

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto

Jussi Lieri

Tietomallipohjaisen määrälaskennan käyttöönotto

Opinnäytetyö 2014

Tiivistelmä

Jussi Lieri

Tietomallipohjaisen määrälaskennan käyttöönotto, 48 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotanto

Opinnäytetyö 2014

Ohjaajat: lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu,

laskentapäällikkö Sami Svensk, Skanska Talonrakennus Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miksi tietomallipohjainen määrälaskenta kannattaisi ottaa käyttöön rakennusliikkeessä sekä mitä vaaditaan, että tietomalleja voidaan käyttää määrälaskennassa niin, että määrätieto on tarkkaa ja luotettavaa.

Aluksi työssä kerrotaan yleisesti tietomalleista ja -mallinnuksesta sekä niiden käytöstä määrälaskennassa. Seuraavaksi kerrotaan tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessi ja menetelmät sekä hyötyjä ja ongelmia. Lopuksi työssä vertaillaan perinteistä määrälaskentaa tietomallipohjaiseen määrälaskentaan sekä kerrotaan yleisimmistä mallinnus- ja määrälaskentaohjelmista.

Työn tuloksena selvitettiin, kuinka tietomallipohjainen määrälaskenta kannattaa tehdä. Lisäksi otettiin selvää määrälaskennan asettamista vaatimuksista tietomalleille ja tekijöistä, jotka antavat mahdollisuuden luotettavan ja laadukkaan määrätiedon tuottamiselle.

Työn tuloksia on mahdollista käyttää tietomallipohjaisissa projekteissa yhteisten toimintamallien laadinnassa sekä apuna siirryttäessä perinteisestä määrälaskennasta tietomallipohjaiseen laskentaan.

Tuloksista voidaan päätellä, että kaikki tietomallit eivät ole vielä yleisten tietomallivaatimusten mukaisia määrälaskennan kannalta. Tähän on syynä erityisesti se, että tietomallityökaluja ei osata kunnolla käyttää ja suunnittelun ohjaus ei aina ole riittävää.

Asiasanat: määrälaskenta, tietomalli, tietomallinnus

Abstract

Jussi Lieri

Implementation of BIM-based quantity calculation, 48 Pages

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Civil and Construction engineering

Project Management

Thesis, 2014

Instructors: Lecturer, Timo Lehtoviita, Saimaa University of Applied Sciences,

Accounting manager, Sami Svensk, Skanska Talonrakennus Oy

The aim of the thesis was to find out how the data model based quantity surveying would benefit the construction companies and also, to find out what is required for that data models can be used in the calculation of the amount so that the amount of the information is accurate and reliable.

First, this study gives an overview of data models and modeling as well as their use in the calculation of the amount. Next, it describes a process and methods of the data model-based calculation, as well as the benefits and problems. Finally, the thesis compares traditional and computer-based model for the calculation of the amount, as well as explains the most common modeling and calculation of the number of programs.

The study shows how information on the number of model-based calculation should be carried out. In addition, the study found out the number of accounting standards for data models and the factors that enable the reliable and high-quality amount of knowledge production.

The results can be used for the data for model-based projects, as well as the drafting of common approaches to help the transition from the traditional calculation of the number to model-based calculation.

According to the results, all the data models are not yet common data models with the requirements of the calculation of the amount. This is due to, in particular, the fact that the data model tools can not be used properly and the design control is not always sufficient.

Keywords: BIM-based quantity calculation, building information modeling

Sisältö

Termit	5
1 Johdanto.....	7
2 Määrälaskennan periaatteet.....	7
3 Tietomallinnus määrälaskennan näkökulmasta.....	8
3.1 Rakennuksen tietomallinnus.....	8
3.2 Tiedonsiirto.....	10
3.3 Hyödyt.....	11
3.4 Ongelmat.....	13
4 Tietomallipohjainen määrälaskenta.....	14
4.1 Tuoterseptit.....	15
4.2 Tiedonkulku.....	16
4.3 Prosessi.....	16
4.3.1 Kohteeseen tutustuminen.....	17
4.3.2 Lähdeaineiston kokoaminen.....	17
4.3.3 Määrälaskennan suorittaminen.....	19
4.3.4 Laadunvarmistus ja määrien toimittaminen.....	21
4.4 Menetelmät.....	22
4.4.1 Laskenta suunnitteluvaiheen aikana.....	22
4.4.2 Laskenta tarjous- ja rakentamisvaiheen aikana.....	24
4.5 Vaatimukset tietomalleille.....	25
4.6 Hyödyt ja mahdollisuudet.....	27
4.6.1 Hyödyt rakennusvaiheessa työmaalle.....	28
4.7 Haasteet ja ongelmat.....	28
4.8 Laskennan laajuus ja tarkkuus.....	32
4.9 Vertailu perinteiseen määrälaskentaan.....	33
5 Ohjelmistot.....	35
5.1 Tietomallinnusohjelmat.....	35
5.2 Määrien laskentaan soveltuvat ohjelmat.....	37
6 Yhteenveto.....	39
Kuvat.....	44
Lähteet.....	45

Liitteet

- Liite 1 Arkkitehdin ja rakennesuunnittelun tietomalleissa esitettävät tuoterakenteet

Termit

4D

4D syntyy kun aika-aspekti lisätään 3D-mallin rakennusosa- ja tilaobjekteihin. Aika-aspektilla pystytään kuvaamaan esimerkiksi rakennusosien asennusajankohtaa, jolloin 4D-simuloinnilla voidaan visualisoida rakentamisen etenemistä ajassa.

BIM

BIM (*Building Information Modeling*) on rakennuksen tietomallinnuksen englanninkielinen termi.

IFC

IFC (*Industry Foundation Classes*) on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC määrittelee tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan.

Mittatieto

Tietomallissa olevien objektien 3D-muodon kuvauksen perustieto. Esim. Seinän 3D-muotoa kuvaavan tilavuuskappaleen, suorakulmaisen särmiön pituus, leveys ja korkeus.

Määrätieto

Määrätieto saadaan objektin mittatiedoista johdetuista määriä kuvaavista tiedoista, joita voidaan laskea yhteen niiden rakennusosien yli, joilla on sama rakennetyyppi.

Objekti

Objekti on tietomallin osa, esimerkiksi yksittäinen seinä. Objekti pitää sisällään eritasoisia geometriatietoa (2D-symboli, 3D-geometria, jne.), ominaisuuksia, kuten rakennetyyppi, dimensiot ja sijainti sekä esitykseen kuuluvaa tietoa (viivatyö, tekstuuri, läpinäkyvyys jne.) Rakennuksen tietomallissa objekti kuvaa yleensä rakennusosan suunnittelijan näkökulmasta.

Panos

Panos on (työ)suoritteeseen suoritukseen vaadittava rakennusmateriaali tai työpanos. Panos sisältää suoritteeseen valmistamistukseen tarvittavat materiaalit, välineet ja työpanokset. Esimerkiksi betonipilarin betonointiin tarvitaan panokset, jotka ovat rakennusmiehen työ, betoni K30-2 ja betonin kuljetus.

Parametrinen objekti

Konfiguroimalla (engl. *customization*) toteutettava järjestelmän muokkaaminen asiakkaan tarpeita vastaavaksi.

Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomalli on yksinkertaistettu ja virtuaalinen kuvaus todellisesta rakennuksesta. Se sisältää eritasoista tietoa rakennusosista, joita voidaan ryhmitellä erilaisten ominaisuuksien ja parametrien perusteella.

Suorite

Suorite on rakennusosan valmistukseen vaadittava työvaihe. Suorite muodostuu panoksista. Esimerkiksi, betonipilarin valmistaminen koostuu seuraavista suoritteista: muottityö, raudoitus ja betonointi.

Tuotannon määrätieto

Tuotannon määrätieto muodostuu kun yhdistetään rakennuksen tietomallista tuotettu määrätieto rakennuksen tuoterakenteisiin.

Visualisointi

Rakennuksen, tilan tai erityiskohteen havainnollistamista tietokoneohjelmistolla luotavan kolmiulotteisen mallin avulla. (Aho 2010.)

1 Johdanto

Tietomallien käytöstä saadut hyödyt rakennushankkeessa ovat niin merkittäviä jo tällä hetkellä, että tietomallinnus tulee jatkossa edelleen yleistymään. Mallinnuksella helpotetaan ja annetaan lisää mahdollisuuksia suunnitteluun, rakentamiseen sekä rakennuksen käytönkin ajalle.

Tulevaisuuden tärkeänä haasteena on, että työmaalta annetaan enemmän kehitys- ja ratkaisuehdotuksia mallinnusohjelmien tekijöille, jotta turhien ja päällekkäisten töiden määrää voitaisiin vähentää rakentamisen eri osa-alueilla. Tällä tavoin tietomallintamisen kehittymistä voidaan nopeuttaa.

Työssä on tavoitteena kertoa tietomallipohjaisesti toteutettavan määrälaskennan edellytykset ja asiat, jotka auttavat saamaan mahdollisimman luotettavan ja tarkan määrätiedon tietomallista.

Opinnäytetyö käsittelee suurimmaksi osaksi tietomallipohjaista määrälaskentaa, mutta siinä on myös tietoa tietomalleista, tietomallinnuksesta ja ohjelmistoista.

Työn ulkopuolelle rajataan talotekniikan tietomallit ja niistä tehtävä määrälaskenta.

2 Määrälaskennan periaatteet

Määrälaskennan tarkoituksena on selvittää rakennuksen valmistamiseen tarvittavien rakennusmateriaalien ja työpanosten määrät soveltuvin osin jonkin nimikkeistöjärjestelmän mukaan, joita ovat esimerkiksi Talo 80, Talo 90, Talo 2000, Maa 89 ja KM 02. Nimikkeistöjärjestelmän avulla määritetään laskennan yksiselitteisyys ja yhteiset pelisäännöt jokaiselle osapuolelle sekä varmistetaan,

että asioita ei lasketa moneen kertaan. Laskennasta saatavilla tiedoilla voidaan arvioida hankkeen kustannuksia.

Määrälaskennan tekee tilaaja tai urakoitsija. Jos tilaaja on suorittanut määrälaskennan, tarjouksen antajan täytyy kuitenkin tarkastaa laskenta ja hinnoitella suoritteet. Hankkeen mahdollisten aliurakoitsijoiden määrät voidaan laskea harkinnan mukaan.

Tarjouslaskentavaiheessa määrät lasketaan teoreettisina. Mikäli tästä poiketaan, on se aina ilmoitettava. Jos hukat lasketaan mukaan määriin, täytyy siitä aina mainita. Mahdollisten epäselvyyksien varalta on laskennassa käytetyt materiaalit ja muistiinpanot pidettävä tallessa. Määriä voidaan laskea joko perinteisellä tavalla mittaamalla piirustuksista tai ottamalla ne suoraan tietomallista. Tarjouslaskentavaiheen määrälaskenta on vaiheen eniten aikaa vievä prosessi. (Pitko 2010.)

Määrälaskennan menetelmät on kerrottu kappaleessa 4.4.

3 Tietomallinnus määrälaskennan näkökulmasta

3.1 Rakennuksen tietomallinnus

Tietomallinnus (engl. *Building Information Modelling*, BIM) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tiedoista muodostuvan kolmiulotteisen mallin on tarkoitus koota kaikki tarvittava tieto yhteen. Malli koostuu rakennuksesta, rakennustuotteista ja niiden ominaisuuksista. Tietoihin sisältyy rakennuksen koko elinkaari rakentamisprosessista rakennuksen käyttöön ja purkuun. Tällä tavoin tieto voidaan hyödyntää helpommin. Jokainen yksittäinen tieto tallennetaan ainoastaan kerran ja sitä voidaan hyödyntää suunnittelussa, rakentamisessa ja rakennuksen ylläpidossa asti. Mallit antavat mahdollisuuden erilaisten analyysien ja simulointien luomiseen jo alkuvaiheessa hanketta. Tämä helpottaa kohteiden suunnittelua ja auttaa saamaan niistä vaatimukset ja suunnittelunormit täyttäviä, hyvin toimivia ja helposti rakennettavia. Tietomallit helpottavat myös rakennuksen käyttöä ja ylläpitoa.

Dokumenttipohjaiseen toimintatapaan verrattuna hankkeen tiedot eivät ole hajallaan eri piirustuksissa ja raporteissa vaan yhdessä mallissa, josta on

mahdollista tulostaa tarvittavat dokumentit. Dokumenttien tietosisältö pystytään sovittamaan jokaisen käyttäjän tarpeiden mukaiseksi. Esimerkiksi työvaihekohtaiset piirustukset on usein parempi ottaa perinteistä piirustusta pienemmällä tietosisällöllä, mikä tekee helpommaksi ja nopeammaksi niiden tulkinnan ja käytön. Lisäksi erilaiset havainnekuvat voidaan tulostaa vaivattomasti.

Mallista on mahdollista tuottaa dokumentteja joko automaattisesti tai puoliautomaattisesti. Mallin ansiosta varmistuu se, että tuotettujen dokumenttien välillä ei ole ristiriitoja. Esimerkiksi tasopiirustusten ja leikkausten välillä ei voi olla ristiriitoja ja määrälisat vastaavat tarkasti niitä määriä, joita mallissa on. Eri suunnittelualojen mallien yhteensopivuus pitää varmistaa yhdistämällä kaikki osamallit yhdistelmämalliksi. Tietomallin osille on myös mahdollista liittää tietoa muun muassa aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit pystyvät hyödyntämään mallin tietoja prosessin hallinnassa. (RIL 2013.)

Rakennuksen tietomallit tehostavat määrälaskentaa huomattavasti. Määrien manuaalinen mittaaminen piirustuksista on aikaavievää ja työlästä. Niinpä se nykyään usein korvataan määrien tietokoneavusteisella laskennalla mallista. Laskennan tehostaminen ei silti ole ainoa asia, johon pyritään. Tehokkuus lisää määrälaskennasta saatavaa hyötyä monin tavoin, ja lopulta tuloksena on usein nopeampi suunnitteluprosessi ja paremmat suunnitteluratkaisut.

Rakennuksen tietomallista ei voida saada selville kaikkia määrälaskennassa tarvittavia asioita ja kysymyksiä eikä mallista voida laskea myöskään kaikkia hankkeen määriä. Tietokoneohjelma pystyy tekemään suuren osan rutiineista, mutta asiantuntijan ammattitaitoa tarvitaan silti ainakin lähtömateriaalin arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentämisessä. (Penttilä, Nissinen & Niemenoja 2006.)

Mallin tietosisältö voidaan jakaa määrälaskennassa rakennus- ja tekniikkaosiin, nimikemääriin ja tuote- ja tuoterakennemääriin. Kun lasketaan rakennus- ja tekniikkaosia, mallista raportoidaan osat suunnittelijan määrittämällä ominaisuuksilla, esimerkiksi rakennetyypeittäin jäseneltynä. Raportti laaditaan määräluettelona suunnitteluohjelmistojen perusominaisuuksia käyttäen tai esimerkiksi siirtämällä IFC-tiedostossa oleva tieto Exceliin.

Nimikemääriin pohjautuvassa laskennassa rakennus- ja tekniikkaosat lasketaan nimikkeiden mukaan. Tässä tapauksessa esimerkiksi suunnittelijan ”US409” seinätyypin määrät kohdistetaan nimikkeelle 1241 Ulkoseinät. Useasta mallissa olevasta tyyppistä on mahdollista yhdistää yksi nimike, tai vaihtoehtoisesti mallissa olevan yhden tyyppin perusteella pystytään muodostamaan useita määrälaskennan nimikkeitä.

Laskennassa, joka perustuu tuoterakennemääriin, rakennusosaa kuvaavan nimikkeen takaa löytyy tuoterakenne, joka kuvailee rakennusosan yksilöidysti. Tuoterakennetta käytetään esimerkiksi kun lasketaan suorite- tai panospohjainen kustannusarvio. Tuoterakennetta käytetään lisäksi tuotannon aikataulusuunnittelussa kun mitoitetaan tehtävien kestoja. Tuoterakenteiden perusteella on mahdollista muodostaa myös erilaisia hankintapaketteja. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelun tietomalleissa esitetyt tuoterakenteet ovat Liitteessä 1.

Jos kustannuslaskennassa ja aikataulusuunnittelussa käytettävien panosrakenteiden kaavat olisi tehty niin, että ne korjaisi määrämittauksen yksinkertaistuksia, olisi tuoterakenteiden laskentasääntöjä kehitettävä mallipohjaiseen laskentaan sopivaksi määrälaskijan omassa toiminnassa. (YTV 2012. Osa 7.)

3.2 Tiedonsiirto

Rakentamisen osa-alueista, kuten suunnittelusta, rakentamisesta ja kiinteistönpidosta syntyy monimutkainen tiedonsiirtoprosessi. Rakennushankkeissa liikkuu tietoa koko ajan entistä suurempia määriä. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että hankkeisiin osallistuu usein aikaisempaa enemmän yrityksiä. Rakennushankkeen tiedot tuotetaan nykyään melkein kokonaan sähköiseen muotoon. Tiedot tallennetaan, arkistoidaan ja jaetaan pääasiassa dokumenttipohjaisesti. Pienissä rakennushankkeissa tiedonsiirto tapahtuu kahden osapuolen välillä ja jokaisella osapuolella on oma dokumenttiarkisto. Suurissa hankkeissa on puolestaan usein käytössä projektipankit, joissa hallitaan osapuolien yhteistä projektitietoa. Sähköisestä tiedonsiirrosta huolimatta tietoa kuitenkin hyödynnetään usein paperimuodossa.

Tietomallipohjaisen tiedonsiirron ja yhteiskäytön ansiosta eri ohjelmistoilla voidaan samanaikaisesti käyttää ja päivittää samaa tietomallia. Tietomallissa olevaa tietoa voidaan siirtää sovitussa muodossa (esimerkiksi IFC) osapuolten välillä. Tietomallipohjaisen tiedonsiirron toteutus on mahdollista tehdä myös tietomallipalvelimen avulla. Tietomallipalvelimessa on yhteiskäyttöisen tietomallin tietokanta, joka sisältää käyttäjä- ja tiedonhallintapalvelut. Tieto tallennetaan tietomallipalvelimelle ohjelmistoriippumattomassa muodossa (esimerkiksi IFC). Tietomallipalvelimien ja nykyisten projektipankkien ero on siinä, että projektipankkeja käytetään dokumenttien jakelussa, kun taas tietomallipalvelimia käytetään tiedon jakelun lisäksi myös yhteiskäyttöön projektien eri osapuolien kesken.

IFC-standardia ei vielä pystytä käyttämään kattavasti eri rakennusprosessien osapuolien tiedonsiirtotarpeisiin. Tämän takia hankkeissa täytyy turvautua tietomallipohjaisen tiedonsiirron (IFC) lisäksi toisiinkin tiedonsiirtotapoihin, esimerkiksi DWG, DOC ja PDF-tyyppisiin sähköisiin tiedostoihin. (Pro It 2004.)

3.3 Hyödyt

Tietomallintamisella pystytään tehostamaan hankkeen organisointia, yhteistoimintaa ja tiedonhallintaa eri osapuolten välillä. Mallintamisen hyödyt on esitetty kuvassa 1. Mallinnus myös auttaa saavuttamaan hankkeen tavoitteiden mukaisen lopputuloksen. Mallin tietosisältöä on mahdollista käyttää hyödykseen koko rakennushankkeen ja rakennuksen elinkaaren ajan. Nykyisellä teknologialla mallin tietosisältöä voidaan käyttää esimerkiksi suunnitelmien laadun ja yhdenmukaisuuden varmistamiseen, rakennushankkeen kustannuksien hallintaan sekä valmiin rakennuksen huollon- ja ylläpidon tiedonhallintaan. (YTV 2012. Osa 7.), (RT 10-10992, 1.)



Kuva 1. Tietomallintamisen hyödyt. (Mäki, Rajala & Penttilä 2010)

Rakennuttaja saa paljon tärkeää, päätöksentekoa helpottavaa tietoa, kun rakennuskohteen suunnitelmat tehdään mallintamalla. Tietomallintaminen antaa mahdollisuuden vertailla ja analysoida toiminnaltaan ja kustannuksiltaan erilaisia vaihtoehtoja. Tällöin lopullinen, toteutettava suunnitteluratkaisu voidaan perustella ja syntyviin kustannuksiin osataan varautua. Myös rakennuttajan tehtäviin sisältyvä hankkeen hallinnointi tulee tehokkaammaksi, kun hankkeen tiedot ovat sähköisessä muodossa helposti saatavilla koko rakennushankkeen ajan. (RT 10-10992, 3.)

Tietomallintamisen keskeisiä hyötyjä ovat muun muassa:

- suunnitelmien havainnollisuus todenmukaisilla 3D-malleilla
- suunnittelun osa-alueiden parempi yhteensovittaminen
- suunnittelun laadukkaampi lopputulos
- suunnittelun laajempi tietosisältö
- saatujen tietojen hyödyntäminen ja täydentäminen rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Autio 2007.)

Tietomallia voidaan hyödyntää myös muualla kuin määrä- ja kustannuslaskennassa. Tämä on erittäin hyvä asia, sillä se helpottaa merkittävästi kommunikointia, kun määrälaskennassa käytettyä mallia

käytetään myös itse rakennusvaiheessa. Tietomallinnuksen avulla kaikki tieto materiaaleista löytyy samasta tietokannasta ja lisäksi nämä tiedot ovat aina ajan tasalla sekä tarkistettuja. Näin kustannustehokkuus lisääntyy ja tiedonsiirto eri osapuolten välillä paranee.

Työmaalla tietomallin hyödyntäminen näkyy selvästi muun muassa aikataulutuksissa ja töiden suunnittelussa. Tietomallin avulla voidaan helposti havainnollistaa työntekijöille vaativia rakenteita ja yksityiskohtia, mikä vähentää työmaalla tapahtuvia rakennusvirheitä. Järjestelmä on hyvä työkalu myös kohteen elementtien listauksissa, hankinnoissa, raportoinnissa ja asennuksissa. Mallin avulla voidaan tehdä työmaan alue- ja turvallisuussuunnitelma, jossa malliin lisätään muun muassa työmaatoimistojen, aitauksien, torninostureiden ja jätteiden keräämispisteiden sijainnit.

Yhdistämällä eri suunnittelualojen malleja, voidaan helposti nähdä törmäystarkastelun avulla, onko joitakin rakenteita, jotka törmäävät keskenään. Rakentamisvaiheessa on kuitenkin tärkeää muistaa, että mallista löydetty viat ja puutteet korjataan itse mallissa, jotta mallia voidaan hyödyntää myös rakennuksen valmistumisen jälkeen erilaisissa ylläpitotehtävissä. Näin omistajilla ja käyttäjillä on käytössään aina ajantasaiset ja oikeat tiedot kohteesta. (Ekman 2012.)

3.4 Ongelmat

Tietomallinnuksen suurimpia ongelmia ovat, että mallissa on mallinnettu rakenteita väärillä työkaluilla tai rakenteiden nimittely tai ryhmittely ei ole riittävän selkeää. Yleisien tietomallivaatimuksien (YTV 2012) ohjeet ovat usein riittävät, mutta niissäkään ei ole esitetty kaikkia ongelmia, joita malleissa voi olla. Siksi onkin hyvä, että käyttäjä tekisi itse ohjeet mallinnukselle ja ohjeistaisi niillä suunnittelijoita.

Mallien puutteiden takia voidaan todeta, että tietomallipohjainen määrälaskenta ei täysin sovellu kokemattomalle määrälaskijalle. Kun mallista otetaan määriä, niiden oikeellisuuteen täytyy kiinnittää huomiota. Kokeneemmalle määrälaskijalle tämä ei tuota ongelmia, mutta kokemattomammalle laskijalle

täytyy löytää vaihtoehtoisia keinoja määrien laadun ja oikeellisuuden tarkistamiseen. Hyvä keino tässä on käyttää viitekohteita, jolloin valitaan vastaavanlainen kohde ja tarkistetaan tunnusluvuilla määrät keskenään. Määrien laskenta sekä mallista ja sen jälkeen papereista ei ole tietomallipohjaisen määrälaskennan idea.

Syy, miksi malleissa on määrälaskennassa havaittu lukuisia ongelmia, johtuu selvästikin puutteista suunnittelun ja mallintamisen ohjauksessa. Suunnittelua ohjaavat projektipäälliköt eivät saa riittävästi tietoa siitä, miten tietomallia halutaan hyödyntää määrälaskennassa. (Ekman 2012.)

4 Tietomallipohjainen määrälaskenta

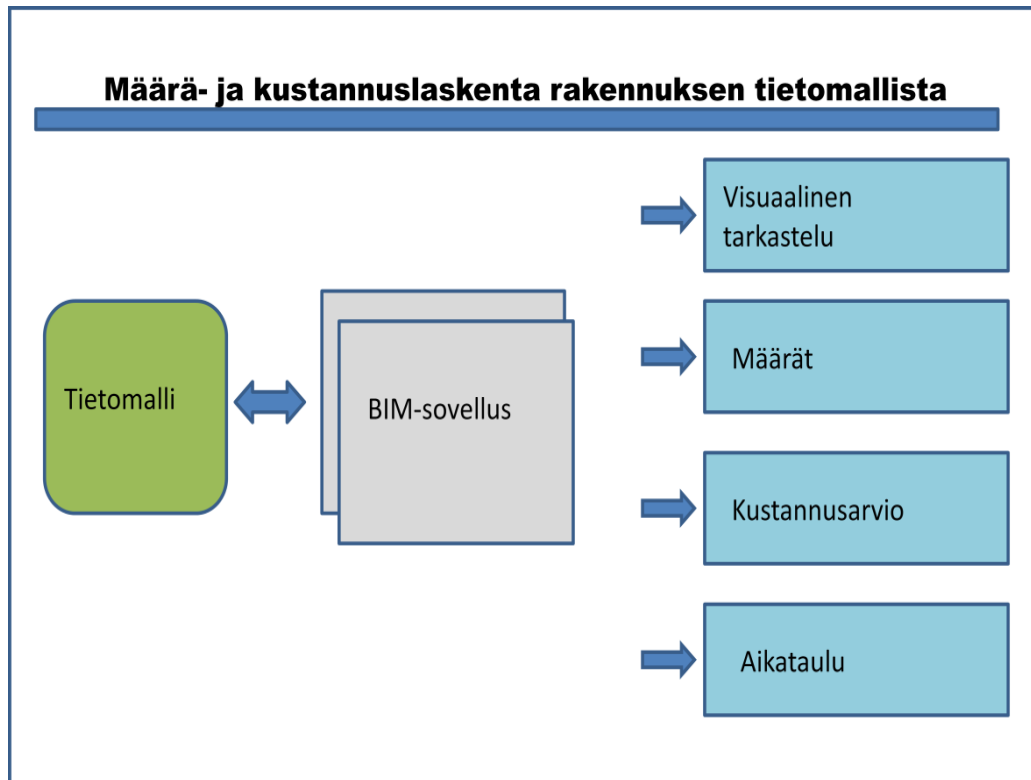
Tietomallipohjainen määrälaskenta on tehokas menetelmä, joten sen avulla voidaan tehdä laskenta useammin ja tutkia enemmän vaihtoehtoja. Suunnittelu- ja rakentamisvaiheen aikana tulevat määrämuutokset voidaan lisäksi analysoida, havainnollistaa ja raportoida luotettavasti. Siitä, miten usein laskenta tehdään ja kuinka paljon vaihtoehtoja tutkitaan, päätetään hankkeen aikana tarpeiden mukaan.

Rakennushankkeen määrälaskennan tulosten perusteella lasketaan rakentamisen kustannukset, suunnitellaan hankinnat sekä rakentamisen aikataulut. Tämä on esitetty kuvassa 2. (Vakkilainen 2009.)

Tietomallipohjaisen määrälaskennan onnistumiseen kannalta tärkeitä tekijöitä ovat:

- Rakennusosien (objektien) rakennetyyppien määrittäminen tehdään aina samalla tavalla.
- Rakennetyyppien tiedoissa ei ole puutteita.
- Rakennetyyppien tiedot merkataan malliin aina samaan paikkaan.
- Mallissa ei ole tyhjiä tai päällekkäisiä rakennusosia.
- Mallinnuksessa käytössä olleet rakennetyypit löytyvät rakennetyyppiluettelosta.

- Käytetyt mallinnusperiaatteet löytyvät tietomalliselostuksesta.
- Poikkeavat mallinnustavat löytyvät tietomalliselostuksesta.
- Rakennusosa mallinnetaan aina yhdeksi kokonaisuudeksi, mikäli se on mahdollista.



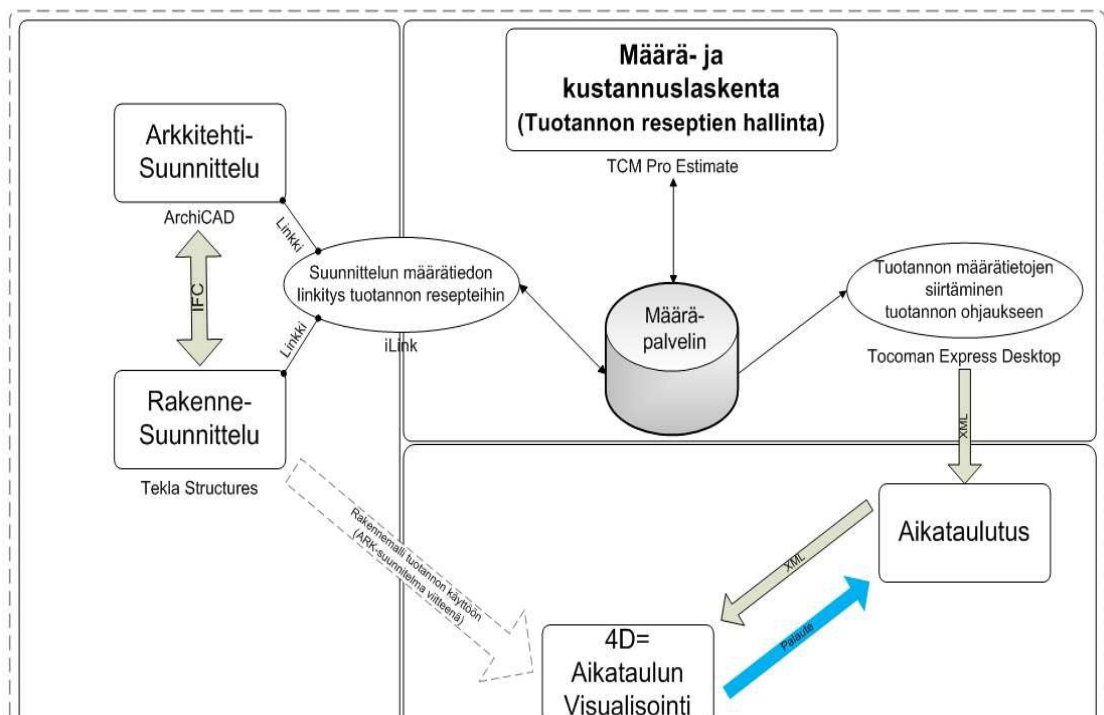
Kuva 2. Määrä- ja kustannuslaskenta rakennuksen tietomallista. (Aho 2010.)

4.1 Tuotereseptit

Kuvattaessa rakennusosa yksilöidysti suoritteina ja panoksina, on kyseessä rakennusosan tuoterakenne eli resepti. Suoritteita mitataan kappaleina (kpl), metreinä (m), neliömetreinä (m²), kuutiometreinä (m³) tai kilogrammoina (kg). Suoritteet puolestaan koostuvat panoksista, jotka sisältävät rakennustyöt hankintoihin. Panokset ilmaistaan suhdelukujen avulla, joilla kuvataan, kuinka paljon materiaalia, aikaa ja muita hankintoja kuluu suoritteiden toteuttamiseen, esimerkiksi m/m² tai h/m². (Tocoman.fi.)

4.2 Tiedonkulku

Kuvassa 3 on esitetty esimerkki eri ohjelmien välisistä suhteista ja tiedonsiirrossa käytetyistä formaateista suunnittelun määrätietojen linkittämiseksi tuoterakenteisiin. Kyseiset ohjelmat ovat Suomessa yleisesti käytössä rakennusalalla. Suunnittelun määrätiedon ja tuotannon reseptien välisessä hallinnassa on käytetty iLink-ohjelmaa, jolla voidaan määritellä tietomallin objekteille sääntöihin pohjautuvat ryhmittelyperusteet. Sääntöpohjainen ryhmittely antaa mahdollisuuden nopeaan kustannusvaikutusten tarkasteluun.



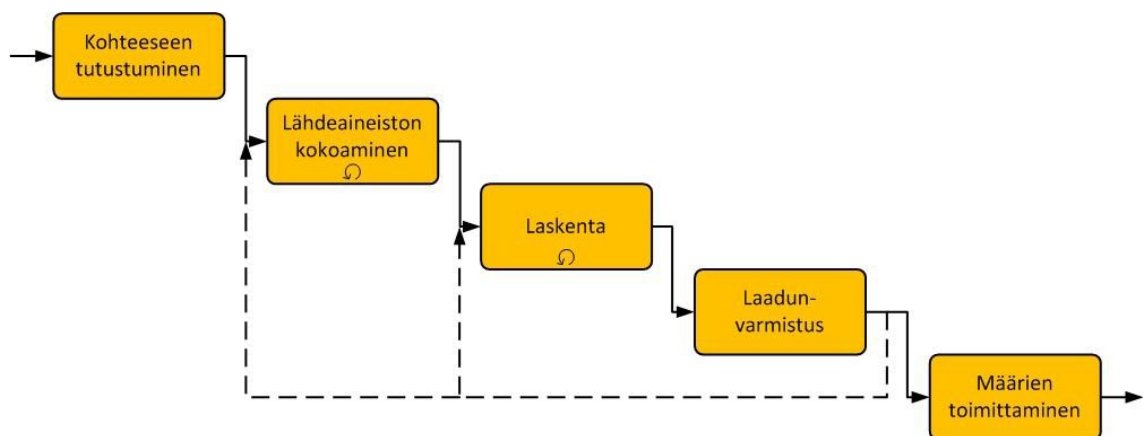
Kuva 3. Esimerkki tiedonkulusta tietomallipohjaisessa määrälaskennassa. (Teittinen 2011.)

4.3 Prosessi

Tässä luvussa kerrotaan määrälaskennan prosessi (kuva 4), joka luo edellytykset mallipohjaisen määrälaskennan onnistumiselle. Se, kuinka hyvin malleja voidaan hyödyntää laskennassa, määrittävät lopulta suunnittelijoiden tuottamat mallit, käytetyt tiedonsiirtomenetelmät, ohjelmistot, hankkeen prosessit ja kaikkien hankkeeseen osallistuvien ammattitaito.

Mallipohjainen määrälaskennan tehokkuus antaa mahdollisuuden tehdä laskenta useammin ja tutkia enemmän vaihtoehtoja. Laskenta ja vaihtoehtojen tutkiminen suoritetaan hankkeen tarpeiden mukaan. Kun lähdetään tekemään tarjouksia ja varaamaan resursseja hankkeelle, tulee määrälaskennan hyödyntämisen periaatteet ja taso oltava ainakin suunnilleen tiedossa hyvissä ajoin. Tulisi myös selvittää, kuinka määrälaskijan käyttämä ohjelmisto pystyy hyödyntämään hankkeessa tuotettuja malleja.

Suunnittelussa syntyvät rakennuksen tietomalli, rakennusselostus, tietomalliselostus ja muuta määrälaskennan kannalta olennaista materiaalia. Määrälaskentaa varten tuotettaville malleille tehdään laadunvarmistus, jossa tarkastetaan niiden edellytykset tuottaa luotettavaa määrätietoa. (YTV 2012. Osa 7.)



Kuva 4. Tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessi. (RT 10-11072)

4.3.1 Kohteeseen tutustuminen

Ennen ensimmäistä määrälaskentaa tehdään kohteeseen tutustuminen. Mallia tutkimalla kohteen laajuus ja muiden ominaispiirteiden sisäistäminen on helpompaa. Myös kohteen muuhun materiaaliin, esimerkiksi rakennusselostukseen, on hyvä tutustua. Lisäksi on järkevää keskustella suunnittelijoiden kanssa. (YTV 2012. Osa 7.)

4.3.2 Lähdeaineiston kokoaminen

Ennen laskentaa on kerättävä laskennan lähdeaineisto sekä oltava varma, että kaikista aineiston sisältämistä tiedostoista on käytössä oikea versio. Lisäksi on etsittävä vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- Kuinka monen suunnittelualan malleja laskennassa käytetään?

Jos käytetään useamman suunnittelualan malleja, on selvitettävä, mitkä määrät lasketaan kustakin mallista. Esimerkiksi, lasketaanko kantavat rakenteet rakennesuunnittelijan mallista ja ovet sekä ikkunat arkkitehdin mallista.

- Jakautuuko jokin suunnittelualan malli useampaan osamalliin?
- Käytetäänkö laskennassa suunnittelijan alkuperäistä mallia vai sen pohjalta luotua IFC-mallia?
- Löytyvätkö aineistosta kaikki tarvittavat kirjasto-osat ja ulkoiset viitteet sekä se, avautuuko malli ilman ongelmia laskijan käyttämillä ohjelmistoilla?

Esimerkiksi ulkoisten viitteiden tiedostopolut saattaa joutua päivittämään. Jos malli koostuu useasta tiedostosta, täytyy selvittää, mitkä tiedostot ovat laskennassa käytettäviä päätiedostoja ja mitkä viitetiedostoja.

- Kuinka paljon mallista voi laskea määriä, eli mitkä nimikkeet saadaan mallista ja mitkä pitää laskea muilla menetelmillä?

Suunnittelijoille määritettyjen vaatimusten edellyttämä kattavuus tarkistetaan samalla, kun malleille tehdään laadunvarmistus.

- Onko koko malli mallinnettu samalle tarkkuustasolle ja onko tarkoitus laskea määriä koko mallista vai pelkästään osasta mallia?

Mallissa voi olla esimerkiksi objekteja, joita ei oteta mukaan määrälaskentaan, esimerkiksi arkkitehdin tilojen mitoituksen tutkimiseen käyttämiä kalusteita ja varusteita. Tällaisessa tilanteessa on otettava selvää, voiko laskentaan sisällytettävät ja sen ulkopuolelle jäävät objektit tunnistaa, esimerkiksi

kuvatasoyhdistelmän avulla. Mallinnustavasta löytyy tietoa tietomalliselostuksesta, jonka mallin tekijä on tehnyt.

- Onko rakennusselostus yhdenmukainen mallissa olevien tietojen kanssa, esimerkiksi onko samoja rakennetyyppejä käytetty sekä mallissa että rakennusselostuksessa?

Rakennusselostukseen on tehtävä kaikki sovitut muutokset, koska määrälaskija ei välttämättä selvitä muutoksia suunnittelukokousten pöytäkirjoista tai muusta materiaalista.

- Mallien ja rakennusselostuksen muutokset verrattuna edellisiin laskennassa käytettyihin versioihin.

Malleissa ja muussa aineistossa olevat mahdolliset puutteet selvitetään suurelta osin laadunvarmistuksessa ja ne tulee merkitä mallin tarkastusraporttiin, johon määrälaskijan täytyy tutustua huolellisesti.

Lähdeaineiston mahdollisten sisäisten ristiriitojen selvittäminen ja niistä tiedottaminen on pääsuunnittelijan tai muun tilaajan päättämän henkilön vastuulla. Tietyt puutteet, jotka ovat laskijan tiedossa, voidaan hyväksyä ennen laskennan aloittamista. Laskija voi myös kertoa mielipiteensä siitä, onko laskenta riittävän vaivatonta suorittaa annetussa laajuudessa ja toimitetun lähdeaineiston pohjalta. Mikäli puutteita löytyy liikaa, laskenta voidaan siirtää myöhemmäksi.

Vastuu määrälaskennan lähdeaineiston versionhallinnasta projektissa on pää- ja muilla suunnittelijoilla. Määrälaskijan pitää pystyä luottamaan, että aineisto pitää sisällään oikeat versiot kaikista tiedostoista. Tämä varmistetaan niin, että jokainen suunnittelija hoitaa omien tiedostojen versioinnin ja pääsuunnittelija tai muu tilaajan valitsema vastuhenkilö laskentaan menevän tiedostopakettien kokoamisen, versioinnin ja julkaisun. Laskijan täytyy joka tapauksessa aina sanoa tilaajan edustajalle, jos luulee, että on saanut väärän version jostain tiedostosta. (YTV 2012. Osa 7.)

4.3.3 Määrälaskennan suorittaminen

Tietomallipohjainen määrälaskenta tehdään rakennusosa- tai suoritetasolla. Kun määrälaskenta tapahtuu rakennusosatasolla, rakennusosan valmistamiseksi vaadittavat suoritteet saadaan rakennusosan määrätiedon perusteella. Suoritteet koostuvat panoksista. Panoksille määritetään hinnat, joista saadaan koko rakennusosan kustannukset.

Suoritetaso laskenta perustuu puolestaan matemaattisiin kaavoihin (menekki), jotka määrälaskija määrittelee toteutuneiden tilastotietojen perusteella. Esimerkiksi paikallavalettavan teräsbetoniseinän betonointiin tarvittava betonimäärä lasketaan seinän pinta-alan perusteella. Tällä tavoin määrälaskenta ei ole niin luotettavaa, koska kaavoissa voi olla virheitä. Tehtäessä määrälaskentaa suoritetasolla, tietomallin sisältämä määrätieto kohdistetaan suoraan rakennusosan suoritteelle. Näin laskennasta tulee tarkempaa, mutta määrälaskennan vaatima työmäärä puolestaan lisääntyy. (Vakkilainen 2009.)

Ohjattu ohjelmallinen tunnistus ja laskenta

Mallin objektit pystytään tunnistamaan ja ryhmittelemään määrälaskennan näkökulmasta, ja niistä voidaan lukea ohjelman avulla määrälaskennan tarvitsema mittatieto. Tällä vaihtoehdolla voidaan hyödyntää tietomallia parhaalla mahdollisella tavalla. Määrät pystytään laskemaan nopeasti ja luotettavasti sekä havainnollistaa mallin avulla. Määräasiantuntijan ei lisäksi tarvitse muuttaa mallia, joten määrien päivittäminen mallin uuden version avulla on tehokasta. (YTV 2012. Osa 7.)

Määrien johtaminen ja ruutumittaus

Joissakin tapauksissa mallissa ei ole suoraan määrälaskennan vaatimaa tietoa, mutta tiedon pystyy johtamaan mallissa olevista objekteista. Esimerkiksi anturoiden pituus on mahdollista laskea melko tarkasti alimman kerroksen kantavien seinien pituuden perusteella. Määrät pystyy laskemaan nopeasti ja suhteellisen luotettavasti, mutta mallista voidaan luonnollisesti havainnollistaa ainoastaan ne objektit, joista määrä on johdettu. Juuri kerrotun esimerkin anturat voidaan havainnollistaa alimman kerroksen kantavien seinien

perusteella. Määrälaskijalla ei ole tarvetta tehdä malliin muutoksia, joten määrien päivittäminen mallin uudesta versiosta on tehokasta.

Joskus määrälaskentaohjelmisto ei osaa suoraan hyödyntää mallin sisältämää tietoa, mutta määrät pystytään mittaamaan mallin objekteista manuaalisesti. Tämä menetelmä on hyvin samankaltainen kuin perinteinen digitoinnin prosessi. Määrien laskenta on aikaa vievää ja epäluotettavaa eikä niitä ole mahdollista havainnollistaa mallin avulla. Kun malli on päivitetty, täytyy määrät laskea uudestaan. (YTV 2012. Osa 7.)

Mallin täydentäminen

Joissakin tilanteissa mallissa ei ole suoraan tietoa, jonka määrälaskenta vaatii, mutta määräasiantuntija pystyy mallintamaan puuttuvan tiedon hyödyntäen mallissa olevia rakennusosia. Esimerkiksi katto-objektin reunaan on seinätyökälulla mahdollista mallintaa räystäs. Määrät saadaan laskettua melko luotettavasti ja nopeasti sekä ne voidaan myös havainnollistaa mallin avulla. Määräasiantuntija tekee malliin muutoksia, joten laskijan saadessa suunnittelijalta uuden version mallista, täytyy kaikki määräasiantuntijan tekemät muutokset tehdä uudelleen tai vastaavasti kopioida mallin uuteen versioon. Esimerkiksi katon reunalle mallinnettu räystäs ei pysty automaattisesti päivittämään pituuttaan silloin, kun katon dimensiot muuttuvat, vaan pituus on päivitettävä manuaalisesti. (YTV 2012. Osa 7.)

4.3.4 Laadunvarmistus ja määrien toimittaminen

Kun määrälaskenta on tehty, laskentatulokset analysoidaan kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta. Laskentatulosten kattavuuden osalta tarkistetaan, että kaikki määrälaskennassa mukana olevat nimikkeet ovat laskettu. Laskennassa mukana olevat rakennusosat visualisoidaan malliin, jotta laskennan kattavuus voidaan arvioida. Visualisointia verrataan esimerkiksi mallin piirustuksiin.

Laskentatarkkuuden arvioimiseksi nimikekohtaisesti tarkistetaan laskennassa saadut määrät esimerkiksi tunnuslukuvertailulla mahdolliseen referenssikohteeseen. Tarvittaessa tehdään nimikkeen vertailulaskelma myös toisessa tiedostoformaattissa olevasta mallista tai piirustuksista. Laskelman

luotettavuus arvioidaan verrattuna lähtötietoihin ja käytettäviin laskentamenetelmiin sekä laskelmassa tehtyihin oletuksiin ja täydennyksiin muiden laskenta-aineistojen perusteella.

Määrälaskennan tuloksena syntyy määräluettelo, joka siirretään edelleen kustannuslaskennalle sekä muuhun käyttöön. Yleensä määräluettelo toimitetaan ihmisen tulkittavissa olevassa muodossa, mutta määrät on mahdollista tuottaa myös siten, että tietokone voi niitä tulkita, kuten proXML-tiedostona.

Kaikki laskennan tulokset liittyvät määrälaskennassa käytettyyn lähdeaineistoon, joten kaikki määräluettelot ja niistä edelleen johdetut tiedot tulisi selkeästi liittää tähän aineistoon. Muuten on mahdollista, että ne eivät enää tarjoa oikeaa tietoa suunnitelmasta. (YTV 2012. Osa 7.)

4.4 Menetelmät

Määrälaskenta voidaan tehdä usealla eri tarkkuustasolla ja suurin mahdollinen tarkkuus riippuu tietosisällöstä, joka mallista on käytettävissä. Useamman menetelmän käyttö samanaikaisesti on myös mahdollista, esimerkiksi yhdistää muuten tilapohjaiseen laskentaan julkisivun rakennusosalaskenta. On tärkeää käyttää hankkeen eri vaiheissa parhaiten soveltuvaa määrälaskennan menetelmää tai menetelmien yhdistelmää. Määrälaskennan eri menetelmät niiden tuottamien määrien tarkkuuden mukaan järjestettynä ovat esitelty seuraavassa kappaleessa. (YTV 2012. Osa 7.)

4.4.1 Laskenta suunnitteluvaiheen aikana

Tunnuslukujen laskenta

Mallista lasketaan perustunnuslukuja, esimerkiksi rakennuksen tilavuus ja julkisivun pinta-ala. Perustunnuslukujen pohjalta muodostetaan johdettuja tunnuslukuja, kuten tilavuuden ja julkisivun pinta-alan suhde. Johdettujen tunnuslukujen perusteella puolestaan tutkitaan esimerkiksi kuinka tehokas jokin suunnitteluratkaisu on. Perustunnuslukujen laskentaan tarvitaan vähintään arkkitehtisuunnittelun tilamalli tai rakennusosamalli.

Tunnuslukuja on mahdollista laskea myös rakennusosakohtaisesti esimerkiksi runkorakennejärjestelmistä. Voidaan arvioida esimerkiksi alustavia runkoelementtimääriä. Tässä tapauksessa laskennassa hyödynnetään suunnittelualakohtaisia tietomalleja. (YTV 2012. Osa 7.)

Tilapohjainen laskenta

Mallista lasketaan tilaohjelmaan kuuluvien tilojen pinta-alat tilatyypeittäin ja tarvittaessa myös tilaohjelmaan kuulumattomien tilojen pinta-alat tilatyypeittäin laajuuslaskelmana. Laajuuslaskelmaa ja tilaluetteloa voidaan verrata tilaohjelmaan, käyttää tavoitehinnan arvioinnissa ja asettamisessa sekä suunnittelijan ohjauksessa, jotta saavutettaisiin rakennuttajan asettamat tavoitteet. Tilapohjainen laskenta soveltuu myös kun arvioidaan vuokrattavien ja/tai omistettavien tilojen pinta-aloja. Tilapohjaiseen laskentaan tarvitaan vähintään arkkitehtisuunnittelun tilamalli. (YTV 2012. Osa 7.)

Alustava rakennusosalaskenta

Rakennusosien määrät saadaan laskettua mallissa olevien rakennusosien perusteella, esimerkiksi kantavat seinät. Määrät muodostavat rakennusosamääräluettelon, jota voidaan hyödyntää määrämuutosten selvittämisessä, kustannuslaskennassa sekä alustavan rakennusaikataulun ja tuotantoratkaisujen arvioinnissa.

Alustavassa rakennusosalaskennassa täytyy olla vähintään arkkitehtisuunnittelun alustava rakennusosamalli, josta määrälaskija päättelee mallissa olevien alustavien rakennusosatunnusten perusteella tarkemmat määrät sekä mitä tyyppiä eri rakennusosat ovat. Mallin objektit ovat siis rakennusosia. Seinä mallinnetaan yhtenä objektina, eikä niin, että seinän jokainen rakennekerros mallinnettaisiin erikseen. Rakennusosamallissa tyyppitiedot löytyvät tarkasti jo mallista, joten laskijan ei tarvitse tehdä niin paljon oletuksia. (YTV 2012. Osa 7.)

Tarkennettu rakennusosalaskenta

Erona alustavaan rakennusosalaskentaan tässä laskennassa on se, että rakennusosien suoritteiden määriä voidaan tarkentaa mallissa olevien

rakennusosien tiedoilla. Esimerkiksi anturan pituuden lisäksi mallista pystytään ottamaan anturan tarkat betonointimäärät suoraan anturaa esittävästä rakennusosasta, jolloin betonimäärää ei tarvitse laskea kaavan avulla perinteisellä menetelmällä. Mallin objektit ovat silti edelleen rakennusosia, esimerkiksi seinä mallinnetaan yhtenä objektina eikä seinän kaikkia rakennekerroksia erikseen. Mallille määritettävät vaatimukset ovat samat kuin alustavassa rakennusosalaskennassa. Tässä vaiheessa on käytettävissä arkkitehtisuunnittelun rakennusosamalli sekä rakennesuunnittelun yleissuunnitteluvaiheen tai hankintoja palveleva rakennemalli. (YTV 2012. Osa 7.)

4.4.2 Laskenta tarjous- ja rakentamisvaiheen aikana

Suoritelaskenta

Suoritelaskenta tehdään täydellisten tuoterakenteiden pohjalta. Mallista lasketaan hanke- tai tuotantonimikkeistön mukaan rakennusosien määrät mukaan luettuna tuoterakenteet, jotta voidaan määrittää työsuoritteet.

Esimerkiksi anturan raudoituksen määrä on mahdollista johtaa joko anturan objektin tilavuudesta (kg/m^3) tai laskea mallin raudoitusobjekteista.

Mallille asetettavat vaatimukset ovat samat kuin tarkennetussa rakennusosalaskennassa. Suoritelaskentaa käytetään yleensä hankinta- ja rakentamisvaiheen aikana tarjousten ja tilausten yhteydessä sekä tuotannon tehtävissä ja aikataulutuksessa. Suoritelaskentaan käytetään arkkitehtisuunnittelun rakennusosamallia ja rakennesuunnittelun hankintoja palvelevaa mallia sekä toteutussuunnittelun mallia. (YTV 2012. Osa 7.)

Laskenta sijainneittain

Laskettaessa määriä sijainneittain käytetään jotain kerrotuista menetelmistä ja määrät jäsenetään sijainneittain. Yleisimmin käytössä olevia sijainteja ovat osaprojekti, lohko, kerros, tilaryhmä ja tila. Sijainneittain laskemalla saatuja määriä käytetään tyypillisimmin, kun tehdään hankintoja ja rakentamisen aikataulun suunnittelua.

Mallille annettavat vaatimukset ovat samat kuin rakennusosalaskennassa. Laskennassa pitää mallintaa sijainnit ja rakennusosien liittäminen edellä mainittuihin sijaintiryhmiin voi ohjelmasta riippuen vaatia erilaisia lisätoimenpiteitä siitä huolimatta, että kaikilla mallin objekteilla onkin geometrinen sijainti mallissa. (YTV 2012. Osa 7.)

4.5 Vaatimukset tietomalleille

Mallintamisen johdonmukaisuus

Määrälaskennan onnistumisen kannalta mallin tärkein ominaisuus on johdonmukaisuus. Kaikkien rakennusosien mallinnus täytyy tehdä projektikohtaisesti sovitulla tavalla, vaatimusten mukaan sekä käytetty mallinnustapa pitää dokumentoida tietomalliselostukseen. Ongelmia tulee tilanteista, joissa suunnitteluratkaisua ei ole mallinnettu vaatimusten mukaisesti ja vielä eri tavoin saman mallin eri osissa.

Malli voi kuitenkin sisältää osia, jotka on mallinnettu eri tarkkuustasolle, esimerkiksi kokeiltaessa rakenneratkaisua aluksi vain yhdessä rakennuksen osassa tai jos mallissa on vain tyyppirakenteet mallinnettu yksityiskohtaisesti ja samaan aikaan muut rakenteet sisältävät ainoastaan rakenteen geometriatiedot. Nämä tilanteet suunnittelija kirjaa tietomalliselostukseen ja määrälaskija huomioi ne laskennassa. (YTV 2012. Osa 7.)

Mallin tarkkuus

Mallin tarkkuus määrittää sen, kuinka tarkkoja määriä mallista saadaan. Mallinnettaessa arkkitehti- ja rakennemalli samalle tarkkuustasolle koko rakennuksessa, on määramittaus helppoa, joten mallin määrätiedot voidaan arvioida yksiselitteisesti mallin tarkkuustasoon nähden.

Mallin tarkkuustason määrittelevät suunnitteluvaihe, suunnittelun eteneminen ja se, kuinka suunnitellaan, esimerkiksi lohkoittain. Tietomallin sisältö lisääntyy suunnitteluvaiheiden aikana. Määrälaskennan kannalta paras ratkaisu on, että määrät lasketaan vaiheittain siitä mallista, joka sisältää tarkimman ja kattavimman tiedon.

Jos mallinnetaan osa rakennuksesta muita osia tarkemmin tai siirretään sovitut muutokset aluksi vain osaan mallista, voidaan määrälaskennassa käsitellä mallin tarkempaa tai päivitettyä osaa ja käyttää kertoimia koko rakennuksen määrin selvittämiseksi. Esimerkiksi viisikerroksisen rakennuksen väliseinät mallinnettaisiin ensin yhteen kerrokseen ja määrät saisi laskettua käyttämällä kerrointa 5.

Lohkoittain ja eri tarkkuustasossa mallinnettaessa on tärkeää, että mallintaminen tai päivitys tapahtuu lohkorajoja noudattaen. Tämä on syytä myös kirjata tietomalliselostukseen, jotta määrälaskija voisi hyödyntää mallia oikealla tavalla. (YTV 2012. Osa 7.)

Mallinnustyökalut

Määrälaskennan onnistumisen kannalta on tärkeää, että on käytössä mallinnustyökaluja, joilla voidaan tuottaa määrälaskennan tarvitsema mittatieto. Esimerkiksi seinien mallinnukseen käytetään seinätyökalua, ja niin edelleen. Yhteensopimattoman työkalun käyttö aiheuttaa sen, ettei kyseisen osan määriä voida laskea automaattisesti. (YTV 2012. Osa 7.)

Rakennusosien tunnistaminen

Rakennusosien tunnistus pitää tapahtua yksilöidysti, jotta esimerkiksi seinien kokonaismäärät saadaan lasketuksi. Paras tieto tunnistuksessa on rakennetyyppi, mutta esimerkiksi erikorkuiset seinät voivat olla arkkitehdille samaa tyyppiä ja määrälaskijalle eri tyyppiä, koska niillä voi tuotannon näkökulmasta olla erilainen rakenne. (YTV 2012. Osa 7.)

Mittatiedot

Tietomallista saadaan rakennusosien määrätiedot sen mukaan, millainen on mallinnusperiaate. Määrälaskennassa käytössä olevia mittatietoja ovat kappalemäärä, pituusmitta (pituus, piiri, korkeus), pinta-ala (netto ja brutto), tilavuus (netto ja brutto) sekä paino (netto ja brutto). (YTV 2012. Osa 7.)

Ohjelmistot ja tiedonsiirto

Määrälaskentaan käytetty ohjelmisto ja hankkeen tiedonsiirron toteutus vaikuttavat määrälaskijan käytettävissä oleviin määrä- ja mittatietoihin sekä niiden luotettavuuteen. Määrälaskennassa on mahdollista käyttää sekä suunnitteluohjelmiston alkuperäisessä tiedostomuodossa että IFC-tiedostomuodossa olevaa tietomallia. Suositeltavaa on kuitenkin, että käytetään suunnittelijan tekemää alkuperäistä mallia, jos se vain on saatavilla.

Jos käytetään IFC-tiedostomuotoa määrälaskennassa, laskijan on oltava varma siitä, mitkä rakennusosat on luettu mukaan IFC-tiedostoon natiivitiedostosta ja kuinka laskennassa käytössä oleva ohjelmisto osaa käsitellä IFC-tiedostossa olevia rakennusosia. Tietomalliselostus on aina liitettävä mallin mukaan ja siinä on kerrottava keskeisesti mallin tietosisällön kattavuus sekä mallin käyttötarkoitus. (YTV 2012. Osa 7.)

4.6 Hyödyt ja mahdollisuudet

Yksi tärkeimmistä hyödyistä on määrä- ja kustannuslaskennasta saatavan tiedon hyödyntäminen tuotannosuunnittelussa. Tiedonkulku tietomallipohjaisessa määrä- ja kustannuslaskennassa sekä tuotannon suunnittelussa antaa mahdollisuuden samojen sääntöpohjaisten ryhmittelyjen hyödyntämiselle sekä määrälaskennassa että rakentamisen aikataulutuksessa. Tässä tapauksessa esimerkiksi runkovaiheen aikataulutettavat rakennusosat ovat niitä, joiden määrätiedon pohjalta aikataulutushjelmassa on laadittu aikataulu. Tällä tavoin on mahdollista tehostaa logistiikkaa erityisesti valmisosarakentamisessa ja siten parantaa rakennustyön tuottavuutta sekä laatua, koska rakennusmateriaaleja ei tällöin tarvitse säilyttää työmaalla liian pitkiä aikoja.

Toinen suuri hyöty on määrälaskennan läpinäkyvyys, koska jokaisella linkitetyllä määrällä on jokin virtuaalinen rakennusosa, josta määrätieto on otettu. Tarpeen vaatiessa määrän lähde on mahdollista tarkistaa ja arvioida sen oikeellisuus.

Ennen kaikkea suurissa kohteissa suunnitteluaineiston havainnollisuus helpottaa määrälaskijaa, koska hänellä on käytössä 3D-malli, jonka avulla

hänen on helppo tutustua laskettavaan kohteeseen ja löytää esimerkiksi mahdollisia riskivaroja tarvitsevia rakennusosia. (Teittinen 2011.)

Nykyään mallista voidaan laskea ainakin perustusten, rungon ja täydentävien rakenteiden sekä pintarakenteiden määrät. Hyvä tietomalli antaa mahdollisuuden siihen, että julkaistut määrät ovat todella tarkkoja. Kun malli on tarkistettu ennen tiedon hakua ja siirtoa, on virheiden määrä perinteiseen määrälaskentaan verrattuna oleellisesti pienempi. Tietomallista saadut määrät voidaan julkaista rakennuksittain, lohkoittain, kerroksittain ja niin edelleen, mikä hyödyttää edelleen työmaata ja työmaan suunnittelua. Hyödyllinen ominaisuus tietomallipohjaisella laskennalla on lisäksi se, että ohjelmistot tarvittaessa ilmoittavat, mitkä rakennusosat on jo laskettu ja mitkä eivät, esimerkiksi päivitettäessä mallia. Lisäksi kun tarkastellaan mallia visuaalisesti, nähdään välittömästi puuttuuko laskelmista joitakin määriä. (Ekman 2012.)

4.6.1 Hyödyt rakennusvaiheessa työmaalle

Mallipohjainen määrälaskenta ja valmiit raporttipohjiin perustuvat määräluettelot poistavat merkittävän määrän päällekkäistä työtä, mikä parantaa rakentamisen tuottavuutta tältä osin. (YTV 2012. Osa 7.) Määrät on usein jo laskettu ennen urakkalaskentavaihetta. Työmaalla kuitenkin usein tehdään määrälaskenta uudestaan ennen kuin tilataan materiaalit. Tietomallien käyttö auttaa siis vähentämään merkittävästi päällekkäistä työtä tältäkin kannalta. Kustannusarvion määrät voidaan tarkistaa helposti mallista ja jos mallin määrät ovat samat kuin valmiiksi lasketut määrät, voivat työmaan toimihenkilöt luottaa määriin ja tilata niiden pohjalta työmaalle tarvittavat materiaalit.

Työmaalle ei useinkaan tilata kaikkia rakennukseen tulevia materiaaleja kerralla, jotta säästettäisiin tilaa ja vähennettäisiin materiaalihukkaa. Hyvin toteutettu tietomalli antaa mahdollisuuden tarkastella eri osakohteiden määriä helposti. Tällä tavoin työmaalla saadaan vaivattomasti eri osakokonaisuuksien määrätiedot luettua suoraan mallista, jolloin ei tarvitse tehdä turhaa laskentaa. (Hovi 2010.)

4.7 Haasteet ja ongelmat

Suurimmat ongelmat laskettaessa määriä tietomallinnetusta kohteesta ovat puutteelliset ja virheelliset määrät, joita voi edelleen aiheutua, koska ohjelmien, sopimuksien ja suunnittelijoiden välisissä valmiuksissa on suuria eroja tarkalle mallintamiselle. Tästä johtuen osapuolien välinen kommunikointi ja koulutus ovat tärkeitä. Jokaista projektia ennen olisi hyvä sopia, miten tarkka mallin tulee olla ja missä vaiheessa malli täydentyy määrätiedolla. Ohjelmissa saattaa olla puutteita etenkin tiedoissa, jotka liittyvät erilaisten liitosdetaljien mallintamiseen. Tästä johtuen määrälaskijan täytyykin aina tarkastaa, että malli on oikea ja määrätiedot luotettavia. Myös palautteen antaminen suunnittelijoille virheistä ja mallinnustavoista on tärkeää, jotta seuraavassa kohteessa ei syntyisi samoja virheitä.

Koska mallinnusohjelmia on monenlaisia, ei lähes koskaan ole niin, että kaikilla osapuolilla olisi sama ohjelma. Onneksi tämän takia tiedonsiirto eri ohjelmien välillä on mahdollista. Tiedonsiirto onkin yksi suurimmista haasteista mallinnuksen onnistumiselle rakennusprojekteissa. Tiedonsiirto on siis ongelma myös määrälaskennan kannalta, koska määrätietoa saattaa hävitä kun siirretään tietoa eri ohjelmien välillä. Tietomallien tehokkaan käytön edellytyksenä tuotannonohjauksessa on eri ohjelmistoalojen yhteensovittaminen. Eri ohjelmien välisen tiedon automaattinen päivitettävyyden vaatii edelleen kehitystä. Ongelmia aiheuttaa edelleen myös eri toimijoiden suhtautuminen muutokseen siirryttäessä tietomallien käyttöön määrälaskennassa. (Penttilä, Nissinen & Niemenoja 2006.)

Tietomallien hyödyntämisestä määrä- ja kustannuslaskennassa olennainen asia on vastuukysymys eli kuka vastaa onko tietomallissa oleva tieto oikeaa. Etenkin perinteisten paperidokumenttien luopumisen alkuvaiheessa asia voi aiheuttaa paljon työtä. Toisaalta suunnitelmien tilaajan edellyttäessä, että tietomalleja käytetään, menestyvät ne, joilla on paras osaaminen tietomallien käytöstä. (Teittinen 2011.)

Laskenta monen suunnittelualan malleista

Arkkitehti- ja rakennesuunnittelualojen malleissa on päällekkäisyyttä, vaikka ne olisivat oikein toteutettu. Arkkitehdin mallissa voi esimerkiksi olla samoja kantavia rakenteita kuin rakennesuunnittelijan mallissa. Jos käytetään usean suunnittelualan malleja määrälaskennan lähtötietona, täytyy päällekkäisyydet tiedostaa ja päättää, mistä mallista määrälaskenta tehdään. Yleensä rakennesuunnittelijan mallissa on tarkempaa tietoa objekteista kuin arkkitehdin mallissa, jossa objektit on kuvattu melkein aina tilavarauksina. (YTV 2012. Osa 7.)

Tilojen pinnat

Nykyisissä arkkitehtisuunnitteluohjelmistoissa on yleensä puutteelliset työkalut tilojen pintojen mallintamista varten. Tilojen pintoja ei suurimmaksi osaksi mallineta erikseen, vaan ne lasketaan tilaobjektin pinnoista. Suunnittelun alkuvaiheessa voidaan tällä tavalla saada riittävä tarkkuus, mutta kun suunnittelu tarkentuu, voivat etenkin osapinnat tuottaa ongelmia. Suunnitteluohjelmistoissa on lisäksi suuria eroja tilaa rajaavien rakennusosien tunnistuksessa. Esimerkiksi kun kaksi tilaa liittyy suoraan toisiinsa (ei seinää välissä), jotkin ohjelmistot tuottavat tilapinnan myös tilojen välille. Tilojen lattiapinnat voivat myös olla hankalia laskea, jos ohjelmisto tuottaa tilan huonetilaohjelman mukaisen pinta-alan, tilan todellisen pinta-alan sijasta. (YTV 2012. Osa 7.)

Katot

Suunnitteluohjelmistoissa on työkaluja, joilla pystytään mallintamaan monimuotoisia kattoja yhtenä kokonaisuutena. Suunnittelun kannalta on siis loistavat mahdollisuudet kattomuotojen mallintamiselle. Määrälaskennan näkökulmasta asia on kuitenkin hankala, koska katto-objektista ei saada oikeastaan yhtään niitä mittatietoja, joita määrälaskennassa tarvitaan. Tilannetta voidaan hieman parantaa, kun eritellään katto erillisiksi kattolaatoiksi, mutta tämäkään ei muuta tilannetta niin, että esimerkiksi räystäiden määrien laskenta onnistuisi automaattisesti. (YTV 2012. Osa 7.)

Portaat

Laskettaessa portaita kappalemääränä ovat nykyiset mallit riittäviä. Ongelmia tulee, kun lasketaan portaiden komponentteja, muun muassa kaiteita, tasanteita ja askelmia. Siksi on tärkeää, että varmistetaan komponenttien siirtyminen laskentaan. (YTV 2012. Osa 7.)

Verhoseinät

Suunnitteluohjelmistot sisältävät työkaluja, joilla verhoseiniä (kevyt, ei-kantava ulkoseinä) on mahdollista mallintaa yhtenä kokonaisuutena. Verhoseinän komponenttien laskeminen määrälaskennan vaatimalla tavalla saattaa kuitenkin olla mahdotonta, koska mallinnusohjelmistot toimivat lähinnä geometrian kannalta, eivätkä tietosisällön. Verhoseinän mallintaminen seinä-, ikkuna- ja ovityökaluilla on määrälaskennan näkökulmasta järkevämpi vaihtoehto mutta suunnittelijalle reilusti vaikeampaa. (YTV 2012. Osa 7.)

Parametriset malliosat

Monilla suunnitteluohjelmistoilla voi kehittää omia objekteja, joille ohjelmisto ei määrittele tai rajoita laajuutta ja sisältöä. Nämä objektit ovat parametrisiä eli ne sisältävät numeerisesti määriteltäviä ominaisuuksia, joiden avulla samasta objektista saadaan monta erilaista instanssia. Esimerkiksi pöytää esittävässä objektissa voi olla säädöt pöydän pituudelle ja pöydänjalkojen lukumäärälle. Tällöin sama objekti voidaan säätää esittämään 120 cm pitkää pöytää neljällä jalalla tai 200 cm pitkää pöytää kuudella jalalla. Parametriset malliosat voivat esittää myös suuria kokonaisuuksia, kuten kylpyhuoneita tai jopa kokonaisia rakennuksia. Malliosien kehittäminen on suunnittelijoille tuotekehitystä, jonka avulla rakennuksen geometrian ja piirustusten tuottamista ja muutosten hallintaa on mahdollista tehostaa huomattavasti.

Määrälaskennan kannalta parametriset malliosat ovat kuitenkin ongelmia tuottavia usealla tavalla. Yksinkertaistenkin objektien tyyppin tunnistaminen on vaikeaa, koska objektin nimi ei ilmaise sen tarkkaa sisältöä, esimerkiksi pöydän dimensioita tai muita ominaisuuksia. Tarkemmat ominaisuudet löytyvät osan instanssikohtaisista ominaisuuksista.

Määrälaskennan kannalta jokainen parametrinen osa täytyy tutkia erikseen. Kun parametrinen osa on tunnistettu, voidaan laskea osien kappalemääriä. Usein kappalemäärä ei kuitenkaan ole riittävä, vaan määrätietona on käytettävä esimerkiksi pinta-alaa. Parametriset malliosat voidaan rakentaa niin, että ne raportoivat muun muassa pituuksia, pinta-aloja, tilavuuksia ja painoja. Näiden tietojen luotettavuus riippuu täysin malliosan tekijästä. Jokaisen määrälaskennassa hyödynnetyn mittatiedon luotettavuus on siis tutkittava erikseen.

Määrälaskennan kannalta pahimpia tapauksia ovat suuria kokonaisuuksia esittävät parametriset malliosat. Esimerkiksi parveketornia esittävästä malliosasta saattaa olla jo mahdotonta laskea parvekkeiden osien määriä. Tällöin vaihtoehdoksi jää joko laskea malliosan esittämä kokonaisuus käsin tai tehdä kokonaisuutta vastaava tuoterakenne. (YTV 2012. Osa 7.)

Mallien erikoistapaukset

Rakennusten erikoiset muodot tai ratkaisut ovat monesti määrä- ja kustannuslaskennan kannalta merkittäviä asioita. Tällaisia ovat esimerkiksi kaarevat, kaltevat sekä erikoisia aukkoja, geometrisia lisäyksiä ja poistoja sisältävät rakennusosat. Suunnitteluohjelmistoilla on usein hankaluuksia tuottaa näissä tapauksissa luotettavia määriä, mutta toisaalta tällaisiin erikoistapauksiin tulisi muutenkin kiinnittää määrälaskennassa erityistä huomiota. Vaikka materiaalien menekki voitaisiinkin laskea mallista, on lisäksi osattava valita tilanteeseen sopiva tuotantomenetelmä. (YTV 2012. Osa 7.)

Nykyään määrien laskennassa esiintyy yhä päällekkäisyyttä, mikä aiheuttaa turhia kustannuksia. Rakennuttaja voi esimerkiksi laskea määrät itselleen, urakoitsijat laskevat määrät kustannuslaskentaa varten ja tuotantovaiheessa määrät lasketaan aikataulutukseen sekä hankinnan lähtötiedoiksi. Paras tapa olisi, että rakennuttaja antaisi luotettavan määrätiedon, jota käytettäisiin tulevissa vaiheissa. Koko projektin määrätietoa ei ole mahdollista saada vielä laskentavaiheessa, koska suunnitelmat muuttuvat ja tarkentuvat projektin aikana. Täydentävät ja muuttuvat tiedot tulisi kuitenkin aina saada suoraan suunnittelijalta. (Penttilä, Nissinen & Niemenoja 2006.)

4.8 Laskennan laajuus ja tarkkuus

Mallinnettaessa koko rakennus samalle tarkkuustasolle voidaan koko rakennuksen määrät laskea samalla menetelmällä. Tässäkin tapauksessa on kuitenkin mahdollista laskea rakennuksen eri osat eri menetelmillä, esimerkiksi julkisivut rakennusosapohjaisesti ja muut määrät tilapohjaisesti.

Joissakin tapauksissa on järkevintä mallintaa osa rakennuksesta muita osia tarkemmin tai viedä sovitut muutokset ensin vain osaan mallista, jolloin määrälaskennassa pystytään käsittelemään mallin tarkempaa tai päivitettyä osaa ja käyttää kertoimia, joilla selvitetään koko rakennuksen määrät. Esimerkiksi viisikerroksisessa rakennuksessa väliseinien mallinnuksen voisi tehdä aluksi vain yhteen kerrokseen ja käyttää kerrointa 5 väliseinien määrän laskennassa. Samasta mallista olisi kuitenkin mahdollista laskea rungon määrät normaalisti ilman kertoimia.

Käytettäessä edeltävää toimintatapaa hankkeessa on erityisen tärkeää, että tarkempi mallintaminen tai päivitys tehdään alueelle, joka on tarkkaan sovittu ja rajattu. Asia täytyy myös merkitä selkeästi ylös tietomalliselostukseen, jotta määräasiantuntija voi hyödyntää mallia oikealla tavalla.

Samasta mallista voidaan tehdä myös useita vaihtoehtoisia määrälaskelmia. Mallista voitaisiin esimerkiksi tutkia eri julkisivuratkaisujen (elementti, paikalla muurattu, jne.) kustannusvaikutuksia. Tämä tehdään yhdistämällä julkisivusta lasketut määrät erilaisiin tuoterakenteisiin. Jos näin tehdään, on huomioitava mahdolliset kerrannaisvaikutukset, esimerkiksi miten julkisivumateriaali vaikuttaa perustusten mitoitukseen. Vaihtoehtoisten laskelmien tulokset sekä laskennassa käytetyt oletukset täytyy kirjata ylös ja liittää tiedostopakettiin, jota on käytetty laskennan lähdeaineistona. (YTV 2012. Osa 7.)

Määrälaskennalla saatua määrätietoa tarvitaan projektin eri vaiheissa. Rakennuttajan pitää saada määrätietoa, jotta voidaan arvioida kustannuksia. Urakoitsija puolestaan tarvitsee määrätietoa sekä kustannuslaskennan pohjana, että rakennusaikana muun muassa aikataulujen ja hankintojen tekemiseen.

Mitta- ja määrätiedon tuottamiseen vaadittava mallintarkkuus voi olla erilainen kuin mitä visuaalinen esittämistapa vaatii. Jos määrätietona halutaan vaikka

seinän määrä, se saadaan tarpeeksi tarkkana jo hankkeen alussa alustavasta rakennusosamallista. Myöhemmin on mahdollista tarkentaa tietoja seinän rakennetyypillä. Sen avulla on mahdollista saada seinän määrätiedot ja muut rakentamiskustannuksiin vaikuttavat tekijät erittäin tarkasti. Useat rakennusliikkeet ovatkin ottaneet käyttöön omia rakennetyyppikirjastoja omiin kohteisiin. (Penttilä, Nissinen & Niemenoja 2006.)

4.9 Vertailu perinteiseen määrälaskentaan

Perinteisessä dokumenttien avulla tehtävässä rakennushankkeen suunnittelussa suunnittelutieto on jakautunut useaan eri dokumenttiin. Hajallaan olevan suunnittelutiedon hyödyksi käyttäminen on haasteellista määrä- ja kustannuslaskennassa. Perinteisellä tavalla määrälaskenta tehdään mittaamalla määrät paperidokumenteista tai sähköisistä suunnitteludokumenteista, joten laskennan tarkkuus riippuu määrälaskijan työsuorituksen tarkkuudesta. Määräluettelon tuottaminen kestää helposti päiviä tai jopa viikkoja ja on siksi altis inhimillisille virheille.

Dokumentteihin perustuvassa määrälaskennassa tehdään paljon työtä ilman tietokonetta, mikä estää eri suunnitteluvaihtoehtojen kustannusvaikutusten tehokasta vertailua. Lisäksi mahdollisia laskentavirheitä on vaikeaa todeta, koska vain määrälaskija itse tietää mitä yksinkertaistuksia ja oletuksia on tehnyt.

Suurin ongelma dokumenttipohjaisessa määrälaskennassa on suunnittelutiedon hajanaisuus. Määrälaskijan pitää tutustua erittäin tarkasti kohteeseen, mikä on työlästä ainoastaan tasopiirustusten avulla. (Teittinen 2011.)

Asiat, joita mallinnetaan, eroavat oleellisesti tietomallien ja perinteisten CAD-suunnitteluohjelmien välillä. Tietokoneella luotu piirustus on tietomalli, joka pitää sisällään viivojen, neliöiden ja ympyröiden ominaisuuksia. Geometriaa on mahdollista mallintaa myös perinteisillä CAD-ohjelmilla. Tällöin tietomallissa on tiedot esimerkiksi mallinnettujen kuutioiden tilavuuksista ja pinnoista. Ainoastaan geometrian mallintaminen ei tuo juurikaan lisäarvoa rakentamisen näkökulmasta. Rakennuksen tietomallissa on tietoja eri rakenneosista kuten pilareista, palkeista ja laatoista. (Hietanen 2005.)

Perinteisellä tavalla laskettuna yhdeltä laskijalta kuluu yhden rakennuskohteen määrä- ja kustannuslaskentaan aikaa noin 5–6 viikkoa. Käytettävää aikaa on mahdollista pienentää huomattavasti tietomallin avulla. Tietomallipohjaisella määrälaskennalla aika on vähintään puolet vähemmän, mikäli malli on laskentaan valmiiksi sopiva. Lisäksi vaaditaan, että määrälaskija on ammattitaitoinen, tarkka, huolellinen ja osaa käyttää sujuvasti tietomalliohjelmia. Laskijan on muun muassa osattava valita oikeat työkalut kunkin kohteen määrien laskentaan.

Tällä hetkellä puutteita on tietomalleissa, suunnittelun ohjauksessa ja tietomallityökalujen käyttötaidossa, joten näissä tapauksissa laskentaan täytyy varata aikaa vähintään saman verran kuin perinteisellä menetelmällä laskettuna. Tietomallin hyödyntäminen saattaa hidastaa määrälaskentaa jopa 20 %. (Ekman 2012.)

5 Ohjelmistot

Seuraavassa on kerrottu lyhyesti yleisesti käytössä olevista ohjelmistoista. Ohjelmistot luokitellaan tietomallin sisältöä tuottaviin tietomallinnusohjelmiin sekä tietomallin tietosisältöä hyödyntäviin määrä- ja kustannuslaskentaohjelmiin.

5.1 Tietomallinnusohjelmat

Tänä päivänä on monia erilaisia mallinnustyökaluja, joilla voidaan hoitaa kaikki tarpeet sekä suunnittelun että tuotannon puolella. Rakennusliikkeet käyttävät usein omia työkaluja mallintamiseen ja mallin hyödyntämiseen, mutta eri mallinnusohjelmille löytyy yleensä yhteensopivia määrä- ja kustannuslaskentaohjelmia. Esimerkkinä mainittakoon Tocoman Easy BIM -laajennussovellus, joka on suunniteltu ArchiCad-, Revit- ja Tekla-suunnitteluohjelmille. Parhaiten soveltuvan mallinnustyökalun valintaan vaikuttaa eniten se, mikä toimi- ja suunnittelualue on kyseessä. (Ekman 2012.)

ArchiCad

ArchiCad on pääsääntöisesti arkkitehdeille ja rakennussuunnittelijoille suunnattu rakennussuunnitteluohjelmisto. Suunnittelemisen ohjelmistolla perustuu rakennusosien ja objektien käyttöön. Ohjelmistolla pystytään tuottamaan tietomallista erilaisia näkymiä, esimerkiksi leikkaus- ja 3D-näkymiä. Kun eri näkymissä tehdään muutoksia, päivittyvät ne automaattisesti muihin näkymiin. Tämän ansiosta ArchiCad on erittäin kilpailukykyinen verrattuna toisiin ohjelmiin. Ohjelmisto tukee IFC -tiedonsiirtoformaattia. (Eastman ym. 2007.)

Rakennusmallin avulla voidaan muun muassa laatia työmaasuunnitelmia ja määräluetteloita. Määrä- ja kustannuslaskennassa ohjelmaa käytetään kaikista tietomalliohjelmista eniten, ennen kaikkea sen helppokäyttöisyyden vuoksi.

ArchiCad-ohjelmaan on tehty paljon tavaratoimittajien objekteja, kuten ikkunoita, ovia, portaita ja kalusteita. Moni suunnittelija käyttää suunnittelussaan ArchiCadia, joten onkin luontevaa, että määrä- ja kustannuslaskenta tehdään samalla ohjelmalla. Tämä auttaa saamaan käänkövirheet mahdollisimman vähäisiksi. Myös ohjelman suomenkielisyys ja Suomessa sijaitseva tukikeskus on ollut merkittävä syy siihen, miksi ArchiCad-ohjelmaan on päädytty (Ekman 2012.)

Autodesk Revit Architecture

Revit Architecture on kehitetty arkkitehdeille ennen kaikkea tietomallipohjaista suunnittelua varten. Suunnittelu näillä ohjelmilla perustuu parametrisiin komponentteihin. Ohjelmisto tukee myös IFC -tiedonsiirtoformaattia. Ohjelma mahdollistaa yksityiskohtaisten suunnitelmien visuaalisen toteutuksen, analysoinnin ja ylläpidon. Tietomallin tietosisältöä pystytään hyödyntämään esimerkiksi tarkkojen detaljikuvien tai luetteloiden tuottamiseen. (Autodesk 2013.)

Autodesk Revit Structure

Autodesk Revit Structure on rakennesuunnitteluun luotu tietomallinnusohjelmisto, jolla voidaan tehdä rakennuksen rakenteiden suunnittelu ja ana-

lysointi. Ohjelmalla voidaan luoda tarkkoja rakenneleikkauskuvia ja yhteiskäyttö Revit Architecture -ohjelmiston kanssa onnistuu. Tällöin ristiriidat eri suunnittelualojen suunnitelmien välillä saadaan minimoitua. (Autodesk 2013.)

Tekla Structures

Tekla Structures on tietomallipohjaiseen rakennesuunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelmistoon kuuluvat teräs- ja betonirakennesuunnitteluun kuuluvat osiot. Ohjelmistolla voidaan tehdä rakennesuunnittelua, johon kuuluvat muun muassa liitosten suunnittelu sekä konepaja- ja elementtisuunnittelu. Myös työmaaohjaus ja rakentamisen hallinta (aikataulut ja hankinnat) sekä visuaalinen tarkastelu kuuluvat ohjelman ominaisuuksiin. Ohjelmistolla voidaan vertailla suunniteltuja sekä toteutuneita aikatauluja keskenään ja esimerkiksi laatia asiakirja suunnitelluista ja toteutuneista töistä. Teklalla suunnittelu perustuu parametriseen mallintamiseen. Ohjelmistolla pystytään tuottamaan yksityiskohtaisia piirustuksia ja raportteja eri vaiheissa suunnittelua. Tehdyt suunnitelmamuutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin mallin osiin. (Tekla Finland 2014.)

Tekla Structures on käytössä pääasiassa työmaalla muun muassa visuaaliseen tarkasteluun, aikataulutukseen ja hankintoihin. Määrälaskennassa rakennemalleja hyödynnetään tällä hetkellä vain vähän, koska laskentavaiheessa ne eivät ole vielä riittävän valmiita. (Ekman 2012.)

Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on tietomallien tarkasteluun suunniteltu tietomallisovellus, joka on ilmainen ja näin helposti kaikkien käytettävissä. Ohjelmalla voidaan katsella samanaikaisesti rakennushankkeen eri suunnittelualojen tietomalleja ja tarkastella mallien välisiä ristiriitoja sekä tehdä törmäystarkasteluja. Myös tietomallien yhdistäminen ja jakaminen onnistuu. (Tekla Finland 2014.)

5.2 Määrien laskentaan soveltuvat ohjelmat

Määrätietoa saadaan joko suoraan mallinnusohjelmista tai siirtämällä malli mallintarkastusohjelmaan. Jotta päästäisiin tarkkaan määrälaskentatulokseen,

täytyy kaikki mallit olla käytössä ja tarkastella niiden keskinäistä yhteneväisyyttä. Useissa kohteissa ei ole mahdollista käyttää kuin arkkitehtimallia, kun laskentaa tehdään. Tavallisessa kerrostalossa saadaan kuitenkin määrät laskettua riittävän tarkasti, kun käytetään sovittuja rakennetyyppejä ja kokenutta määrälaskijaa.

Määrälaskennassa soveltuvimmat ja helppokäyttöisimmät ohjelmat ovat arkkitehtipuolella ArchiCad ja Revit. Solibri-ohjelmaa voidaan käyttää mallin yleisen tarkastelun, rakenteiden törmäystarkastelujen ja mallin kommentoinnin lisäksi myös määrälaskennassa mallin laadun varmistamiseen. Määrälaskennan laatu ja tehokkuus ovat kiinni suurelta osin ohjelmiston ominaisuuksista. Tämä tulee eniten esille päivitettäessä mallia, tai jos määriä ja kustannuksia täytyy muuttaa.

Tocoman TCM Pro

Tocoman TCM Pro on rakennusalan tuoterakennepohjaiseen määrä- ja kustannushallintaan luotu ohjelmisto. Se toimii tehokkaasti määrien ja kustannusten hallinnoinnissa rakennushankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheissa. Ohjelma voidaan laajentaa tietomallipohjaiseen määrälaskentaan sekä laskentatietojen reaaliaikaiseen siirtoon muihin ohjelmistoihin, esimerkiksi aikataulutukseen, hankintaan ja kustannusvalvontaan. Ohjelma tukee luonnosvaiheen rakennusosalaskentaa, tilakohtaista määrätiedon hallintaa ja määrä- ja kustannuslaskentaa yksinkertaisesti muokattavilla tuoterakenteilla. (Tocoman 2010.)

Tocoman iLink

Tocoman iLink on tietomallinnusohjelmistojen laajennussovellus, jonka avulla voidaan tuottaa määrätietoa tietomalleista. iLink:llä on mahdollista analysoida ArchiCAD-, Revit- ja Tekla Structures tietomallien sisältö, kytkeä tietomallit TCM Pro -kustannuslaskelmaan ja luoda Excel-raportteja. Tiedonsiirto iLink-sovelluksesta TCM Pro -ohjelmistoon tehdään suoraan Tocoman Express -palvelimen kautta.

Tocoman iLink -ohjelmisto pienentää määrälaskentatyötä huomattavasti. iLink pystyy tunnistamaan automaattisesti suunnittelijan kolmiulotteisesta tietomallista erilliset objektit ja niiden mitat. Saatua tulosta on mahdollista käyttää myös objektien visualisointiin ja ryhmittelyyn. Tietomallista saatu tieto yhdistetään rakennushankkeessa käytettäviin tuoterakenteisiin. Kaikki tieto tallennetaan palvelimelle ja sille pääsevät sisään rakennushankkeen eri osapuolet. Siten he voivat käyttää ja jakaa tietoa samanaikaisesti. Tiedoista muodostetaan määräluettelo, joka voidaan joko hakea palvelimelta tai tulostaa tiedostoon. Tiedosto on muodossa, jota pystytään käyttämään monissa määrätietoa vaativissa ohjelmistoissa. Määräpalvelimen käytöllä määrä- ja kustannuslaskentaprosessi nopeutuu ja manuaalisesta tiedon käsittelystä ja siirrosta aiheutuvat virheet vähenevät. (Tocoman 2010.)

Tocoman on vähitellen korvaamassa iLink-sovelluksen Tocoman Easy BIM:llä.

Tocoman Easy BIM

Tocoman Easy BIM on itsenäinen sovellus, joka on luotu lähinnä talonrakentamisen tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Easy BIM pohjautuu IFC-tiedonsiirtostandardiin ja se laskee tarvittavat määrät rakennuksen geometriasta ja kirjoittaa tiedot TCM Pro -ohjelmistolla hinnoiteltaviksi. Määrätiedot voidaan kirjoittaa myös Excel-tiedostoon.

Ohjelman avulla määrä- ja kustannuslaskenta on loogisempaa ja nopeampaa. Määrät voidaan eritellä sijainneittain, joten määriä ei tarvitse laskea moneen kertaan hankkeen aikana. Analysointi, ryhmittely, määrälaskenta jne., tehdään vain yhdellä ohjelmalla eikä ylimääräisiä tiedonsiirtoja tarvitse tehdä tietomalliohjelmasta kustannuslaskentaohjelmaan, niin kuin iLink -sovelluksella. (Tocoman 2010.)

Vico Office

Vico Office on niin sanottu 5D-suunnitteluohjelma. Siihen pystytään julkaisemaan arkkitehtimalli ja saamaan määrien lisäksi myös aikataulut. 5D-suunnittelussa määrätieto on neljäs ja aikataulu mallin viides ulottuvuus. Vico

Office-ohjelmistossa ovat samat ominaisuudet kuin esimerkiksi iLink-tiedonsiirtosovelluksessa tai EasyBIM-sovelluksessa. Määrät pystytään julkaisemaan eri kriteerein, esimerkiksi lohkoittain, kerroksittain tai muulla haluamallaan tavalla. Tämä ominaisuus luo paljon hyötyä työmaalle, sillä työmaa on usein kiinnostunut kokonaismäärän sijaan sijaintimääritetyistä määristä aikataulutuksen ja hankintojen takia. (Terävä 2012.)

6 Yhteenveto

Tietomallipohjainen suunnittelu ja määrälaskenta lisääntyy ja yleistyy edelleen tulevaisuudessa, nopeuttaen ja helpottaen niin rakennuttajien kuin urakoitsijoidenkin työtä rakennushankkeessa. Tietomallista saatavan määrätiedon laatu tulee paranemaan, koska tulevaisuudessa yhä useammassa rakennusliikkeessä mallintaminen on tullut tutummaksi. Tietomallintamisen kehitys ei ole kuitenkaan tapahtunut yhtä aikaa käytön yleistymisen kanssa. Monissa yrityksissä tietomallin käyttöä vältellään ja suunnittelu sekä laskenta tehdään vanhoilla tavoilla.

Rakennushankkeen kannalta paras lopputulos saavutetaan johdon, laskennan ja suunnittelun keskinäisellä työllä. Tulevaisuuden haasteena on, että määrälaskijat antavat suunnittelijalle kehitysehdotuksia malleista. Pelkkä tietomalli ilman ohjeistusta ei ole tarpeeksi, vaan mallien puutteet ja virheet on välitettävä suunnittelulle. Määrälaskenta on mahdollista sekä viisasta tehdä tulevaisuudessa kokonaan tietomallin avulla. Korjausrakentamisen puolella tietomallista saadaan hyötyjä yhtä paljon kuin uusien rakennusten kohdalla, mutta sen käyttö on ainakin nykyään kannattamatonta taloudellisesti.

Tietomallipohjaista määrälaskentaa kannattaa käyttää silloin, kun mallista saadaan kustannuksiltaan kalleimpien rakennusosien määrät. Esimerkiksi geometrisesti erikoiset tai vähäkustanteiset osat saattavat joskus olla parempi laskea muulla tavalla kuin tietomallipohjaisesti. Geometrialtaan poikkeavista osista oikean määrätiedon saaminen voi olla tietomallista laskettuna mahdotonta.

Mallinnuksessa on tärkeää, että dokumentoidaan kaikki yhteisesti sovitut asiat. Lisäksi suunnittelijoiden olisi hyvä ottaa selville mallin tarkkuustaso ja käyttämänsä mallinnusperiaatteet. Nämä asiat merkataan tietomalliselosteeseen. Määrälaskennan sujumisen kannalta mallin pitää olla johdonmukainen, rakennusosien on oltava mallinnettu omilla työkaluillaan, rakennusosia ei saa puuttua, eikä mallissa saa olla monta samanlaista rakennusosaa päällekkäin.

Jotta tietomallipohjainen määrälaskenta olisi mahdollisimman tehokasta, tietomallin rakennusosien ryhmittely tulisi tehdä vain rakennusosien rakennetyyppien perusteella. Tämän tekee mahdolliseksi se, että jokaiselle rakennusosalle on määritely oma rakennetyyppi ja ryhmittelyn kannalta tärkeät tiedot näkyvät rakennetyypistä tai tietomallin mukana olevasta rakennetyyppiluettelosta.

Tietomallien/tietomallipohjaisen määrälaskennan käyttöönotto yrityksessä

Tietomallinnuksen yritykselle asettamat vaatimukset voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: teknologiaan, prosesseihin ja yhteisiin sopimuksiin liittyviin vaatimuksiin. Prosessivaatimukset kohdistuvat suoraan myös tuotantovaiheeseen. Ne on mahdollista jakaa esimerkiksi tuotantoprosessin mukaan neljään pääluokkaan, joita ovat infrastruktuuri, henkilöstöresurssit, johtamisjärjestelmä sekä tuotteet ja palvelut.

Tuotantoprosessin alkutekijöitä ovat yrityksen infrastruktuuri ja henkilöstöresurssit. Infrastruktuuri merkitsee yrityksen sisäistä, fyysistä toimintaympäristöä, johon kuuluvat materiaalit, laitteet, koneet sekä tietojärjestelmät. Yrityksen luo alkutekijöistä johtamisjärjestelmän avulla tuotteita ja palveluita.

Tietomallipohjaisen hankkeen kaikki perusprosessit sisältävä käyttöönotto vaatii johtamisjärjestelmältä päätöksentekojärjestelmän, organisaation prosessien sekä kommunikointitapojen muuttumista. Uudet työtavat ja -menetelmät voivat tehdä muutoksia esimerkiksi yrityksen sisäisen toiminnan tehtäväjaotteluun. Muutosten onnistumisessa avainasemassa ovat riittävä

kommunikointi ja viestintä. Vaikutukset yrityksen fyysiseen infrastruktuuriin ovat myös suuret. Henkilöstön lisäksi myös koneiden, laitteiston ja tietojärjestelmien on pystyttävä käyttämään sujuvasti yhteistä tietomallia tarvittaessa projektin kaikissa vaiheissa. Paljon kehityspotentiaalia tässä asiassa on koneohjausjärjestelmissä, ohjelmistoissa sekä tiedonsiirtotavoissa.

Henkilöstöressurssien laatu ja riittävyys kuuluvat hankalampiin vaatimustasoihin tietomallien käytössä. Tästä syntyy myös uhka käyttöönoton onnistumiselle. Ennenkaikkea tietoteknisten taitojen kannalta henkilöstöltä vaaditaan merkittävästi aikaisempaa enemmän. Tärkeänä edellytyksenä on nopea sopeutumiskyky uusiin ohjelmistoihin ja järjestelmiin sekä toimintaan niiden välillä. Lisäksi henkinen joustamis- ja sopeutumiskyky tulee tärkeämmäksi prosessien muuttuessa entistä nopeammin. Ongelmatilanteissa myös yrityksen tekniseltä tuelta vaaditaan aikaisempaa enemmän. Muutoksen alussa tietotekniset ongelmat voivatkin entisestään lisätä tietomallien käyttöönotosta aiheutuvaa tuottavuuden tilapäistä heikkenemistä.

Tuotteiden ja palveluiden sopeutumistarve on ainoa vaatimus, joka on opittava enimmäkseen yrityksen ulkopuolisista vaikutteista. Muut muutostekijät ovat pääosin yrityksen itse käsiteltävissä. Tulevaisuudessa tuotteet ja palvelut dokumentoidaan ja joiltain osin jopa tuotetaankin tietomallipohjaisesti riippuen muun muassa sopimusdetaljeista.

Yrityksen kannalta prosesseihin kohdistuvat vaatimukset ja vaikutukset on tehokkainta ottaa huomioon koko tuotantoprosessissa. Tällä tavoin jatkuva optimointi ja kehittäminen sekä muut prosessimaisesta toiminnasta syntyvät edut saadaan hyödynnettyä.

Tuleva muutos tulisi ottaa merkittäväksi osaksi toimintaa heti alussa, jotta siirtymävaihe olisi mahdollisimman tehokas. Kaiken pohjana on yrityksen oma selvä päämäärä, jonka hyväksi kaikki on saatava tekemään töitä. Siirtyminen on siis nähtävä pitkän aikavälin kehitysinvestointina.

Tärkein voimavara muutosprosessille on yrityksen operatiivinen johto. Sen täytyy sitoutua ja omaksua asia jo muutoksen alussa, jotta muutos voisi onnistua. Epäonnistuneissa tietomallinnuksen käyttöönotoissa on ollut lähes

aina ilmennyt operatiivisen johdon sitoutumattomuutta ja haluttomuutta muutokseen. (Häkkinen 2012.)

Kehityskohteet tietomallipohjaisia hankkeita varten

Tietomallipohjaisille hankkeille on 1–3 vuoden aikavälin kehityskohteina muun muassa koneohjausjärjestelmien paikkatietoalumiuksien kehittäminen, tietomallipohjaisten tuotannonohjaus- ja suunnitteluohjelmistojen käyttövalmiuden parantaminen sekä työmaiden mittajärjestelmien kehittäminen koneohjauksen edellyttämälle tarkkuustasolle. Pidemmän aikavälin vaatimuksena puolestaan on työmaiden reaaliaikainen paikkatietoon pohjautuva tuotantotoiminnan seuranta ja ohjaus. Muutokseen valmistautumisessa hyvä keino on muun muassa toteuttaa pilottiprojekteja.

Pilottiprojekteilla voidaan saada käytännön muutostarpeet, ongelmat ja vaatimukset teoreettista käsittelyä tarkemmin ja luotettavammin tunnistettua sekä virheet korjattua. Tällä tavoin on mahdollista välttää isoimmat ongelmat, kun tietomallien hyödyntämiseen liittyvät vaatimukset tulevat kokonaan mukaan myös projektien tuotantovaiheisiin.

Kehitysvaihe on syytä aloittaa tietomallistrategialla. Sen tärkein tehtävä on nostaa päätöksenteon tietoisuutta niin, että ymmärretään tietomallien käyttöönoton aiheuttama teknologinen muutos. Yrityksen täytyy siis päättää perusteltu tietomallistrategia, joka määrittää kehityspanostusten määrän, suunnan ja yleisen aktiivisuuden tason sekä yrityksen kilpailustrategisen roolin.

Toisena kehityskohteena on henkilöstöresurssit, joiden kehittäminen esimerkiksi koulutuksilla ja rekrytoinneilla tulee aloittaa tietomallistrategian selkeytymisen jälkeen ja sen ohjaamana.

Kolmas ja neljäs kehitysalue liittyvät suuresti toisiinsa. Muutosprosessin pitkäkestoisuuden vuoksi kumppanuussuhteiden solmiminen esimerkiksi ohjelmisto- ja teknologiasektorille voi olla paras keino tehostaa sekä nopeuttaa saavuttamaan hyödyt. Tulevaisuuden tietotekniset vaatimukset on otettava huomioon myös uusissa kalustohankinnoissa ja nykyisille laitteille on tarpeen vaatiessa tehtävä parannuksia. Tietoliikenneverkon suunnittelussa pitäisi pyrkiä keskitettyyn järjestelmään yksittäisten kehitysvaiheesta asti eri alustoilla

toimivien laitteiden ja ohjelmistojen sijaan. Tällä tavoin saavutettaisiin nopeammin tavoite, jossa yrityksen integraatio- ja sitoutumisaste tietomallien hyödyntämiseen on sataprosenttinen. Tätäkin on mahdollista nopeuttaa muun muassa hyvällä yhteistyöllä laite- ja ohjelmistotoimittajien kanssa.

Viidennessä kehitysalueessa eli tuotantoprosessiin kohdistuvissa muutoksissa merkittävimpiä ovat tiedonsiirron järjestäminen tehokkaasti ja hankkeen eri vaiheiden välisen yhteistoiminnan kehittäminen uusien mahdollisuuksien mukaan, esimerkkinä laskentavaiheen tietomallin luovuttaminen suoraan myös tuotantovaiheeseen. (Häkkinen 2012.)

Kuvat

Kuva 1. Tietomallintamisen hyödyt. (Mäki, Rajala, Penttilä, 2010), s. 12

Kuva 2. Määrälaskenta tietomallista. (Aho, M. 2010), s. 15

Kuva 3. Tiedonkulku tietomallipohjaisessa määrälaskennassa. (Teittinen 2011.), s. 16

Kuva 4. Tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessi. (RT 10-11072), s. 17

Lähteet

Aho, M. 2010. Tietomallipohjaisen rakennusprojektin määrärien hallinta ja hyödyntäminen rakennustuotannossa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Autio, S. 2007. Rakentajien tuotemalliosaamisessa suuria eroja. Rakennuslehti 2/2007, s. 10-11.

Autodesk 2013. Tuotteet. www.autodesk.fi/products

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Second Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Ekman, R. 2013. Tietomallin hyödyntäminen rakennusliikkeen oman asuntotuotannon määrä- ja kustannuslaskennassa. Yrkeshögskolan Novia. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Hietanen, J. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: Filosofinen selvitys tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksista. Tampere: Rakennustieto Oy.

Hovi, M. 2010. Tietomallinnuksen hyödyntäminen ja käyttöönotto työmaalla. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Häkkinen, L. 2012. Tietomallien hyödyntäminen erikoisohjelmistojen tuotanto-organisaatioissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Kaukonen, J. 2012. Perusteet tietomallipohjaiselle määrälaskennalle. Savonia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Kemppainen, J. 2012. Kysymyksiä tietomallin hyödyntämisestä määrälaskennassa. Inssityö.

Mäki T., Rajala M. & Penttilä H. 2010. Tietomallintaminen korjausrakentamisessa. Tietoa Finland Oy.

Penttilä H., Nissinen S. & Niemenoja S. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa. Yleiset periaatteet. Tammer-Paino Oy.

Pitko, J. 2010. Infrarakentamisen tietomallinnus urakkalaskennan apuna. Savonia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Ril 2013. Tietomallinnus. www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html.

Romo, I. & Varis, M. VTT. Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry ja Finnmap Consulting Oy.

RT 10-10992. Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. 2010. Kpl 1 ja 3.

RT 10-11072. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta.

Tekla Finland. Ratkaisut. www.tekla.com/fi/ratkaisut.

Teittinen, T. 2011. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Erikoistyö.

Terävä, M. 2012. Vico software.

Tocoman 2010. Tuotteet. www.tocoman.fi/ohjelmistot/tuotteet.

Tuotemalleihin pohjautuva määrä- ja kustannushallinta. 2006. Senaattikiinteistöt.

Yleiset tietomallivaatimukset, YTV 2012. osa 6. Laadunvarmistus. Helsinki: BuildingSMART Finland. www.buildingsmart.fi/8.

Yleiset tietomallivaatimukset, YTV 2012. osa 7. Määrälaskenta. Helsinki: BuildingSMART Finland. www.buildingsmart.fi/8.

Vakkilainen J. 2009. Rakennuksen tietomalli rakennushankkeen suunnitteluvälineenä. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Diplomityö.

Pro It 2004. Tuotemallitieto rakennusprosessissa. www.virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit.

Liite 1. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelun tietomalleissa esitetyt tuoterakenteet (YTV 2012. Osa 7.)

Tuoterakenteen ja tiedon lähde: x = ensisijainen (x) = toissijainen

Nimikkeet/ rakennusosat (Talo 2000 Hankenimikkeistö)	Arkkitehdin tietomalli	Rakenne- suunnit- telijan tietomalli
1.1 Alueosat		
1.1.1 Maaosat	(x)	(x)
1.1.2 Tuennat ja vahvistukset		x
1.1.3 Päällysteet	x	
1.1.4 Aluevarusteet	x	
1.1.5 Aluerakenteet	x	(x)
1.2 Talo-osat		
1.2.1 Perustukset		x
1.2.2 Alapohjat	(x)	x
1.2.3 Runko	(x)	x
1.2.3.1 Väestönsuojat	(x)	x
1.2.3.2 Kantavat seinät	(x)	x
1.2.3.3 Pilarit	(x)	x
1.2.3.4 Palkit	(x)	x
1.2.3.5 Välipohjat	(x)	x
1.2.3.6 Yläpohjat	(x)	x
1.2.3.7 Runkoportaat	(x)	x
1.2.3.8 Erityiset runkorakenteet		x
1.2.4 Julkisivut	x	
1.2.4.1 Ulkoseinät	(x)	x
1.2.4.2 Ikkunat	x	
1.2.4.3 Ulko-ovet	x	
1.2.4.4 Julkisivuvarusteet	x	
1.2.4.5 Erityiset julkisivuvarusteet	x	
1.2.6 Vesikatot	x	
1.2.6.1 Vesikattorakenteet	(x)	x
1.2.6.2 Räystäsrakenteet	(x)	(x)
1.2.6.3 Vesikatteet	x	
1.2.6.4 Vesikattovarusteet	x	
1.2.6.5 Lasikattorakenteet	x	
1.2.6.6 Kattoikkunat ja luukut	x	
1.2.6.7 Erityiset vesikattovarusteet	x	

1.3 Tilaosat		
1.3.0 Tilaobjektit	x	
1.3.1 Tilan jako-osat	x	
1.3.1.1 Väliseinät	x	
1.3.1.2 Lasiväliseinät	x	
1.3.1.3 Erityisväliseinät	x	
1.3.1.4 Kaiteet	x	
1.3.1.5 Väliovet	x	
1.3.1.6 Erityisovet	x	
1.3.1.7 Tilaportaat	x	
1.3.1.8 Erityiset tilajako-osat	x	
1.3.2 Tilapinnat	x	
1.3.2.1 Lattioiden pintarakenteet	x	
1.3.2.2 Lattiapinnat	(x)	
1.3.2.3 Sisäkattorakenteet	x	
1.3.2.4 Sisäkattopinnat	(x)	
1.3.2.5 Seinien pintarakenteet	x	
1.3.2.6 Seinäpinnat	(x)	
1.3.2.7 Erityiset tilapinnat	(x)	
1.3.3 Tilavarusteet	(x)	
1.3.3.1 ja 2 Kiintokalusteet	x	
1.3.4 Muut tilaosat	x	
1.3.4.1 Hoitotaso ja kulkurakenteet	x	
1.3.4.2 Tulisijat ja savuhormit	(x)	(x)
1.3.4.3 Muut erityiset tilaosat	(x)	