosessiin varmuutta entisestään ja edesauttaisi prosessin kehittelyä edelleen.

Olipa suunnitteluohjelmisto mikä hyvänsä, massalaskennan on lähdettävä siitä oletuksesta, että laskentaan luovutetut suunnitelmat on tehty hyvien mallintamistapojen mukaisesti ja mallintamiseen liittyvät puutteet on kirjattu tietomalliselostukseen. Myöskään mallin tietosisällön oikeellisuudesta massalaskennan suorittajaa ei voida pitää vastuussa.

### 5.3 Tietomallista tuotetun massalistan ongelmat

Tätä työtä varten tehdyissä testauksissa ei käynyt ilmi suuria eroavaisuuksia tuotettuja massalistoja vertailtaessa. MagiCADin automaattinen massalistaus pyörästi kanavien pituuksia alaspäin, esimerkiksi eräässä tilassa kanavalle Ø200 mm saatiin tulokset: Solibri 0,145 m, MagiCAD Export 0,145 m, MagiCAD Bill of materials 0,1 m. Tällaisten pyöristysten vaikutukset kuitenkin katoavat työmaahävikkeihin, joten eron suuruus ei ole merkityksellinen. Vertailujen myötä vaikuttaisi siltä, että tietoa ei katoa muutettaessa natiivitiedostoja ifc-tiedostoiksi.

MagiCADin automaattisen massalistan suurin ongelma on se, että massatietoa ei saada järjestelmittäin. Kun siirrytään käyttämään MagiCAD Exportia ja Solibria, saadaan järjestelmätieto, mutta toisaalta etua menetetään listojen helppokäyttöisyydessä. MagiCAD Exportin ja Solibrin listat eivät myöskään laske putki- ja kanavaeristeiden pinta-aloja kuten automaattinen massalista, vaan eristeet luetellaan putki- ja kanavatiedon rinnalla pituutena.

Kuten jo aiemmin tässä työssä on mainittu, mallinnusteknisistä syistä kaikkia komponentteja ei voida sisällyttää tietomalliin. Toisaalta virtausteknisesti ehjän järjestelmämallin tuottaminen vaatii toisinaan pieniä kompromisseja, kuten erikoisosien käyttöä. Kun massalista tuotetaan tietomallista, eivät ohjelmistot osaa huomioida näitä vikoja ja puutteita, tai esimerkiksi työmaahävikkejä. Massalistojen käsittelyssä tarvitaankin ammattitaitoa ja tarkkuutta ja kuten kaiken muunkin luovutettavan tiedon, myös massalistojen tulisi läpikäydä laadunvalvontaprosessi.

## **6 Yhteenveto**

Tässä työssä selvitettiin eri menetelmiä tuottaa massalista käyttäen LVI-järjestelmän tietomallia hyödyksi, pääasiallisena menetelmänä olivat eri ohjelmistoilla suoritettut testiajot. Testiajoihin käytettiin Granlundilla suunnitellun, todellisen kohteen ilmanvaihtosuunnitelmia ja kohde oli joka testitilanteessa sama. Työssä esille tuotiin myös kustannuslaskennan tarpeita ja näkökulmia massalistojen sisältöön ja käytettävyyteen liittyen. Kustannuslaskennan tarpeiden kartoituksessa tärkein menetelmä oli keskustelut yrityksemme kustannuslaskijan kanssa.

Haastavinta työssä oli kehittää tietomallia analysoivat säännöt, joiden mukaan massaluettelo muodostui. Joissakin testitilanteissa oli tuotettava useita listoja, ennen kuin toivottuun tietosisältöön päästiin.

Tämän insinööriyön tärkeimpiä lopputuloksia olivat 1) tieto siitä, että massalaskentaprosessia on mahdollista nopeuttaa käsinlaskentaan verrattuna, kun massatieto tuotetaan tietomallista, ja 2) testiajojen perusteella määriteltyihin säännöksiin saatiin haluttu tietosisältö. Tehdyt säännöt ovat nyt muun yrityksen henkilökunnan käytettävissä jatkossa tapahtuvaa massalaskentaa varten.

Kehitettävää kuitenkin riittää ennen kuin tietomallista tuotettujen massalistojen tuottaminen helppoa, etenkin silloin kun tuotettaville listoille halutaan sisällyttää tavallisesta poikkeavaa lisätietoa. Tilannetta hankaloittaa lisäksi se, että suunnittelua tehdään tällä hetkellä useilla eri ohjelmistoilla. Jotta kehitystä voi tapahtua, tarvitaan lisää käyttökokemuksia sekä yhteistyötä ohjelmistovalmistajien kanssa.

Rakennuksen tietomalli tarjoaa runsaasti etuja, joita ei vielä osata hyödyntää. Suunnitteluyritysten tulisi siirtyä tietomallimaailmaan täysivaltaisemmin, jotta tietomallien tarjoamia mahdollisuuksia voitaisiin käyttää tehokkaammin hyödyksi. Kun suunnitteluvaiheessa panostetaan enemmän mallintamisen läpivientiin, voidaan tästä koituneet kustannukset kompensoida tietomallin kautta saadulla lisäpalvelujen myynnillä.

## Lähteet

- 1 Laine, Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Hietanen, Jiri. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 IFC-tiedonsiirto. 2011. Verkkodokumentti. ArchiCAD. <<http://www.mad.fi/mad/tiedostot/pdf/kasikirja14/YS.IFC.pdf>>. Luettu 38.3.2012
- 4 Järvinen, T. ja muut. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4 'Talotekninen suunnittelu'. Rakennustietosäätiö RTS.
- 5 IFC – Industry Foundation Classes. 2012. Verkkosivut. BuildingSMART Finland. <<http://buildingsmart.fi/5>>. Luettu 28.3.2012.
- 6 Tauriainen, M. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 7 'Määrälaskenta'. Rakennustietosäätiö RTS.
- 7 Enkovaara, E., Haveri, H., Jeskanen, P. 1995. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 8 Kuva. Lehtori Kimmo Sani.
- 9 LVI-numero. Verkkosivut. LVI-Info. < <http://www.lvi-info.fi/portal/www.lvi-info.fi/fi/lvi-numero/lvi-numero/>>. Luettu 14.3.2012.
- 10 EAN-numero. Verkkosivut. LVI-Info. < <http://www.lvi-info.fi/portal/fi/lvi-numero/ean-numero/>>. Luettu 14.03.2012.
- 11 LVI-tuotepaketit. 2012. Verkkosivut. Tapals Oy. <[http://www.tapals.fi/htm/tuotteet\\_lvpr.htm](http://www.tapals.fi/htm/tuotteet_lvpr.htm)>. Luettu 15.3.2012.
- 12 Tapals Oy. 2012. Verkkosivut. Tapals Oy. < <http://www.tapals.fi/htm/index.php>>. Luettu 15.3.2012.
- 13 Cook, R., Lott, F., Milton, B., ja muut. 2007. Integrated Project Delivery: a Guide (version 1). The American Institute of Architects.

## Ote MagiCadin automaattisesta massalistasta

MagiCAD HPV - Bill of materials

Project:

Date: 11.04.2012

Range:

Class	Size	Series	Product	N	L\[m]	Insul.VA [m2]	s\[mm]
Duct	100	Kanava	BDEK-1-010	12	32.6		
Duct	125	Kanava	BDEK-1-012	28	82.2		
Duct	125	Kanava	BDEK-1-012		0.2		
Duct	160	Kanava	BDEK-1-016	3	0.3		
Duct	160	Kanava	BDEK-1-016	58	159.3		
Duct	200	Kanava	BDEK-1-020	15	43.6		
Duct	250	Kanava	BDEK-1-025	9	309.8		
Duct	315	Kanava	BDEK-1-031	1	80.0		
Duct	400	Kanava	BDEK-1-040		50.0		
Duct	500	Kanava	BDEK-1-050		47.4		
Duct	630	Kanava	BDEK-1-063		60.0		
Duct	800	Kanava	BDEK-1-080		5.2		
Duct	160	Kanava	BDEK-1-016		11.4		
Duct	300x100	Kanava			3.8		
Duct	1200x600	Kanava			1.7		
Duct	1400x600	Kanava			7.6		
Bend-90	100	Kanava	BDEB-90-010	11			
Bend-90	125	Kanava	BDEB-90-012	33			
Bend-90	160	Kanava	BDEB-90-016	29			
Bend-90	200	Kanava	BDEB-90-020	6			
Bend-90	315	Kanava	BDEB-90-031	8			
Bend-90	100	Kanava	BDEB-90-010	10			
Bend-90	160	Kanava	BDEB-90-016	1			
Bend-90	250	Kanava	BDEB-90-025	1			
Bend-19	315	Kanava		4			
Bend-22	315	Kanava		4			
Bend-34	160	Kanava		4			
Bend-38	315	Kanava		2			
Bend-40	400	Kanava		2			
Supply air device	125	T1	DYVB-12-8+ATVA-12-1	72			
Supply air device	100	T2	DYKF-160+ATTB-100-160-1-0	4			
Supply air device	125	T2	DYKF-200+ATTB-125-200-1-0	1			
Supply air device	160	T2	DYKF-250+ATTB-160-250-1-0	15			



Supply air device	200	T2	DYKF-315+ATTB-200-315-1-0	7			
Supply air device	100	T3	KTS-100	3			
Supply air device	125	T3	KTS-125	1			
Supply air device	125	T4	STQA-125	2			
Extract air device	100	P1	KSO-100	6			
Extract air device	125	P1	KSO-125	19			
Extract air device	160	P1	KSO-160	109			
Flow damper	125	FZ	FZ.	10			
Flow damper	160	FZ	FZ.	10			
Flow damper	160	IMS	EMSS-1-160	1			
Flow damper	200	IMS	EMSS-1-200	1			
Flow damper	250	IMS	EMSS-1-250	2			
Flow damper	315	IMS	EMSS-1-315	4			
Flow damper	400	IMS	EMSS-1-400	3			
Flow damper	315	IMS1	EMSS-1-315	15			
Flow damper	160	SP1	IRIS-160	2			
Flow damper	200	SP1	IRIS-200	7			
Flow damper	250	SP1	IRIS-250	2			
Flow damper	125	SP4	PTS/B-125	4			
Flow damper	160	SP4	PTS/B-160	4			
Silencer	315	ÄV1	CLA-A 315-1000	16			
Silencer	100	ÄV3	PVD-100-300-50	6			
Silencer	160	ÄV3	PVD-160-300-50	2			
Silencer	200	ÄV3	PVD-200-300-50	1			
Fire damper	160	PP1	ETPR-EI-160-1	2			
Fire damper	200	PP1	ETPR-EI-200-1	7			
Fire damper	250	PP1	ETPR-EI-250-1	2			
Fire damper	315	PP1	ETPR-EI-315-1	12			
Fire damper	400	PP1	ETPR-EI-400-1	7			

## Ote MagiCADin automaattisesta massalistasta varustettuna huonetunnuksilla

MagiCAD HPV - Bill of materials

Project:

Date: 11.04.2012

Range:

Room\code	Room\Name	Class	Size	Series	Product	N	L\[m]	Insul.\A [m2]	s\[mm]
A305	Kuilu	Duct	200	Kanava	BDEK-1-020		0.2		
A305	Kuilu	Duct	315	Kanava	BDEK-1-031		5.5		
A305	Kuilu	Duct	400	Kanava	BDEK-1-040		2.6		
A305	Kuilu	Duct	500	Kanava	BDEK-1-050		9.5		
A305	Kuilu	Duct	630	Kanava	BDEK-1-063		16.2		
A305	Kuilu	Duct	800	Kanava	BDEK-1-080		3.8		
A305	Kuilu	Outlet	500/200	Kanava		2			
A305	Kuilu	Outlet	500/315	Kanava		2			
A305	Kuilu	Outlet	630/400	Kanava		1			
A305	Kuilu	Reduction	500/315	Kanava		2			
A305	Kuilu	Reduction	630/400	Kanava		1			
A305	Kuilu	Insulation/Duct	200	L20	Lämpöeriste 20mm		0.1	0.10	20
A305	Kuilu	Insulation/Duct	400	L20	Lämpöeriste 20mm		2.6	3.60	20
A305	Kuilu	Insulation/Duct	500	L20	Lämpöeriste 20mm		3.8	6.45	20
A305	Kuilu	Insulation/Duct	630	EI120	Paloeriste EI120		3.8	10.27	115
A305	Kuilu	Insulation/Duct	630	L20	Lämpöeriste 20mm		4.8	10.17	20
A305	Kuilu	Insulation/Duct	800	L20	Lämpöeriste 20mm		3.8	10.03	20
A305	Kuilu	Insulation/Outlet	500/200	L20	Lämpöeriste 20mm	1			20
A305	Kuilu	Insulation/Outlet	630/400	L20	Lämpöeriste 20mm	1			20
A305	Kuilu	Insulation/Reduct.	630/400	L20	Lämpöeriste 20mm	1			20
A306	inva-WC	Duct	100	Kanava	BDEK-1-010		2.0		
A306	inva-WC	Duct	125	Kanava	BDEK-1-012		4.1		
A306	inva-WC	Duct	160	Kanava	BDEK-1-016		1.0		
A306	inva-WC	Bend-45	100	Kanava	BDEB-45-010	2			
A306	inva-WC	Bend-90	125	Kanava	BDEB-90-012	3			
A306	inva-WC	Bend-90	100	Kanava	BDEB-90-010	1			
A306	inva-WC	Outlet	160/125	Kanava		1			
A306	inva-WC	Reduction	160/100	Kanava		1			
A306	inva-WC	Extract air device	125	P1	KSO-125	1			
A306	inva-WC	Cleaning cover				2			
A306	inva-WC	Insulation/Duct	125	L20	Lämpöeriste 20mm		3.1	1.59	20
A306	inva-WC	Insulation/Bend-90	125	L20	Lämpöeriste 20mm	2			20

**MagiCAD Export -toiminnolla tuotettu massalista, osajärjestelmät**

**Ote MagiCAD Export - toiminnolla tuotetusta massalistasta, osajärjestelmät**

Storey name	System name	Part's class name	Product code	UserCode	Material	Diameter	Insulation series	Insulation series (Description)	Length (mm)
3. kerros	Poisto, A-osa 1.krs neuvottelu	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	-	-	3800
3. kerros	Poisto, A-osa keittiö	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	-	-	3800
3. kerros	Poisto, A-osa keittiö rasva	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	EI120	Paloeriste EI120	3800
3. kerros	Poisto, A-osa ravintola	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	-	-	3800
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-30	BDEB-30-031	Kanava	FeZn	315	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-45	BDEB-45-010	Kanava	FeZn	100	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-45	BDEB-45-016	Kanava	FeZn	160	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-45	BDEB-45-016	Kanava	FeZn	160	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-45	BDEB-45-016	Kanava	FeZn	160	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-45	BDEB-45-016	Kanava	FeZn	160	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-60	BDEB-60-010	Kanava	FeZn	100	-	-	-
3. kerros	Poisto, A-osa toimistot etelä	Bend-60	BDEB-60-010	Kanava	FeZn	100	-	-	-
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-012	Kanava	FeZn	125	-	-	1231
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-012	Kanava	FeZn	125	-	-	1231
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-016	Kanava	FeZn	160	-	-	222
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-016	Kanava	FeZn	160	-	-	313
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-025	Kanava	FeZn	250	-	-	509
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-025	Kanava	FeZn	250	-	-	243
3. kerros	Poisto, B-osa toimistot etelä	Duct	BDEK-1-025	Kanava	FeZn	250	-	-	220
3. kerros	Tulo, A-osa 1.krs neuvottelu	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	L20	Lämpöeriste 20mm	3800
3. kerros	Tulo, B-osa 1.krs neuvottelu	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	L20	Lämpöeriste 20mm	3800
3. kerros	Tulo, B-osa 1.krs neuvottelu	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	L20	Lämpöeriste 20mm	3800

**MagiCAD Export -toiminnolla tuotettu massalista, tilatieto**

**Ote MagiCAD Export - toiminnolla tuotetusta massalistasta, tilatiedot**

Storey name	Room / user code	Room / name	Part's class name	Product code	UserCode	Material	Diameter	Insulation s	Insulation series (Des	Length (mm)
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-050	Kanava	FeZn	500	-	-	530
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-050	Kanava	FeZn	500	-	-	510
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-050	Kanava	FeZn	500	L20	Lämpöeriste 20mm	2623
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-050	Kanava	FeZn	500	L20	Lämpöeriste 20mm	897
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-050	Kanava	FeZn	500	-	-	530
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	-	-	3800
3. kerros	A305	Kuulu	Duct	BDEK-1-063	Kanava	FeZn	630	L20	Lämpöeriste 20mm	3800
3. kerros	A305	Kuulu	Outlet-90	-	Kanava	FeZn	500	-	-	-
3. kerros	A305	Kuulu	Reduction	-	-	-	0	L20	Lämpöeriste 20mm	-
3. kerros	A306	inva-WC	Bend-90	BDEB-90-012	Kanava	FeZn	125	L20	Lämpöeriste 20mm	-
3. kerros	A306	inva-WC	Cleaning cover	-	-	-	0	-	-	-
3. kerros	A306	inva-WC	Cleaning cover	-	-	-	0	-	-	-
3. kerros	A306	inva-WC	Duct	BDEK-1-016	Kanava	FeZn	160	-	-	1010
3. kerros	A306	inva-WC	Duct	BDEK-1-016	Kanava	FeZn	160	-	-	68
3. kerros	A306	inva-WC	Duct	BDEK-1-016	Kanava	FeZn	160	-	-	1010
3. kerros	A306	inva-WC	Extract air device	KSO-125	P1	-	125	-	-	-
3. kerros	A306	inva-WC	Outlet-90	-	Kanava	FeZn	160	-	-	-
3. kerros	A306	inva-WC	Reduction	-	Kanava	FeZn	160	-	-	-
3. kerros	A308	Kuulu	Bend-45	BDEB-45-031	Kanava	FeZn	315	-	-	-
3. kerros	A308	Kuulu	Bend-45	BDEB-45-031	Kanava	FeZn	315	-	-	-
3. kerros	A308	Kuulu	Duct	BDEK-1-016	Kanava	FeZn	160	-	-	3800
3. kerros	A308	Kuulu	Duct	BDEK-1-016	Kanava	M	160	-	-	3800
3. kerros	A308	Kuulu	Duct	BDEK-1-020	Kanava	FeZn	200	-	-	845
3. kerros	A308	Kuulu	Duct	BDEK-1-020	Kanava	FeZn	200	L20	Lämpöeriste 20mm	795

## Näkymä 1 Solibri Model Checker, ITO: Putket ja kanavat

The screenshot displays the Solibri Model Checker interface. The central 3D view shows a complex network of ducts and pipes within a building's structure. The interface is divided into several panels:

- Top Panel:** Contains navigation and tool icons.
- Left Panel (Tree View):** Lists project elements such as 'Tontti.1', 'Rakennus.r.1', 'Kellari', 'Kerros 1' through 'Kerros 9', 'Testi\_IV', and 'Valintakori'.
- Right Panel (Table):** Displays a table of components with columns for 'Kerros', 'Komponenttityyppi', 'Järjestelmä', 'Typpi', 'Pituus (kanavat)', 'Pituus (lämpöputket)', and 'Pituus (viemäriputket)'. The table lists various duct and pipe types across different floors.

Kerros	Komponenttityyppi	Järjestelmä	Tyyppi	Pituus (kanavat)	Pituus (lämpöputket)	Pituus (viemäriputket)
3. kerros	Kanava	Järjestelmä.49 : Poisto, C-osa WC-tilat yms.	Pyöreät kan...	9,63 m		
3. kerros	Kanava	Järjestelmä.51 : Poisto, A-osa poistumisteporra	Pyöreät kan...	3,80 m		
3. kerros	Kanava	Järjestelmä.52 : Tulo, A-osa keittiö	Pyöreät kan...	3,80 m		
3. kerros	Kanava	Järjestelmä.6 : Poisto, B-osa poistumisteporra	Pyöreät kan...	3,80 m		
3. kerros	Kanava	Järjestelmä.7 : Poisto, Radon	Pyöreät kan...	11,40 m		
3. kerros	Kanava	Järjestelmä.8 : Poisto, A-osa keittiö	Pyöreät kan...	3,80 m		
3. kerros	Kanavasovitus	Järjestelmä.1 : Tulo, C-osa poistumisteporras				
3. kerros	Kanavasovitus	Järjestelmä.10 : Tulo, B-osa toimistot pohj.				
3. kerros	Kanavasovitus	Järjestelmä.12 : Poisto, C-osa toimistot etelä				
3. kerros	Kanavasovitus	Järjestelmä.13 : Tulo, A-osa toimistot etelä				
3. kerros	Kanavasovitus	Järjestelmä.15 : Tulo, B-osa WC-tilat yms.	BDEM-1-012			

**Valintakori:** Ei valintajoukkoja

**TESTAUS:** Testi\_IV

**Info:** Rooli: TATE, Valittuja: 2 705

**Footnote:** \*Talotekniikkamallien tarkastus.cset\*-säännöstö on ladattu, mutta sitä ei ole tarkastettu.

## Näkymä 2 Solibri Model Checker, ITO: pääkomponentit

The screenshot displays the Solibri Model Checker interface. On the left, a 3D model of a building structure is shown with ductwork highlighted in yellow and pink. The top menu bar includes options like 'Tiedosto', 'Malli', 'Tarkastus', 'Esitys', 'Informaation tallenneotto', and '+'. Below the menu is a toolbar with various icons for navigation and analysis. The main window is divided into two panes: a tree view on the left and a data table on the right.

**Tiedosto**  
Mallipuu  
(B) TESTAUS  
(B) Tontti.1  
(B) Rakennus.r.1  
(B) Kellari  
(B) Kerros 1  
(B) Kerros 2  
(B) Kerros 3  
(B) Kerros 4  
(B) Kerros 5  
(B) Kerros 6  
(B) Kerros 7  
(B) Kerros 8  
(B) Kerros 9  
Testi\_IV  
Tontti.1  
Rakennus.r.1  
1. kellarikerros  
1. kerros  
2. kerros  
3. kerros  
4. kerros

**Valintakori**  
Ei valintajoukkoja  
(B) TESTAUS  
Testi\_IV

**Informaation tallenneotto**

Kerros	Komponenttityyppi	Size_mm	Lukumäärä	Tyyppi	Duct Length_mm	Duct Insulation	Insulation_thickness_mm
3. kerros	Kanava	630	9	Pyöreät kanavat ...	21150.0	Lämpöeriste 20mm	20.0
3. kerros	Kanava	630	9	Pyöreät kanavat ...	25720.0	Lämpöeriste 20mm	0.0
3. kerros	Kanava	630	8	Pyöreät kanavat ...	3912.0	Lämpöeriste 50mm	50.0
3. kerros	Kanava	630	1	Pyöreät kanavat ...	3800.0	Paloneriste EI120	115.0
3. kerros	Kanava	800	2	Pyöreät kanavat ...	552.0	Lämpöeriste 20mm	0.0
3. kerros	Kanava	800	1	Pyöreät kanavat ...	3800.0	Lämpöeriste 20mm	20.0
3. kerros	Kanava	800x100	1	Suorakaidekanav...	125.0	Lämpöeriste 20mm	0.0
3. kerros	Kanava	900x100	11	Suorakaidekanav...	1425.0	Lämpöeriste 20mm	0.0
3. kerros	Kanavanvaimennin		16	CLA-A 315-1000			
3. kerros	Kanavanvaimennin		6	PVD-100-300-50			
3. kerros	Kanavanvaimennin		2	PVD-160-300-50			
3. kerros	Kanavanvaimennin		1	PVD-200-300-50			

Määräilaskenta.cset'-säätönsiöä ei ole ladattu.

Uusi ITO-kuvaus 1  
Laake valittu  
Uusi ITO-kuvaus 1  
Raportoi

Rooli: TATE  
Valittuja: 2 705

## Ote Solibri Model Checkerillä tehdystä massalistasta, ITO: pääkomponentit

Kerros	Komponenttityyppi	Size_mm	Lukumäärä	Tyyppi	Duct Length_mm	Duct Insulation
3. kerros	Kanava	315	72	Pyöreät kanavat FeZn	31953	Lämpöeriste 20mm
3. kerros	Kanava	315	65	Pyöreät kanavat FeZn	41672	
3. kerros	Kanava	315	1	Pyöreät kanavat FeZn	3800	Lämpöeriste 30mm
3. kerros	Kanava	400	41	Pyöreät kanavat FeZn	22731	Lämpöeriste 20mm
3. kerros	Kanava	400	20	Pyöreät kanavat FeZn	22789	
3. kerros	Kanava	500	14	Pyöreät kanavat FeZn	23777	
3. kerros	Kanava	500	7	Pyöreät kanavat FeZn	14080	Lämpöeriste 20mm
3. kerros	Kanava	500	2	Pyöreät kanavat FeZn	3450	Lämpöeriste 30mm
3. kerros	Kanava	500	1	Pyöreät kanavat FeZn	2093	Lämpöeriste 50mm
3. kerros	Kanava	630	9	Pyöreät kanavat FeZn	22150	Lämpöeriste 20mm
3. kerros	Kanava	630	9	Pyöreät kanavat FeZn	25720	
3. kerros	Kanava	630	8	Pyöreät kanavat FeZn	3912	Lämpöeriste 50mm
3. kerros	Kanava	630	1	Pyöreät kanavat FeZn	3800	Paloeriste EI120
3. kerros	Kanava	800	2	Pyöreät kanavat FeZn	552	
3. kerros	Kanava	800	1	Pyöreät kanavat FeZn	3800	Lämpöeriste 20mm
3. kerros	Kanava	160	3	Pyöreät kanavat muovi	11400	
3. kerros	Kanava	1000x100	2	Suorakaidekanavat FeZn	250	
3. kerros	Kanava	1200x600	2	Suorakaidekanavat FeZn	1115	
3. kerros	Kanava	1400x600	1	Suorakaidekanavat FeZn	3800	
3. kerros	Kanava	1400x600	1	Suorakaidekanavat FeZn	3800	Lämpöeriste 20mm
3. kerros	Kanava	300x100	2	Suorakaidekanavat FeZn	3626	Paloeriste EI60
3. kerros	Kanava	800x100	1	Suorakaidekanavat FeZn	125	
3. kerros	Kanava	900x100	11	Suorakaidekanavat FeZn	1425	
3. kerros	Kanavanvaimennin		16	CLA-A 315-1000		
3. kerros	Kanavanvaimennin		6	PVD-100-300-50		
3. kerros	Kanavanvaimennin		2	PVD-160-300-50		
3. kerros	Kanavanvaimennin		1	PVD-200-300-50		
3. kerros	Kanavasovitus		1	BDEG-1-012		
3. kerros	Pelti		20	FZ.		
3. kerros	Pelti		2	IRIS-160		
3. kerros	Pelti		7	IRIS-200		
3. kerros	Pelti		2	IRIS-250		
3. kerros	Pääte-elin		6	KSO-100		
3. kerros	Pääte-elin		19	KSO-125		
3. kerros	Pääte-elin		109	KSO-160		
3. kerros	Pääte-elin		3	KTS-100		
3. kerros	Pääte-elin		1	KTS-125		
3. kerros	Pääte-elin		2	STQA-125		

## Näkymä 3 Solibri Model Checker, ITO: pääkomponentit ja tilat

Solibri Model Checker - Testi\_IV

**Tiedosto** **Malli** **Tarkastus** **Esitys** **Informaation tallennus** **+**

**Mallipuu**

- (B) TESTAUS
  - (B) Tontti.1
    - (B) Rakennus.r.1
      - (B) Kellari
      - (B) Kerros 1
      - (B) Kerros 2
      - (B) Kerros 3
      - (B) Kerros 4
      - (B) Kerros 5
      - (B) Kerros 6
      - (B) Kerros 7
      - (B) Kerros 8
      - (B) Kerros 9
    - Testi\_IV
      - Tontti.1

**Valintakori**

E valintajoukkoja

- (B) TESTAUS
  - Testi\_IV

**Info**

- Kanava.4.793

MiscCAD.Pset\_Duct\_Pset\_DuctSegmentTypeCommon

Identiteetti Sijainti Relaaot Luokittelu Hyperlinkit

Ominaisuus Arvo

Malli Testi\_IV

Suunnitteluala Talotekniikka

**Informaation tallennus**

Laske valitut Lusi ITO-kuvaus 1 Raportoi

Lähin tila	Kerros	Komponenttityyppi	ConnectionSize_mmm	Lukumäärä	Outlet Connecti...	Tyyppi	Length_mmm	Insulation
(B) Tila.4.20 : Kulu[A3...	3. ker...	Kanava	630	1		Pyöreät kanavat FeZn	3800.0	Paloteriä EI120
(B) Tila.4.20 : Kulu[A3...	3. ker...	Kanava	800	1		Pyöreät kanavat FeZn	3800.0	Lämpöeriste 20...
(B) Tila.4.20 : Kulu[A3...	3. ker...	Kanavasovitus		4 500/500				
(B) Tila.4.20 : Kulu[A3...	3. ker...	Kanavasovitus		3				
(B) Tila.4.20 : Kulu[A3...	3. ker...	Kanavasovitus		1 630/630				
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Kanava	100	3		Pyöreät kanavat FeZn	1800.0	
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Kanava	125	2		Pyöreät kanavat FeZn	1048.0	
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Kanava	125	1		Pyöreät kanavat FeZn	988.0	Lämpöeriste 20...
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Kanava	160	2		Pyöreät kanavat FeZn	1078.0	
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Kanavasovitus		7				
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Kanavasovitus		1 160/160				
(B) Tila.4.59 : inva-WC...	3. ker...	Pääte-elin		1		KSO-125		

Määräskenta.cset-säännöstöä ei ole ladattu.

Root: TATE Valittuja: 2 705

Lusi ITO-kuvaus 1 päivitetty valintakorista



**Ote Solibri Model Checkerillä tehdystä massalistasta, ITO:  
pääkomponentit ja tilat**

Lähin tila	Kerros	Komponenttityyppi	ConnectionSize	Lukumäärä	Outlet ConnectionSize	Tyyppi	Length_mm	Insulation
(B) Tila.3.66 : Käytävä[A208.3]	3. kerros	Kanava	900x100	2		Suorakaidekanavat FeZn	250	
(B) Tila.3.66 : Käytävä[A208.3]	3. kerros	Kanavasovitus		6				
(B) Tila.3.13 : Käytävä[A208.4]	3. kerros	Kanavasovitus		5				
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	110	1		Pyöreät kanavat FeZn	3800	
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	200	1		Pyöreät kanavat FeZn	145	Lämpöeriste 20mm
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	200	1		Pyöreät kanavat FeZn	260	
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	315	4		Pyöreät kanavat FeZn	5501	
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	400	2		Pyöreät kanavat FeZn	2605	Lämpöeriste 20mm
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	500	2		Pyöreät kanavat FeZn	3520	Lämpöeriste 20mm
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	500	1		Pyöreät kanavat FeZn	3010	
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	630	2		Pyöreät kanavat FeZn	7600	
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	630	1		Pyöreät kanavat FeZn	3800	Lämpöeriste 20mm
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	630	1		Pyöreät kanavat FeZn	3800	Paloeriste E1120
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanava	800	1		Pyöreät kanavat FeZn	3800	Lämpöeriste 20mm
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanavasovitus		4	500/500			
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanavasovitus		3				
(B) Tila.4.20 : Kuiluj[A305]	3. kerros	Kanavasovitus		1	630/630			
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Kanava	100	3		Pyöreät kanavat FeZn	1800	
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Kanava	125	2		Pyöreät kanavat FeZn	1048	
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Kanava	125	1		Pyöreät kanavat FeZn	988	Lämpöeriste 20mm
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Kanava	160	2		Pyöreät kanavat FeZn	1078	
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Kanavasovitus		7				
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Kanavasovitus		1	160/160			
(B) Tila.4.59 : Inva-WC[A306]	3. kerros	Päälte-elin		1		KSO-125		

## Ote Solibri Model Checkerillä tehdystä massalistasta, ITO: kanavaosat

Komponenttityyppi	Lukumäärä	Silencer Size	Outlet Size	FlowDamper Size	FireDamper Size	Elbow Angle	Elbow Size	Plug Size	Tyyppi
Kanava	1238								Pyöreät kanavat FeZn
Kanava	20								Suorakaidekanavat FeZn
Kanava	3								Pyöreät kanavat muovi
Kanavanvaimennin	6	100							PVD-100-300-50
Kanavanvaimennin	2	160							PVD-160-300-50
Kanavanvaimennin	1	200							PVD-200-300-50
Kanavanvaimennin	16	315							CLA-A 315-1000
Kanavasovitus	2		400/315						
Kanavasovitus	11		400/400						
Kanavasovitus	11		500/500						
Kanavasovitus	1		600x1200						
Kanavasovitus	9		630/630						
Kanavasovitus	8					15	400		
Kanavasovitus	103					45	160		
Kanavasovitus	1					46	315		
Kanavasovitus	10					60	100		
Kanavasovitus	30					90	160		
Kanavasovitus	3							630	
Kanavasovitus	1							800	
Kanavasovitus	4							1000x100	
Kanavasovitus	1							800x100	
Kanavasovitus	1								BDEM-1-012
Kanavasovitus	1								BDEX-1-012-012
Pelti	10			125					FZ
Pelti	7			200					IRIS-200
Pelti	3			400					EMSS-1-400
Pelti	2				160				ETPR-EI-160-1
Pelti	7				400				ETPR-EI-400-1