

3D-mallinnuksen hyödyntäminen rakennesuunnittelussa

Teemu Anttonen

Opinnäytetyö
Helmikuu 2016
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Anttonen, Teemu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 29.2.2016
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn 3D-mallinnuksen hyödyntäminen rakennesuunnittelussa		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Marko Viinikainen		
Toimeksiantaja(t) Ramboll Finland Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Ramboll Finland Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia 3D-mallinnuksen ominaisuuksia ja selvittää niiden hyödyntämistä rakennesuunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyössä keskitytään 3D-mallinnuksen ominaisuuksiin rakennesuunnittelun tehtävien kannalta. Samalla kun tarkastellaan 3D-mallinnuksen hyödyntämistä suunnittelussa, vertaillaan 2D-suunnittelun ja 3D-mallinnuksen eroavaisuuksia eri tilanteissa. Opinnäytetyöhön sisältyy myös osio, jossa tarkastellaan 3D-mallinnuksen soveltuvuutta eri kokoluokan rakennusten toteutukseen. Aineisto työtä varten kerättiin internetistä ja aiheeseen liittyvistä kirjoista sekä haastattelemalla Ramboll Finland Oy:n asiantuntijoita.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosiossa selvitetään, mitä 2D-suunnittelu ja 3D-mallinnus tarkoittavat sekä perehdytään tietomallinnukseen. Teoriaosuudessa tutustutaan myös 3D-mallinnuksen eri vaiheisiin rakennesuunnittelussa sekä käydään läpi mallinnuksen vaatimuksia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville, että 3D-mallinnus soveltuu 2D-suunnittelua tehokkaammin tuoteosapiirustusten ja erilaisten luetteloiden tuottamiseen sekä kokonaisuuksien hallintaan. Kohteesta riippuvan suunnittelutavan valintaa pohdittaessa selvisi, että mitä monimuotoisempi kohde on, sitä paremmin mallinnus sen toteuttamiseen soveltuu.</p> <p>Johtopäätöksenä oli, että 3D-mallinnuksen avulla on mahdollista tehdä suunnittelusta tehokkaampaa ja näin saada aikaan myös kustannussäästöjä. 3D-mallinnuksen avulla tehtävä suunnittelu tehostaa monissa tapauksissa suunnitteluprosessia jo tällä hetkellä, vaikka 3D-mallinnuksen käyttöön ja koulutukseen kannattaakin kiinnittää huomiota.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
3D-mallinnus, rakennesuunnittelu, tietomallinnus		
Muut tiedot		

Author(s) Anttonen, Teemu	Type of publication Bachelor's thesis	Date 29.2.2016
	Number of pages 44	Language of publication: Finnish
		Permission for web publication: x
Title of publication Exploitation of 3D modeling in structural desing		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Marko Viinikainen		
Assigned by Ramboll Finland Oy		
Description <p>This thesis was assigned by Ramboll Finland Oy. The goal of this thesis was to examine the benefits and use of 3D modeling in structural design work.</p> <p>The material for this thesis was gathered from the internet and by interviewing Ramboll Finland Oy specialists. In this thesis the focus was mainly on the features of 3D modeling and the benefits from that in designing. The thesis also discusses how 3D modeling can be beneficial, depending on the size of the project.</p> <p>The purpose of the theoretical part was to find out the objectives of 2D design and 3D modeling as well as information modeling. A section of the theoretical part aims at finding out how 3D modeling works in designing and discusses some of the requirements that the modeling has.</p> <p>The result of the thesis shows that 3D modeling is more adequate then 2D designing when product part drawings, a different kind of catalogue are designed and when the big picture needs to be handled. The conclusion on considering the project scales presents the diversity of the project as the most significant factor; the more diverse the project, the better 3D modeling suits the project.</p> <p>The final conclusion was that more resources should be invested in the use and education of 3D modeling. With 3D modeling the designing work becomes more efficient and with efficiency, also savings in expenses are possible to gain. When using 3D modeling the designing process becomes more effective and more efficient already for today's structural design.</p>		
Keywords (subjects) 3D-modeling, structural designing, information modeling.		
Miscellaneous		

Sisältö

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT	3
1 Opinnäytetyön lähtökohdat	5
1.1 Toimeksiantaja	5
1.2 Tehtävän kuvaus, tavoite, tietoperusta ja tutkimusmenetelmät	5
1.3 Opinnäytetyön aiheen rajaus	7
2 Tietomalli.....	8
2.1 Yleistä tietomallista	8
2.2 Tietomallinnus rakennesuunnittelussa	9
2.2.1 Tietomallinnuksen mahdollisuudet sekä päätavoitteet.....	9
3 2D-suunnittelu	11
4 3D-mallinnus.....	12
4.1 Yleistä	12
4.2 3D-mallinnus rakennesuunnittelussa.....	14
4.3 BIM-sovellukset	18
4.3.1 Lähtötiedot.....	18
4.3.2 Revit LT	18
4.3.3 Tekla Structures.....	19
4.3.4 Solibri.....	19
5 2D-suunnittelun ja 3D-mallinnuksen vertailu ja mallinnuksen hyödyntäminen... 20	20
5.1 Suunnittelun eri vaiheet.....	20
5.1.1 Rakennetyypit, veden- ja kosteudeneristysuunnitelmat.....	20
5.1.2 Detaljipiirustukset	21
5.1.3 Mittapiirustukset.....	22
5.1.4 Yleispiirustukset	24
5.1.5 Luettelot	26
5.1.6 Tuoteosapiirustukset.....	28
5.1.7 Asennuspiirustukset	29
5.1.8 Kokonaisuuksien hallinta.....	30
5.1.9 Yhteenvedo	31

5.2 Kohteesta riippuva suunnittelu	32
5.2.1 Pienet kohteet	33
5.2.2 Suuret kohteet	34
5.2.3 Yhteenveto	35
6 Pohdinta	36
6.1 Ohjelmien käyttö	36
6.2 Ongelmat	36
6.3 Hyödyt	37
6.4 Mahdollisuudet	38
6.5 Johtopäätökset	39
Lähteet	43

Kuviot

Kuvio 1. Esimerkki putken tietojen määrittämisestä Tekla Structures -ohjelmalla .	13
Kuvio 2. Kerros- ja lohkotietojen määrittäminen Tekla Structures -ohjelmalla.....	16
Kuvio 3. Ontelolaatan nimeäminen ja numerointi Tekla Structures -ohjelmalla.....	17
Kuvio 4. Rakennetyyppi lämpimän tilan puurunkoisesta ulkoseinästä	21
Kuvio 5. Sisäkuoren pystysauma kantavan väliseinän kohdalla toteutettuna 3D- mallinnuksen avulla	22
Kuvio 6. . Havainnekuva Kauppakeskus Puuvillasta	25
Kuvio 7. Toimistorakennuksen havainnekuva toteuttuna 3D-mallintamalla	26
Kuvio 8. Suunnittelun käyttöä, rasisusluokan ja paloluokan määrittely Tekla Structures –ohjelmalla	27
Kuvio 9. Tekla Structures –ohjelmalla mallinnettu väliseinäelementti	29
Kuvio 10. LVI-putket mallinnettuna kohteessa Kauppakeskus Puuvilla	31
Kuvio 11. Kuokkalan puukirkon suunnittelu toteutettuna 3D-mallinnusta hyödyn- täen	34

Taulukot

Taulukko 1. Suunnittelutapojen soveltuvuus dokumenttien tuottamiseen	32
---	-----------

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

BIM Building Information Modeling

Tietomallin englanninkielinen nimi.

Elinkaari

Elinkaarella tarkoitetaan ajanjaksoa alkaen rakennuksen määrittelystä aina lopullisen rakennuksen purkamiseen asti.

IFC Industry Foundation Classes

Kansainvälinen standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon tietojärjestelmästä toiseen.

CAD Computer-Aided Design

Tietokoneavusteinen suunnittelu, jota käyttävät arkkitehdit, insinöörit ja muut suunnittelijat tuottaessaan tarkkoja piirustuksia ja teknisiä ratkaisuja. CAD-suunnittelutavalla voidaan tuottaa piirustuksia 2D- ja 3D-muodossa.

Tietomalli

Rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaiset tiedot ovat kokonaisuutena digitaalisessa muodossa. Tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jolloin tiedon hyödyntäminen on helppoa.

Visualisointi

Havainnollistaa suunnitelman luomalla siitä kolmiulotteisen mallin.

Makro

Makro on mallinnuksessa käytettävä älykäs komponentti, jonka avulla sovellus pystyy suorittamaan tietyt tehtävät käyttäjän puolesta. Esimerkiksi mallinnuksessa voidaan käyttää liitosmakroja, jotka luovat kahden objektin väliin ennalta määrätyn liitoksen ja siihen kuuluvat osat.

Osa-ja yhdistelmämalli

Osamallilla tarkoitetaan rakennesuunnittelijan, LVISA-suunnittelijan tai arkkitehdin tuottamaa mallia. Yhdistelmämallissa on yhdistetty osa tai kaikki edellä mainitut osamallit yhdeksi yhdistelmämalliksi.

Tietomallikoordinaattori

Tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu rakennushankkeen tietosisällön tekninen hallinta ja tilaajan apuna toiminen, jotta hankkeen kaikkien osapuolten yhteistoiminta onnistuu.

1 Opinnäytetyön lähtökohdat

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Ramboll Finland Oy, joka on osa Ramboll-konsernia. Ramboll on tanskalaislähtöinen kansainvälinen konsulttitoimisto, joka toimii useilla eri toimialoilla: kiinteistöt ja rakentaminen, infra ja liikenne, vesi ja ympäristö, energia, öljy ja kaasu ja johdon konsultointi. Ramboll ei ole julkinen osakeyhtiö niin kuin monet muut saman alan kilpailijat vaan se toimii säätiömuotoisesti. Ramboll työllistää noin 13 000 yhdyskuntasuunnittelun asiantuntijaa lähes 300 toimipisteessä 35 maassa. Liikevaihto oli vuonna 2014 yli miljardi euroa. Ramboll Finland Oy kasvoi suurimmaksi Suomessa toimivista suunnittelu- ja konsulttitoimistoista ostamalla merkittävän osan Pöyry Oyj:n talotekniikka-, kiinteistökonsultointi-, projektinjohto- sekä kaupunki- ja aluesuunnittelun liiketoiminnoista vuonna 2014. Kaupan myötä Pöyryltä siirtyi Rambollin palvelukseen 435 asiantuntijaa. Suomessa työskentelee yhdistymisen jälkeen yli 2000 Ramboll Finland Oy:n työntekijää. (Tietoa Rambollista n.d.)

1.2 Tehtävän kuvaus, tavoite, tietoperusta ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön nimi on *3D-mallinnuksen hyödyntäminen rakennesuunnittelussa*. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää 3D-mallinnuksen tuomia hyötyjä rakennesuunnittelun dokumenttien tuottamisessa sekä 3D-mallinnuksen hyödyntämistä rakennesuunnittelussa kohteesta riippuen. Suunnittelutavan valintaa on tarkoitus pohdita siten, että siitä on mahdollisimman paljon hyötyä rakennushankkeen kaikille osapuolille.

Lähtökohtani tutkimuksen tekemiselle olivat hyvät. Työskentelin Ramboll Finland Oy:n palveluksessa kesällä 2014 ja 2015 elementti- ja rakennesuunnittelijan tehtävis-

sä. Sain opinnäytetyön tehtävänantona työnantajaltani. Aiheen valinnassa tärkeää oli myös se, että koen aiheen mielenkiintoiseksi ja riittävän haastavaksi. Työkokemukseni pohjalta halusin syventää tietoaani 3D-mallinnuksesta. Tästä syystä oli myös johdonmukaista ja aiheen kannalta perusteltua tehdä opinnäytetyö Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta.

Rakennusala kehittyy jatkuvasti ja 3D-mallinnuksella on siinä tärkeä tehtävä. 3D-mallinnuksesta on huomattavasti hyötyä kokonaisuuksien hahmottamisessa ja niiden hallinnassa. 3D-mallinnuksella saavutetaan merkittäviä etuja myös eri toimijoiden keskinäisessä yhteistyössä. Esimerkiksi arkkitehdit, rakennesuunnittelijat ja LVISA-suunnittelijat voivat toteuttaa suunnitelmansa samaan malliin, joka on kaikkien saatavilla, ja johon voi lisätä tietoa ja joka välittyy kaikille reaaliajassa. 3D-mallinnuksen hyötyjä selvittämällä ja niitä paremmin soveltamalla rakennushankkeen toteutuksesta saadaan tehokkaampaa ja samalla taloudellisesti kannattavampaa.

Tietopohjana opinnäytetyössä toimii oman työkokemukseni lisäksi aiheeseen liittyvä kirjallisuus sekä internetin rakennesuunnitteluun liittyvät verkkosivustot. Aiheesta on saatavilla ajan tasalla olevaa kirjallisuutta niukasti, joten tästä syystä merkittävä osa tietolähteistä on internetin verkkosivustoja. Tietolähteenä on käytetty myös Ramboll Finland Oy:n asiantuntijoita.

Opinnäytetyössä merkittävänä tutkimusmenetelmänä käytettiin asiantuntijoiden haastatteluita. Haastattelun tarkoitus, tilanne sekä haastattelijan kokemus ja asiantuntemus määrittävät, millaista haastattelumuotoa milloinkin käytetään. Usein käytettyjä haastattelumuotoja ovat strukturoitu-, puolistrukturoitu-, strukturoimaton- ja syvähaastattelu. (Haastattelu n.d.)

Tässä opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään strukturoimatonta haastattelumuotoa, jolla tarkoitetaan sitä, että keskustelua ei ole sidottu tiukkaan formaattiin. Haastattelussa puhutaan tietyistä, etukäteen sovituista teemoista. Haastattelussa edetään mahdollisimman keskustelunuomaisesti antaen tilaa haastateltavan kokemuksille, mielipiteille ja perusteluille. Haastattelutilanteen etenemistä ei ole suunniteltu etu-

käteen ja se on avoin mahdollisuuksille, vaikka haastattelija onkin orientoitunut tutkimuksensa aiheeseen. Haastateltavan annetaan vastata kysymyksiin vapaasti. Haastattelumenetelmä on joustava ja näin ollen mahdollistaa usein ennakoimattomankin tiedon saamisen, mutta se myös avaa mahdollisuuden aiheesta poikkeamiseen. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Tutkimusmenetelmänä strukturoimaton haastattelumuoto soveltuu tämän tyyppiin tutkimukseen, jossa tulokset perustuvat kokemuksiin tutkimuksen aiheesta ja jossa myös haastattelijalla on kokemusta aiheesta.

1.3 Opinnäytetyön aiheen rajaus

Opinnäytetyö on rajattu niin, että 3D-mallintamista tarkastellaan vain uudisrakennusten rakennesuunnittelun näkökulmasta. Työssä keskitytään rakennesuunnittelun sisällä erilaisten dokumenttien tuottamiseen. 3D-mallintamisen lujuslaskentamahdollisuutta ei tarkastella sen laajuuden vuoksi. Työssä sivutaan myös 3D-mallintamista korjausrakentamisessa sekä rakennustyömaalla niiden oleellisuuden vuoksi, mutta näitä aiheita ei ole käsitelty perusteellisesti niiden laajuuden vuoksi.

Tutkimuksessa kohteen koosta riippuva suunnittelu on rajattu niin, että 3D-mallinnuksen soveltuvuutta vertaillaan eri kokoluokan kohteissa. Tässä työssä pieniksi kohteiksi luokitellaan omakotitalot ja suuriksi kohteiksi kaikki niitä suuremmat kohteet.

Opinnäytetyössä ei syvennytä suunnittelutapojen varsinaiseen kustannusvertailuun, vaikka työn tehokkuus ja suunnittelutavan valinta vaikuttavat myös kohteen kustannuksiin.

2 Tietomalli

2.1 Yleistä tietomallista

Tietomallin käyttö on muuttamassa tapaa, jolla rakennuksia, infrastruktuuria ja palveluita suunnitellaan, rakennetaan ja hallitaan. Erilaiset BIM-sovellukset tarjoavat monia eri tapoja käsitellä tietoa ja tuovat näin lisää tehokkuutta ja parempia ratkaisuja koko rakennusprosessin ajan. (Building information modeling n.d.)

Tietomallissa on rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikainen digitaalinen tieto kerättyä yhteen suureen kokonaisuuteen. 3D-tietomallissa kaikki tieto on pyritty kokoamaan yhteen ja näin tiedon hyödyntäminen on helppoa. Kaikki tieto tallennetaan malliin vain yhden kerran, mutta sitä voidaan hyödyntää koko rakennushankkeen ajan aina suunnittelusta ylläpitoon saakka. Mallin avulla erilaisten analyysien ja simulaatioiden teko onnistuu jo rakennushankkeen aikaisessa vaiheessa. 3D-mallin hyödyntäminen suunnittelussa auttaa toteuttamaan vaatimukset ja suunnittelunormit täyttäviä ja helposti rakennettavia kohteita. (Tietomallinnus n.d.)

Toisin kuin dokumenttipohjaisessa tavassa suunnitella, tietomallinnuksessa kaikki tiedot ovat mallissa, josta saadaan tulostamalla tuotettua tarvittavat dokumentit. Perinteisessä 2D-suunnitelutavassa tiedot ovat hajallaan erilaisissa piirustuksissa ja raporteissa. Tietomallinnuksen tietosisältö, joka dokumenteista saadaan, pystytään sovittamaan jokaiselle käyttäjälle yksilöllisesti sellaiseksi kuin käyttäjä sen haluaa. 3D-havainnekuvat saadaan myös tulostettua mallista helpommin verrattuna 2D-suunnitteluun. (Mt.)

Dokumenttien tuottaminen 3D-mallista tapahtuu joko automaattisesti tai puoliautomaattisesti. Automaattinen dokumenttien tuottaminen tarkoittaa sitä, että jo olemassa olevasta mallista saadaan dokumentteja tuotettua vain valitsemalla mallista haluttu rakennusosa, josta piirustus halutaan. Puoliautomaattisella dokumenttien

tuottamisella tarkoitetaan automaattisesti mallista tuotetun piirustuksen hienosäätöä manuaalisesti, jotta piirustuksesta saadaan juuri sellainen kuin on tarkoitus. Käytetty suunnitteluohjelma ilmoittaa manuaalisten muutosten jälkeen, jos dokumentit ovat ristiriidassa keskenään. Tästä syystä tasokuvien ja leikkausten välille ei voi muodostua ristiriitaisuuksia ja mallista tuotetut määräluettelot vastaavat täysin mallissa olevia määriä. (Mt.)

Yhdistämällä eri suunnittelualojen osamallit yhdeksi yhdistelmämalliksi pystytään varmistamaan mallien yhteensopivuus. Osamallien yhdistämisen organisoimisesta vastaa hankkeeseen nimitetty tietomallikoordinaattori. Tietomalleja pystytään tuottamaan useilla eri suunnitteluohjelmilla, joten eri ohjelmien väliseen objektien älykkääseen tiedon siirtoon vaaditaan yhteinen siirtomuoto. IFC-formaatti on kehitetty talonrakennusosalalle objektien älykästä tiedon siirtoa varten. Tiedonsiirrossa siirtyy tieto rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista. Mallin eri osille pystytään mallintamaan myös tietoa mm. aikatauluista, hinnoista ja materiaalihankinnoista. Näitä tietoja voidaan hyödyntää esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosesseissa. (Mt.)

2.2 Tietomallinnus rakennesuunnittelussa

2.2.1 Tietomallinnuksen mahdollisuudet sekä päätavoitteet

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjan (YTV2012) mukaan tietomallinnuksen käyttö edistää tehokasta päätöksentekoa ja tiedonkulkua kaikkien hankkeen osapuolten välillä. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 5.)

Rakennusten mallinnuksessa yhtenä tavoitteena on lisätä suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta ja turvallisuutta sekä edesauttaa hankeprosessia kestäväen kehityksen kannalta. Tietomalleista saadaan lisää hyötyä rakennushankkeeseen, kun

niitä hyödynnetään rakennushankkeen jälkeen vielä käytön ja ylläpidon aikana. (Mts. 4.)

Tietomallit mahdollistavat mm:

- *investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia.*
- *energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseuranta varten*
- *suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen*
- *laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen*
- *rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. (Mts. 4.)*

Jotta mallinnus onnistuisi, hankkeille on määriteltävä keskeiset hankekohtaiset tavoitteet. Vaatimukset dokumentoidaan asetettujen tavoitteiden sekä yleisvaatimusten kannalta sopiviksi. (Mts. 4.)

Yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita ovat esimerkiksi:

- *tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja*
- *sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla*
- *havainnollistaa suunnitteluratkaisuja*
- *auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista*
- *nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua*
- *tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja*
- *parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella*
- *tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysijä*
- *tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan. (Mts.4.)*

Tietomallin hyödyntäminen rakennusprosessissa edellyttää, että tietomalli on mallinnettu oikein, standardien ja ohjeiden mukaisesti. Tietomallinnuksessa tärkeää on mallintaa rakennusosat sellaisina kuin ne todella ovat ja kiinnittää huomiota siihen, että materiaalin niin fyysiset kuin rakennusteknisetkin tiedot mallinnetaan oikein. Virheellisesti mallinnetut rakennusosat voivat aiheuttaa ongelmia rakennushankkeen edetessä, jopa vaarallisia tilanteita voi syntyä.

Edellä mainitut asiat lisäävät tietomallinnuksen koulutuksen tärkeyttä osana suunnittelua. Suunnittelijoiden yhteistyön merkitys korostuu. Mallinnukseen kehitetään koko ajan uusia työkaluja ja jokaisen suunnittelijan täytyy pysyä ajan tasalla uudistuksista, jotta suunnitteluprosessista saadaan mahdollisimman tehokas ja turvallinen. Vastuu koulutusten järjestämisestä on työnantajalla.

3 2D-suunnittelu

2D-suunnittelua voidaan tehdä käsin piirtämällä tai tietokoneavusteisesti. Tässä opinnäytetyössä 2D-suunnittelua käsitellään tietokoneella tehtävänä suunnitteluna. Lisäksi tässä luvussa 2D-suunnittelu ajatellaan tehtäväksi Autodesk Inc.:n Autocad-ohjelmalla.

Rakennusalalla käytetään monia 2D-suunnitteluohjelmia. Esimerkiksi Suomessa Ramboll Finland Oy:n eniten käyttämät suunnitteluohjelmistot ovat Autodeskin ohjelmistoja. Jokaiselle suunnittelualalle on olemassa erilaisia ohjelmistoja, joista suunnittelija valitsee sopivimman. Talonrakennusalalle Autodeskillä on ohjelma nimeltään AutoCad. AutoCad on yleiskäyttöinen CAD-ohjelmisto, johon on olemassa paljon Autodeskin ja muiden valmistajien sovelluskohtaisia laajennuksia. (Autodesk n.d.)

Suunnittelussa käytetään yleisiä teknisen piirustuksen menetelmiä ja kuvaamisperiaatteita, joten suunnittelijan täytyy hallita teknisen piirtämisen periaatteet, merkinnot, menetelmät sekä teknillisen piirtämisen standardit. Erilaisia standardeja ovat kansainväliset, kansalliset, alakohtaiset sekä yritysten sisäiset standardit. Standardointi on olennaisen tärkeää yhteisten menettelytapojen luomiseksi ja ylläpitämiseksi. (Hasari & Salone 2012, 10-11, 18.)

2D-suunnittelussa piirretään viivoja, kuvioita ja symboleja tasoon. Koordinaatistossa on x- ja y- koordinaattiakselit. Viivoihin määritetään viivan paksuus, viivan tyyppi

(katkoviiva, pistekatkoviiva yms.) ja mahdollisesti määritetään myös viivojen näkyvyys lopullisessa tulosteessa. Piirretyille viivoille asetetaan tasot niiden luonteen mukaan. Tasoja luodaan rakennuskohteen mukaan tarvittava määrä, ja osa voidaan määrittää näkyviksi tai piilotetuiksi helpottamaan kuvan lukua. Esimerkkejä tasoista ovat vesikatto-, ja perustustaso. Jokaiselle tasolle luodaan omat erityispiirteensä, mm. viivan väri, tyyppi ja viivan muut ominaisuudet.

2D-suunnittelun perusteet ja ohjelmien peruskäyttö on yksinkertaista, koska kohde piirretään tasoon. Suunnittelun tekee haasteelliseksi se, että on pystyttävä hahmottamaan, mistäpäin rakennusosa on kuvattu ja että rakennusosa on kuvattu rakennusalan suunnitteluohjeiden mukaisesti ja piirustusmerkinnät ovat oikein. Haasteita syntyy myös eri rakennusosien yhteen sovittamisesta. 2D-suunnittelussa täytyy pysyä muodostamaan kokonaisuuksia monista eri tasoon piirretyistä kuvista.

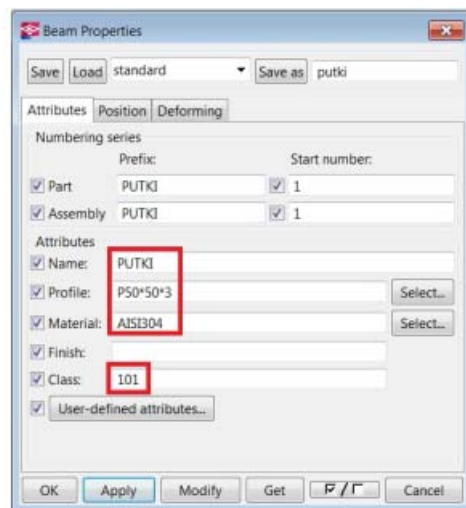
4 3D-mallinnus

4.1 Yleistä

3D-mallinnus tarkoittaa sitä, että kaikki rakennusosat suunnitellaan kolmiulotteisesti, kolmiulotteisessa avaruudessa, joka muodostuu x-, y- ja z koordinaattiakseleista. Kolmiulotteisen suunnittelun tarkoituksena on, että kaikki kappaleet, osat ja kokoonpanot mallinnetaan sellaisina kuin ne todellisuudessa ovat. Kolmiulotteisessa avaruudessa liikuttaessa ja erilaisia kappaleita hallittaessa on tärkeää hahmottaa koordinaattiakselien suunnat ja muutokset. Oleellista on sisäistää, että kun kappaleen asentoa vaihdellaan, myös koordinaattiakselien suunnat vaihtuvat vastaavasti. (Tuhola & Viitanen 2008, 17-18, 19.)

3D-mallinnusohjelmissa on yleensä käytössä oikeakätinen suorakulmainen koordinaatisto, jota hyödyntäen rakennusta ryhdytään mallintamaan. Suunnittelijalla on mahdollisuus tehdä omat ratkaisunsa alkuasetusten suhteen. Jos kyseessä on multiuser-malli eli mallia tekee useampi kuin yksi suunnittelija, ratkaisut on syytä tehdä loogisesti ja yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa.

Kaikille mallinnettaville osille määritetään kaikki todelliset ominaisuudet, niin fysikaaliset kuin mekaanisetkin. 3D-mallinnuksessa pyritään mahdollisuuksien mukaan siihen, että valmiissa mallissa on kaikki samat ominaisuudet digitaalisessa muodossa kuin valmistettavalla tuotteella on todellisuudessa. (Tuhola & Viitanen 2008, 17-18.)



TARVIKKEET	MAÄRÄ	YKS
PUTKI P50X50X3 L=300 mm AISI304	1	KPL

Kuvio 1. Esimerkki putken tietojen määrittämisestä Tekla Structures -ohjelmalla. (Elementtisuunnittelun mallinnusohje 2012, 30.)

4.2 3D-mallinnus rakennesuunnittelussa

3D-mallinnuksessa tuotettavien mallien tarkkuus ja sisältövaatimukset vaihtelevat suunnitteluvaiheittain. Tässä luvussa 4.2 käydään näitä vaatimuksia läpi YTV2012-julkaisusarjan mukaisesti. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 6.)

Lähtötiedot

Suunnittelun lähtötilanteessa suunniteltaville rakennuksille ja tontilla jo oleville rakennuksille sekä tontille on asetettu merkittävimmät vaatimukset. Tontti mallinnetaan erillisenä osana mallinnusprosessia, jota varten 3D-mallinnusmisohjelmissa on erillinen työkalu. Uudisrakentamisessa tarvitaan tontista tehtävä tietomalli, jota kutsutaan ns. tontin malliksi. Korjausrakentamisessa tarvitaan lisäksi vanhojen rakennusten ns. inventointimalli. (Osa 2. Lähtötilanne 2012, 12.)

Korjausrakentamisessa kyse on jo olemassa olevien rakennusten korjaamisesta tai muuttamisesta. Näissä tapauksissa mallinuksen lähtötiedot kerätään erilaisten paikalla suoritettavien mittausten ja tutkimusten perusteella. Mahdollisuuksien mukaan hyödynnetään jo olemassa olevia dokumentteja. (Mts. 6.)

Hankkeen projektiryhmä ja tilaaja päättävät yhdessä lähtötietojen hankintaan liittyvistä hankekohtaisista yksityiskohdista, esim. vaadittavasta lähtötietojen tarkkuudesta tilanteen mukaan. Lähtötietojen vaadittava tarkkuus riippuu kohteen ominaispiirteistä. Lähtötiedot hankitaan niin, että ne edesauttavat projektin toteuttamista.

(Mts. 9.)

Mallinnettavat rakenteet ja rakennetyypit

YTV2012-julkaisusarjan mukaan yleisenä vaatimuksena mallinnettaviin rakenteisiin on, että 3D-malliin on mallinnettava kaikki kantavat rakenteet ja sen lisäksi myös kaikki ei-kantavat betonirakenteet. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 6.)

3D-malliin mallinnetaan myös kaikki ne rakennustuotteet, jotka vaikuttavat muiden suunnittelualojen suunnittelijoiden suunnittelutyöhön. Yleisen käytännön mukaan kalvotyyppisiä rakennustuotteita kuten höyrynsulkuja ja muita vastaavia tuotteita ei mallinnetta. (Mts. 6.)

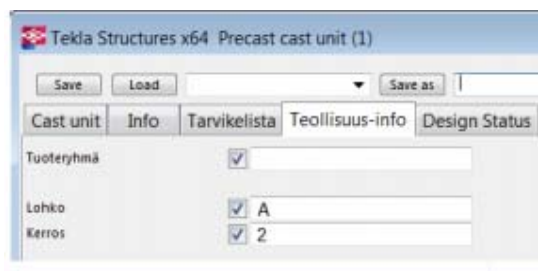
Mallinnuksessa on huomioitava, että suunnittelu tehdään siten, että rakennusosa sisältää tarkat tiedot, esim. nimi, tyyppi ja sijainti. Tietoa siirrettäessä rakennusosan tiedon täytyy siirtyä täydellisenä. Oikean mallinnusohjelman työkalun käyttöön on kiinnitettävä huomiota, jotta rakennusosat ovat oikein siirtoa varten tehtävässä IFC-mallissa. Esimerkiksi pilari mallinnetaan pilarityökalulla. (Mts. 6.)

Rakennetyypit suunnitellaan ja tulostetaan 2D:nä ja ne määritellään tehtäväluettelon mukaisesti. Arkkitehti käyttää omassa rakenneosamallissaan samoja rakennetyyppejä kuin rakennesuunnittelija. Rakennetyyppien täytyy olla kaikkien projektiin osallistuvien käytettävissä. (Mts. 6.)

Lohko- ja kerrosmäärittelyt

Projektille on sovittu käytettävä koordinaatisto, jonka pohjalta rakennuskohde mallinnetaan kerroksiin ja lohkoihin. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että kerros- ja lohkotiedot on mallinnettu oikein ja että ne siirtyvät IFC-tiedonsiirrossa. Suurissa rakennuskohteissa malli voidaan jakaa useaan lohkoon. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 6.)

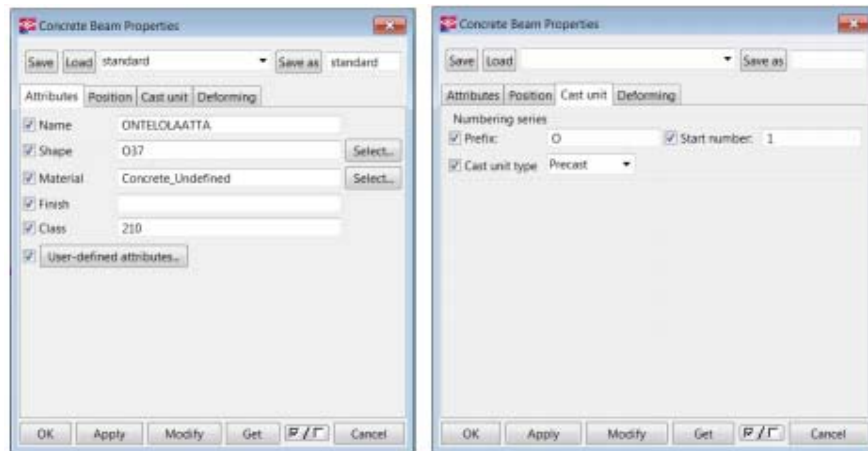
Kerros- ja lohkotietoa hyödynnetään mm. visualisoinnissa, tarkastuksissa ja määräluetteloissa. Suurissa hankkeissa rakennemalli voidaan joutua jakamaan osiin. Rakenteet mallinnetaan sellaisina kuin ne todellisuudessa ovat. Esimerkiksi kolmen kerroksen korkuinen pilari mallinnetaan ehjänä kerrosten läpi. Rakennemalli jaetaan kerroksiin siten, että kerrokseen kuuluvat kantavat seinät/pilarit ja yläpuolinen välipohja. Useiden kerrosten läpi menevät rakenteet liitetään alimpaan kerrokseen, jossa ne esiintyvät. Erikseen sovittaessa rakennesuunnittelija tuottaa IFC- mallin myös kerroksittain arkkitehtijaottelun mukaisesti (kantavat seinät/pilarit ja alapuolinen välipohja). (Mts. 6-7.)



Kuvio 2. Kerros- ja lohkotietojen määrittäminen Tekla Structures -ohjelmalla. (Elementtisuunnittelun mallinusuohje 2012, 16.)

Numerointi ja nimeäminen

Mallinnetuilla osilla on kaikilla yksilöllinen numero, jonka ohjelma yleensä antaa automaattisesti. Näitä numeroita käytetään koko hankkeen ajan ja numerotunnisteet pyritään pitämään samoina muokkaamalla jo olemassa olevia rakennusosia. Muun muassa määrälaskentaa varten nimi- ja numerotiedot lisätään manuaalisesti sovitulla tavalla automaattisen numeroinnin lisäksi. Projektissa määriteltyjen nimeämis- ja numerointitietojen täytyy olla kaikkien hankkeeseen kuuluvien käytettävissä. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 7.)



Kuvio 3. Ontelolaatan nimeäminen ja numerointi Tekla Structures -ohjelmalla. (Elementtisuunnittelun mallinusoheje 2012, 13.)

Mallin valmiusaste

Suunnitteluprosessin aikana 3D-mallissa voi olla suunnittelun kannalta eri valmiusasteissa olevia rakennusosia. Malliin tulee merkitä rakennusosien valmiusaste, jotta mallia pystytään hyödyntämään oikein eri suunnittelijoiden kesken. Esimerkiksi sähkösuunnittelijat voivat rakennesuunnitelmien valmiusasteen perusteella todeta seinien alapintojen korkojen luetettavuuden ja tämän pohjalta tehdä oman suunnittelualansa suunnitelmia. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 7.)

Laadun varmistus

Kun rakennemalleja julkaistaan, ne eivät saa sisältää muita kuin suunnittelijan itse mallintamia objekteja. Muiden suunnittelijoiden malleja ei saa julkaista, vaikka niitä olisikin hyödynnetty esim. lähtötietoina. Yrityksen laatujärjestelmässä määriteltyjen vaatimusten perusteella rakennesuunnittelija suorittaa suunnittelemansa mallin laadunvarmistuksen ennen sen julkaisua. Rakennesuunnittelija myös allekirjoittaa tar-

kistuselomakkeen, joka liitetään tietomalliselostukseen. (Osa 5. Rakennesuunnittelu 2012, 7.)

4.3 BIM-sovellukset

4.3.1 Lähtötiedot

Tietomallinnus on apuväline rakennusten mallintamiseen. Vaikka käytössä on lukuisia eri ohjelmistovalmistajien tuotteita, tässä opinnäytetyössä keskitytään vain Ramboll Finland Oy:n Suomessa käyttämiin ohjelmiin. Yleisimmät ohjelmat ovat Autodesk Inc.:n tuottama Revit Lt, Tekla Oyj:n Tekla Structures sekä Solibri Inc.:n Solibri.

4.3.2 Revit LT

Revit Lt on amerikkalaisen ohjelmistoyrityksen Autodesk Inc.:n tuottama ohjelmisto 3D-suunnittelua ja mallinnusta varten. Ohjelma tallentaa projektiin liittyvän datan tietokantamuotoon. Tietokantaa voivat hyödyntää kaikki projektin osapuolet. Revit-ohjelmisto mahdollistaa tiedon siirron kaikkien IFC-standardien mukaisten ohjelmistojen kanssa. (Valitse bim sovellus johon voit luottaa myös tulevaisuudessa n.d.)

4.3.3 Tekla Structures

Tekla Structures on suomalaisen ohjelmistoyrityksen Tekla Oyj:n tuottama tietomallinnusohjelmisto. Tekla Oyj toimittaa mallipohjaisia ohjelmistoja rakennus-, energia- ja infrastruktuurialojen asiakkaille eri puolille maailmaa. Tekla Structures-ohjelmaa voi käyttää suunnittelussa kaikenlaisten materiaalien ja rakenteiden yhteydessä. Ohjelmistot ovat ns. avoimia tietomalliohjelmistoja, jolloin niitä voi käyttää muiden valmistajien ohjelmistojen ja laitteiden kanssa. (Tekla Structures n.d.)

Myös useiden eri materiaalien yhteen sovittaminen samaan malliin onnistuu Tekla Structures -ohjelman avulla. Laskentaohjelmien ja yrityksen omien laskentataulukoiden liittäminen ohjelmaan on myös mahdollista. Laskentaominaisuuden vuoksi sekä piirtäjät että laskijat pystyvät toimimaan saman mallin sisällä. (Mt.)

4.3.4 Solibri

Solibri Oy on osa Nemetschek Group -yhtiötä ja sillä on toimipisteitä Helsingin lisäksi Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa. Solibri Oy on keskittynyt tietomallien laadunvarmistus- ja analysointiratkaisuihin. Yleisesti Solibri Oy:n ohjelmien tarkoituksena on parantaa tietomallipohjaisten suunnitelmien laatua. (Solibri n.d.)

Solibri Model Checker -ohjelma on tietomallien analysointiohjelma joka tukee tietomallien laadunvarmistusprosessia ja sisältää esimerkiksi Yleiset tietomallivaatimukset 2012:n mukaisen tarkastuksen. Solibri Model Checker -ohjelmalla voidaan tehdä ns. törmäystarkasteluja ja havaita mallin sisältämiä virheitä jo suunnitteluvaiheessa. (Mt.)

5 2D-suunnittelun ja 3D-mallinnuksen vertailu ja mallinnuksen hyödyntäminen

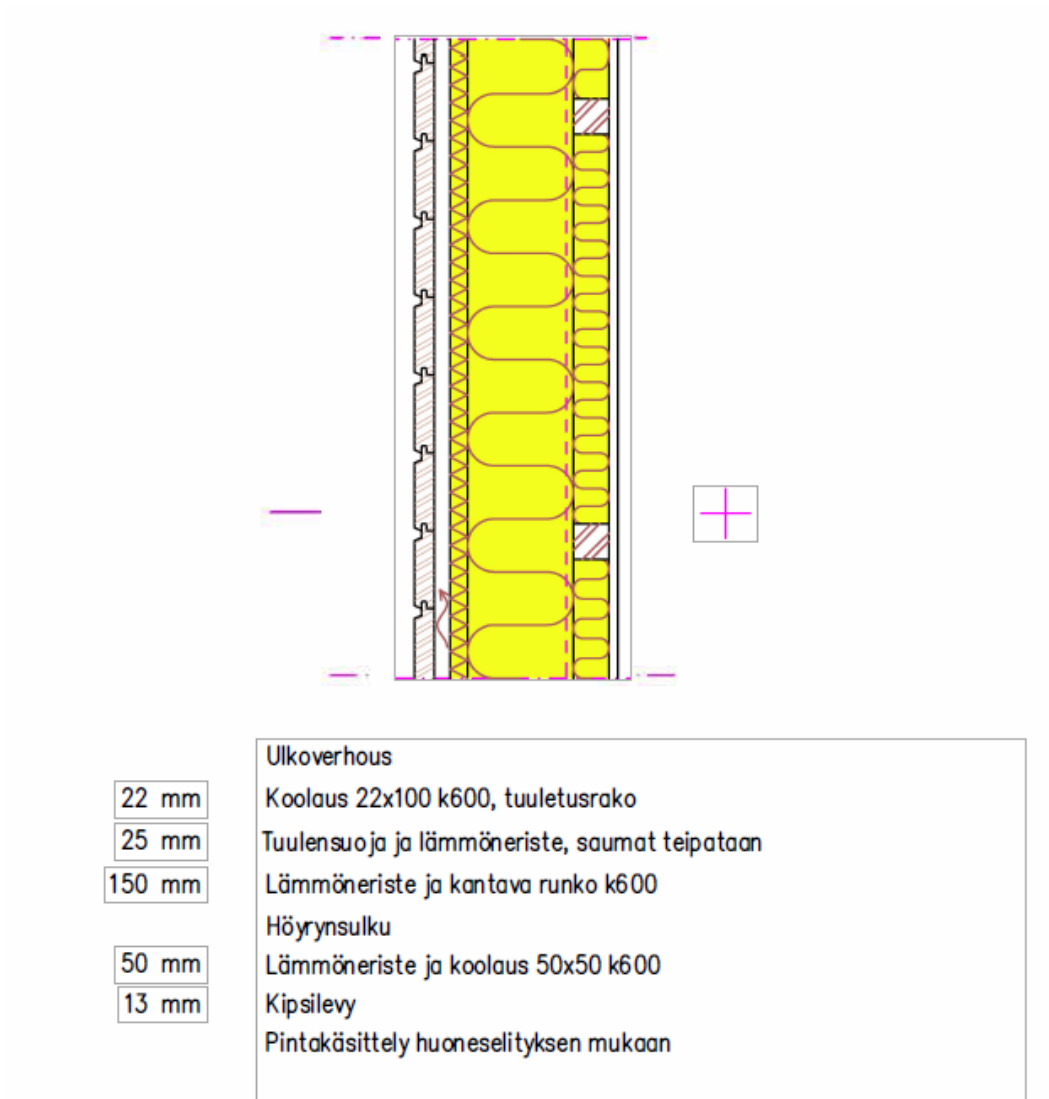
5.1 Suunnittelun eri vaiheet

Tässä luvussa vertaillaan keskenään 2D-suunnittelua ja 3D-mallinnusta ja tarkastellaan 3D-mallinnuksen hyötyjä uudisrakentamisen rakennesuunnittelun eri vaiheissa piirustuslajeittain.

5.1.1 Rakennetyypit, veden- ja kosteudeneristysuunnitelmat

Tällä hetkellä rakennesuunnittelussa rakennetyypit tehdään lähes poikkeuksetta 2D-suunnitteluohjelmilla. Syitä tähän ovat esim. rakennetyyppien yksinkertaisuus ja se, että suunnittelutoimistoilla on paljon jo valmiita rakennetyyppien pohjia, joita voidaan monissa tapauksissa hyödyntää suoraan tai pienillä muutoksilla.

Tällä hetkellä 3D-suunnittelussa ei yleisesti mallinneta höyrinsulkumuoveja, ilmansulkupapereita tai kosteudeneristysä. Rakenteesta saadaan tuotettua tarvittava leikkaus oikeilla piirustusmerkinnöillä, mutta sen jälkeen piirustukseen täytyy vielä lisätä manuaalisesti mahdolliset höyrinsulut tai vastaavat kalvotyyppiset tuotteet. Kuviossa 4 on esitetty rakennetyyppi lämpimän tilan puuronkoisesta ulkoseinästä, josta voidaan todeta kalvotyyppisten rakennustuotteiden käyttö.

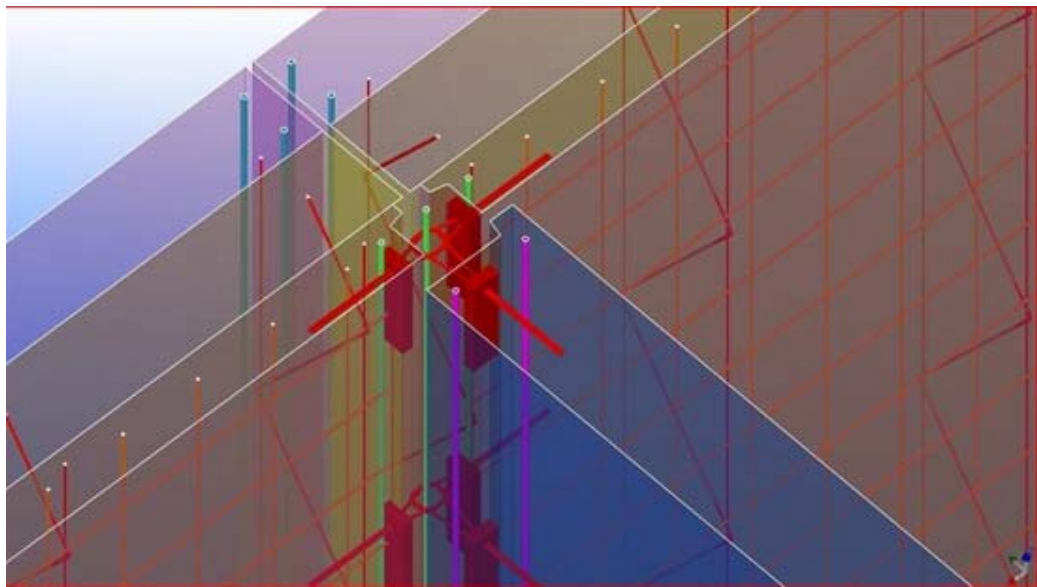


Kuvio 4. Rakennetyyppi lämpimän tilan puurunkoisesta ulkoseinästä.

5.1.2 Detaljipiirustukset

Detaljeja tuotetaan nykyään 2D-ohjelmilla niiden yksityiskohtaisuuden vuoksi. 3D-mallinnuksessa yhtenä kehityksen kohteena on erilaisten pienten yksityiskohtien lisääminen mallintamisen makrotietokantoihin. Mallinnuksen tietokantojen kehittyessä detaljien suunnittelu muuttuu jouhevammaksi, kun pystytään toteuttamaan kaikenlaisia liitos- ja muita yksityiskohtia suoraan ohjelman työkaluilla. Yleisesti 3D-

mallinnuksen pohjana ovat 2D-suunnittelussa mietityt detaljiratkaisut, joiden pohjalta tehdään mallinnus. 3D-mallista saadaan jo tällä hetkellä tuotettua detaljeja automaattisesti, esimerkiksi ontelolaatan liittyminen kantavaan delttapalkkiin saadaan esitettyä tasokuvan yhteyteen, jos mallin puolelle ontelolaatat saumaraudoituksiin on mallinnettu oikein. 3D-mallinnuksen avulla liitoksista, liitososien sijainnista ja niiden toiminnasta saadaan myös todenmukainen kuva. Kuten Kuvio 5 nähdään, voidaan liitoksia tarkastella selkeästi 3D-maailmassa.



Kuvio 5. Sisäkuoren pystysauma kantavan väliseinän kohdalla toteutettuna 3D-mallinnuksen avulla. (Liitokset ja saumat n.d.)

5.1.3 Mittapiirustukset

Erilaisten tasopiirustuksien tuottaminen 2D:nä on yksinkertaista ja piirustukset pystytään tuottamaan nopeasti, kun tarvittavat lähtötiedot ovat olemassa. Tasopiirustuk-

sia tuotettaessa selviää yksi 3D-mallintamisen haasteista. 3D-mallinnusta voitaisiin hyödyntää tehokkaammin, jos rakennushankkeen alussa olisi varattu enemmän aikaa suunnitelmien laatimiseen. Rakenteiden mallintamiseen menee enemmän aikaa kuin perinteiseen 2D-suunnitteluun, mutta kerran mallinnettuja rakenteita voidaan hyödyntää rakennushankkeen edetessä esim. määrälaskennassa.

3D-mallinnuksella saadaan tuotettua tasopiirustuksia. Tämän saavuttamiseksi täytyy kaikki rakennusosat mallintaa sellaisina kuin ne reaali maailmassakin ovat kaikkine tietoineen. 3D-malliin määritetään rakennusosien kaikki tiedot, kuten käyttöikä, betonirakenteissa betonin laatu ja teräsrakenteissa teräksen laatu ja hitsauksien ominaisuudet yms. 2D-suunnittelun etuna tasopiirustusten laatimisessa on nimenomaan se, että tasopiirustukset, kuten perustuspiirustus, saadaan laadittua tarvittaessa pienellä työmäärällä verrattuna mallintamiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennustyömaa voidaan aloittaa nopeammin, jos perustuspiirustus tehdään 2D:nä. Mallintamista hyödyntämällä tasopiirustuksien tekemiseen menee enemmän aikaa, mutta kun tasopiirustukset on saatu mallinnettua, pystytään mallista tuottamaan leikkauksia, detaljeja sekä määräluetteloita automaattisesti tai puoliautomaattisesti. (Isokääntä 2015.)

Mallintamisen etuna verrattuna perinteiseen 2D-suunnitteluun on kokonaisuusien hallinta myös tasopiirustuksia tehdessä. 2D:nä suunniteltaessa voidaan piirtää pilarit ja palkit tasoon miettimättä tarkalleen niiden todellista toimivuutta tai liitoksia. Esimerkiksi jonkin tietyn palkin liitos pilariin saattaa olla todellisuudessa hankalampi toteuttaa kuin tasopiirustuksessa oli ajateltu, joten jälkepäin joudutaan tekemään muutoksia. Mallintamalla toteutetuissa tasopiirustuksissa liitoksetkin on mallinnettu lopulliseen muotoon jo ennen tasopiirustuksen tuottamista. (Isokääntä 2015.)

5.1.4 Yleispiirustukset

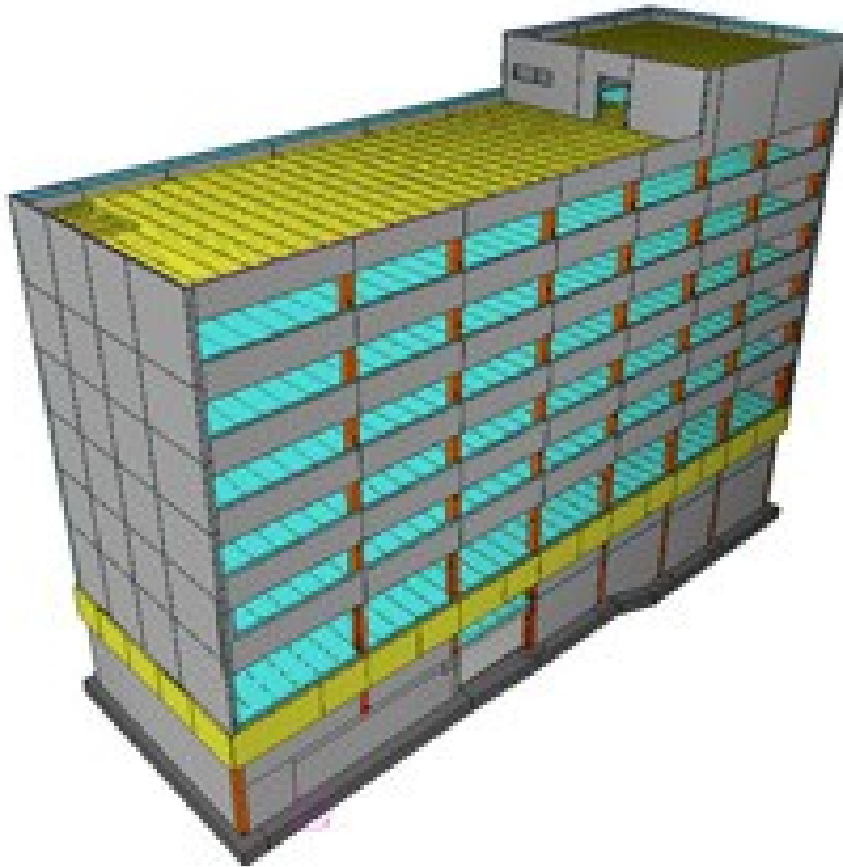
Myös julkisivupiirustukset saadaan tuotettua 2D-suunnittelutavalla pienemmällä työmäärällä, koska mallintamalla julkisivupiirustuksessa näkyvät rakennusosat mallinnettisiin niin kuin ne ovat valmiissa rakennuksessa kaikkine tietoineen. Julkisivupiirustukset vaaditaan myös rakennuslupaa haettaessa, joten ne on mahdollista piirtää rakennuslupaa varten 2D-suunnittelulla, vaikka kohde sitten suunniteltaisiin mallintamalla. Mallintamalla tehdystä rakennuskohteesta saadaan julkisivupiirustukset tuotettua automaattisesti, mutta tämä edellyttää 3D-mallilta tiettyä valmiusasetta. Ainoastaan julkisivupiirustusten takia suunnittelua ei kannata suorittaa mallintamalla, mutta kohteen monimuotoisuudesta sekä laajuudesta riippuen suunnitteluvaihtoehtona on syytä miettiä myös mallintamista perinteisen 2D-suunnittelun rinnalle. (Isokääntä 2015; Kolari 2015.)

Havainnekuvia tuotettaessa mallintamisella saadaan merkittävä hyöty verrattuna siihen, että ne toteutettaisiin 2D:nä. Mallintamalla ja mallista tuotetuista havainnekuvista saadaan realistinen käsitys rakennuksen kokonaisuudesta. Havainnekuvilla pyritään julkisissa rakennuskohteissa myymään ja hyväksyttämään kohde niin viranomaisille kuin kansalaisillekin, joten on tärkeää, että havainne kuvat ovat mahdollisimman yksityiskohtaisia ja antavat kohteesta todenmukaisen kuvan. Mallintamalla näihin tavoitteisiin päästään hyvin, koska malliin pystytään lisäämään ihmisiä, autoja, puita yms. Näiden yksityiskohtien avulla saadaan selkeä kuva siitä, miltä valmis rakennus tulee näyttämään sekä miten se sopii ympäristöön. (Isokääntä 2015; Kolari 2015.)



Kuvio 6. Havainnekuva Kauppakeskus Puuvillasta. (Kauppakeskus puuvilla n.d.)

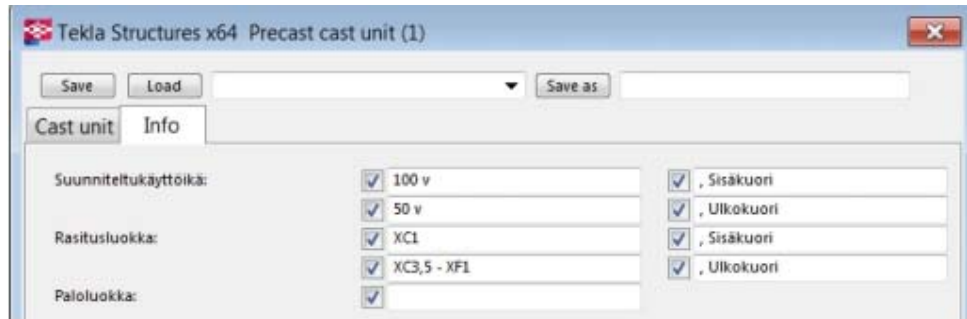
Mallintamisen etuna on myös mahdollisten havainnekuvien tuottaminen mistä tahansa näkökulmasta. Oletuksena tälle on vähintään se, että 3D-malli on ulkoisesti valmis. Ulkoisella valmiudella tarkoitetaan sitä, että rakennus näyttää siltä, miltä sen on tarkoitus näyttää rakennushankkeen jälkeen, mutta esimerkiksi liitoksia tai raudoituksia ei tarvitse olla mallinnettu. Yleensä havainnekuvien tuottamisesta puhutaankin visualisoimisena, koska rakennusosia ei tarvitse mallintaa täysin todenmukaisesti.



Kuvio 7. Toimistorakennuksen havainnekuva toteuttuna 3D-mallintamalla. (Toimistorakennus n.d.)

5.1.5 Luettelot

Määrälaskennassa 3D-mallinnus on hyödyllinen työkalu rakennesuunnittelussa. Mallista saadaan automaattisesti kaikkien rakennusosien tiedot, koska tiedot on annettu jokaiselle rakennusosalle sitä mallinnettaessa. Tiedot voivat olla massoja, tilavuuksia, kappalemääriä tai esimerkiksi rakennusosien tyyppejä, esim. teräsosien tyyppi, muoto ja mahdolliset pintakäsittelyt. (Isokääntä 2015; Kolari 2015.)



Kuvio 8. Suunnittelun käyttöiän, rasitusluokan ja paloluokan määrittely Tekla Structures – ohjelmalla. (Elementtisuunnittelun mallinnusohje 2012, 5.)

Rakennesista saadaan myös paljon muutakin hyödyllistä tietoa, kuten rakennustoleransseja, rasitusluokka ja käyttöikä. Esimerkiksi betonirakenteisiin liittyen teräsraudoitusten määrälaskennassa mallintamista voidaan hyödyntää tehokkaasti. Mallista saadaan tuotettua automaattisesti raudoitusluetteloita, joista käyvät ilmi teräslaadut, teräsmäärät sekä terästen mahdolliset taivutukset.

Mallista saadaan tietoja tarvittaessa:

- yksittäisestä osasta (pultit, mutterit, yms.)
- rakennusosasta (seinät, palkit, anturat)
- kokoonpanosta (portaat, elementit ja niihin liittyvät osat)
- ennalta määrätystä rakennuksen lohkoista/osasta
- jostain tietyistä tasosta (1.krs katto yms.)
- manuaalisesti rajatusta mallinosasta
- koko kohteen tiedoista

Perinteisessä 2D-suunnittelussa määrälaskenta täytyy suorittaa manuaalisesti laske-
malla tilavuuksia, kappalemääriä yms.

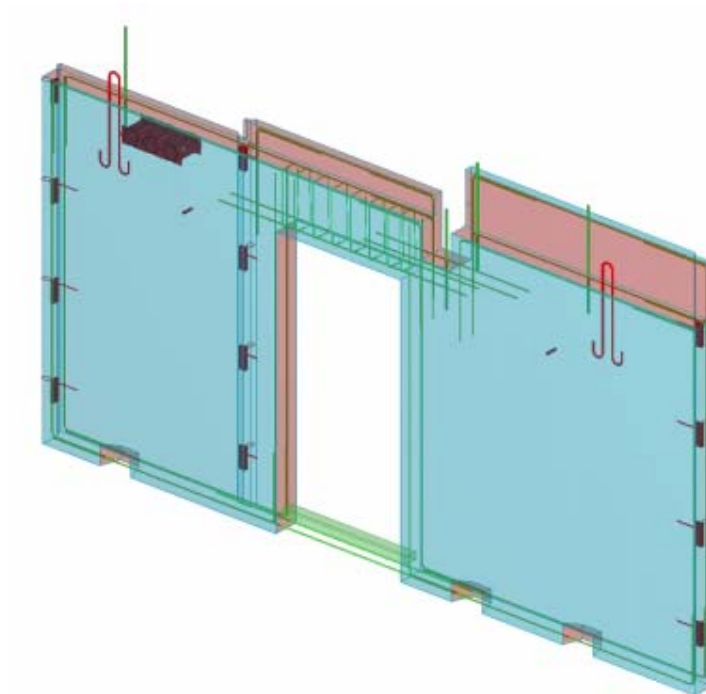
5.1.6 Tuoteosapiirustukset

2D-tuoteosasuunnittelussa on kiinnitettävä erityishuomiota osien yhteensopivuuteen ja liitoskohtiin, koska tuoteosasuunnittelu on ajatusmaailmaltaan lähes palapelin kasaamiseen rinnastettavissa. Jokaisen palasen täytyy toimia itsenäisesti sekä ympärillä olevien palasten kanssa. Yhtenäisyys ja kokonaisuuksien hallinta liittyvät koko rakennesuunnitteluun, mutta tuoteosasuunnittelussa tämä vielä korostuu, koska liitososat ovat usein yhteen liitettävien osien sisällä kokonaan tai osittain. (Isokääntä 2015; Kolari 2015.)

Liitososat asennetaan tehtaalla. Tämä tarkoittaa sitä, että liitosten täytyy olla täysin mietittyjä jo ennen piirustusten tehtaalle lähettämistä, jotta osat sopivat yhteen rakennustyömaalla. Liitososia voidaan siirtää tai lisätä vielä myös rakennustyömaalla, mutta tämä tarkoittaa lisätöitä rakennustyömaalle ja suunnittelijoille. 3D-mallinnuksen etuna on edellä mainittu yhteensopivuus, koska tuoteosien ja liitososien yhteensopivuuden voi tarkistaa mallista. Mallista voi myös suorittaa ns. törmäystarkastelun, jossa ohjelma itse tarkistaa ja varoittaa mahdollisista ongelmista. (Isokääntä 2015; Kolari 2015.)

Mallinnuksen etuna verrattuna 2D-suunnitteluun on yhteensopivuuden sekä liitosten tarkastelu kolmiulotteisesti ja virheiden havaitseminen. Mallinnus on myös tehokas suunnittelun apuväline tuoteosa dokumenttien tuottamisessa. Dokumentteja voidaan tuottaa vasta kun malli on siinä vaiheessa, että kaikki osat, joihin dokumentit liittyvät, on mallinnettu valmiiksi. Tuoteosasuunnittelussa pyritään siihen, että kohteessa olisi mahdollisimman paljon samanlaisia tai ainakin lähes samanlaisia osia. Tämä helpottaa niin suunnittelua kuin tehtaan toimintaa. 3D-mallinnuksessa lähes samanlaisten osien tuottaminen on yksinkertaista ja piirustusten tuottaminen onnistuu lähes automaattisesti. Piirustuksia tuotettaessa puoliautomaattisesti tai automaattisesti ohjelma lisää piirustuksiin jokaiselle osalle mallinnetut yksityiskohtaiset tiedot. Piirustukset on tarkistettava, vaikka ohjelma ne tuottaisikin automaattisesti. (Isokääntä 2015; Kolari 2015.)

Tuoteosiin jälkikäteen lisätyt osat tai tiedot voivat sekoittaa jo tuotettuja piirustuksia. Kun osa tai tieto lisätään, on tarpeellista tarkistaa ja tarpeen mukaan korjata jo tuotettuja piirustuksia.



Kuvio 9. Tekla Structures -ohjelmalla mallinnettu väliseinäelementti. (Elementtisuunnittelun mallinnusohje 2012, 21.)

5.1.7 Asennuspiirustukset

Asennuspiirustuksia tuotettaessa mallintamalla on kiinnitettävä huomiota siihen, niin kuin yleensäkin mallintamisprosessissa, että osat on mallinnettu oikein. Kun tuotetaan asennuspiirustuksia, tuotetaan myös asennettavien osien yksittäiset piirustukset. Esimerkiksi kun asennettava osa, kuten portaat, on mallinnettu, siitä saadaan

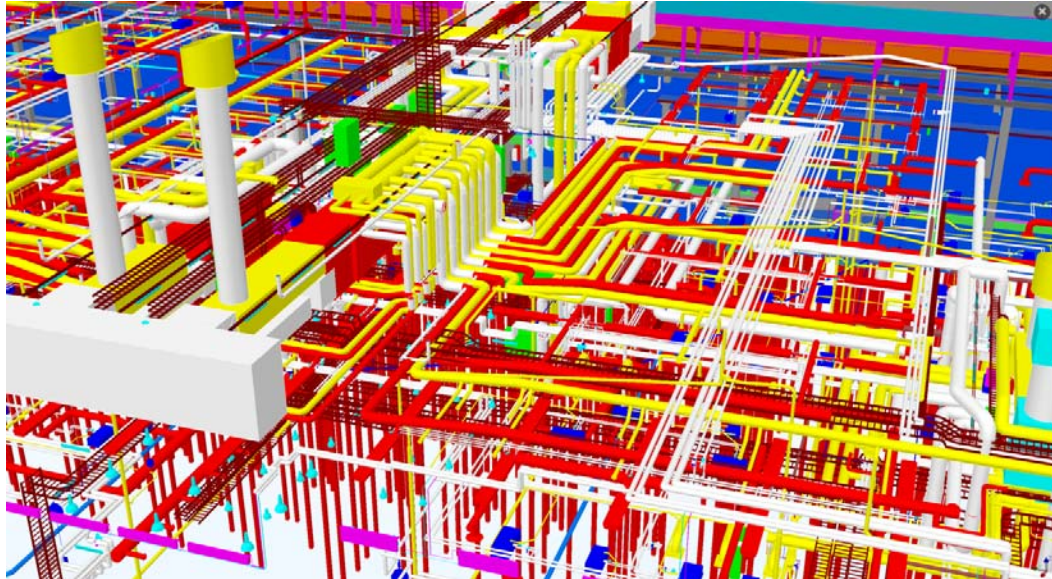
nopeasti tuotettua myös asennuspiirustukset. 3D-mallituksen vahvuudet korostuvat erityisesti rakenteissa, joissa asennuspiirustukseen kuuluu useita eri materiaaleja, asennuskulmia tai hankalia liitoksia.

2D-suunnitteluna asennuspiirustusten tuottaminen on tehokasta, jos asennuspiirustukset tehdään yksinkertaisille rakenteille, mutta mitä monimuotoisempi asennettavien rakennusosien kokonaisuus on, sitä haastavampi se on toteuttaa.

5.1.8 Kokonaisuuksien hallinta

Rakennesuunnittelussa kokonaisuuksien hallintaa on tärkeää. Kaikkien rakennusosien täytyy olla yhteensopivia toistensa kanssa ja toimia yhdessä. Mahdolliset päällekkäisyydet tai muut epäkohdat hidastavat niin rakennustyömaan kuin suunnittelunkin edistymistä. Rakentamisessa ylimääräisen työn tekeminen ja mahdolliset virheet lisäävät rakennushankkeen kustannuksia. Merkittävänä osana kokonaisuuksien hallintaa kuuluu eri suunnittelualojen suunnittelijoiden sekä kaikkien projektin osapuolten saumaton yhteistyö. Tämä on ehdottomasti 3D-mallintamisen suurimpia hyötyjä verrattuna perinteiseen 2D-suunnitteluun.

Rakennusosien yhteensopivuuden tarkastelu ja mahdollisten virheiden huomaaminen ja korjaaminen voidaan suorittaa tehokkaasti 3D-mallista jo suunnitteluvaiheessa. Kuviosta 10 voidaan havaita LVISA-ratkaisujen haasteellisuus ja kuinka niitä voidaan tarkastella 3D-mallituksen avulla.



Kuvio 10. LVI-putket mallinnettuna kohteessa Kauppakeskus Puuvilla. (Kauppakeskus puuvilla n.d.)

5.1.9 Yhteenveto

Alla olevassa Taulukossa 1 +-merkkien määrä kuvaa 2D-suunnittelutavan ja 3D-mallinnuksen soveltuvuutta dokumenttien tuottamiseen. Mitä enemmän +-merkkejä on, sitä paremmin suunnittelutapa soveltuu kyseisen dokumentin tuottamiseen. Taulukossa esitetyt merkinnät perustuvat luvussa 5.1 todettuihin tähänhetkisiin eroihin 2D-suunnittelutavan ja 3D-mallinnuksen välillä.

Taulukko 1. Suunnittelutapojen soveltuvuus dokumenttien tuottamiseen

	2D-suunnittelu	3D-mallinnus
Rakennetyypit, veden- ja kosteudeneristyssuunnitelmat	+++++	
Detaljipiirustukset	+++	++
Mittapiirustukset	+++	++
Yleispiirustukset	+++	++
Luettelot	++	+++
Tuotesapiirustukset	++	+++
Asennuspiirustukset	+	+
Kokonaisuuksien hallinta	+	++++

5.2 Kohteesta riippuva suunnittelu

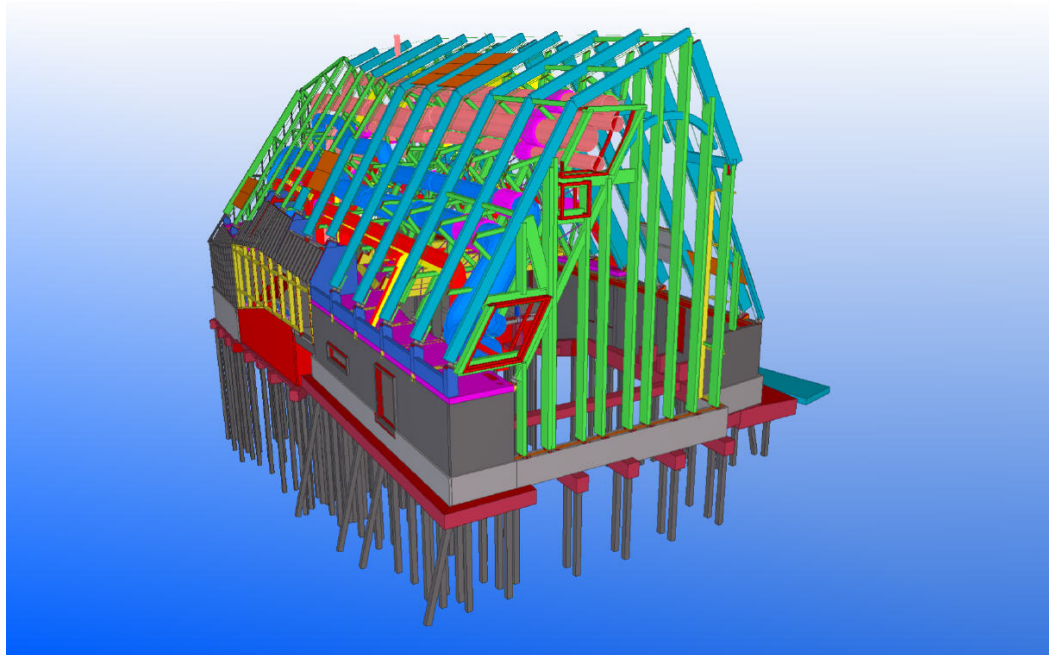
Rakennuskohteen suunnittelutavan valintaan vaikuttavat kustannukset ja kohteen mahdollisimman tehokas toteuttaminen. Tässä kappaleessa selvitetään suunnittelutavan valinnalla saavutettavia etuja, kohteen ominaispiirteistä riippuen.

5.2.1 Pienet kohteet

Pientalosuunnittelussa rakenneratkaisut ovat yleensä yksinkertaisia ja nopeasti suunniteltavissa 2D-suunnittelutavalla. Pientaloissa käytetään Suomessa usein rakennusmateriaalina puuta. Noin 90 % uusista pientaloista rakennetaan puusta, noin 10 % kivistä. Puurakenteisista pientaloista noin 15 % rakennetaan hirrestä. (Runko-materiaalit n.d.)

3D-mallinnuksen hyödyt pientalojen suunnittelussa ovat suurimmaksi osaksi rakennuksien visualisoinnissa, ei niinkään tietomallintamisessa. Visualisoinnista on hyötyä, kun rakennusta voidaan tarkastella 3D-maailmassa. Tällöin saadaan todenmukainen käsitys rakennuksesta valmiina. Tilojen käyttömahdollisuuksien havainnollistaminen kolmiulotteisena helpottaa esimerkiksi kalustehankintoja ja auttaa sisustusmahdollisuuksia mietittäessä. LVISA-ratkaisut ovat myös pientalorakentamisessa yleensä yksinkertaisia, joten nekin on helppo toteuttaa 2D-suunnittelulla. Puurakenteisissa pientaloissa on lisäksi paljon pieniä yksityiskohtia mm. kalvotyyppejä rakenneosia ja yksityiskohtaisia liitoksia, jotka ovat haastavia mallintaa.

Massiiviset liimapuurakenteet soveltuvat mallinnettaviksi. Esimerkiksi Ramboll Finland Oy toteutti Jyväskylän Kuokkalan puukirkon suunnittelun onnistuneesti hyödyntäen 3D-mallinnusta. Kirkon rakenteet mallinnettiin Tekla Structures-ohjelmalla. Ensimmäisen kerroksen lattiat sekä kellari toteutettiin teräsbetonirakenteina paikallavalumenetelmällä. Kirkon runko on liimapuuta ja alempi paarre on jäykistetty teräsvahvistein ja ylempi paarre käyttäen vaneria jäykistämiseen. Ulkoseinät ja katto on tehty liuskekivistä. Kellotornin kokonaiskorkeus on 25 metriä ja siitä 14 metriä on teräsbetoniseinää ja 11 metriä terästornia. Rakenne on haasteellinen, mutta mallinnuksen avulla monimuotoinen rakenne pystyttiin suunnittelemaan kokonaisuutena. (Teklan mallikilpailun voitti Kuokkalan kirkko / Ramboll Finland Oy n.d.)



Kuvio 11. Kuokkalan puukirkon suunnittelu toteutettuna 3D-mallinnusta hyödyntäen. (Teklan mallikilpailun voitti Kuokkalan kirkko / Ramboll Finland Oy n.d.)

5.2.2 Suuret kohteet

Julkisia rakennuksia kuten sairaaloita, kouluja tai päiväkoteja suunniteltaessa kohteen visualisointi on nykyään arkipäivää lähes jokaisessa hankkeessa, koska on tärkeää nähdä, miltä rakennus näyttää valmiina ja miten se sopii kaupunkikuvaan.

Monimuotoisempia rakennuksia suunniteltaessa 3D-mallinnuksen vahvuudet pääsevät hyvin esille. Rakennuksen muuttuessa monimuotoisemmaksi kokonaisuuksien hallinta tulee erityisen tärkeäksi osaksi rakennushankkeen toteutusta. Mitä suuremasta hankkeesta on kyse, sitä tärkeämpää on kaikkien eri alojen suunnittelijoiden tehdä tiivistä yhteistyötä. 3D-mallinnus mahdollistaa tiedon kulun kaikkien suunnittelijoiden välillä saumattomasti ja reaaliajassa, koska kaikki mahdolliset muutokset päivittyvät välittömästi kaikkiin suunnitelmiin. Suunnittelijoiden yhteistyöllä pystytään ennaltaehkäisemään monia ongelmia rakennustyömaalla. Esimerkiksi ilmastointiput-

kien sijoittelua pystytään tarkastelemaan 3D-maailmassa tehokkaasti jo suunnittelu- vaiheessa.

Mallinnusta hyödyntämällä rakennustyömaan ja suunnittelijoiden yhteistyöstä saadaan tehokkaampaa ja tällä pystytään vaikuttamaan, erityisesti isommissa rakennushankkeissa, projektin sujuvuuteen, taloudellisuuteen sekä turvallisuuteen. 3D-mallinnuksella saadaan suoraan parannettua aikataulutusta, määrälaskentaa sekä eri työvaiheiden yhteensovittamista.

Energia- ja olosuhdesimulointi ja niiden hyödyntäminen ovat yleistyneet nykypäivän suuremmissa ja keskikokoisissa hankkeissa. Kohteen energiankäytön ja olosuhteiden optimointia varten laadittavan 3D-mallin avulla voidaan vertailla erilaisten ratkaisujen vaikutuksia kiinteistön sisällä vallitseviin olosuhteisiin sekä kohteen energiankulutukseen. 3D-mallinnuksella ja energiasimuloinnilla saadaan kokonaiskuva kohteen energiatehokkuudesta. (Energia- ja olosuhdesimulointi n.d.)

5.2.3 Yhteenveto

Tehokkaimman suunnittelutyylin valintaan vaikuttaa merkittävimmin kohteen monimuotoisuus. Mitä monimuotoisempi rakennus on, sitä suuremmat hyödyt 3D-mallintamisesta saadaan. Mallintamisen heikkouksiksi voidaan laskea uudet ohjelmistot ja niiden käytön osaavan henkilöstön puute. Tällä hetkellä pelkästään 3D-mallinnuksella on haasteellista toteuttaa kohde alusta loppuun saakka. 2D-suunnittelu on yleensä mukana vähintään täydentävänä suunnittelumuotona.

6 Pohdinta

6.1 Ohjelmien käyttö

3D-mallinnusohjelmilla tapahtuva suunnittelu vaatii suunnitteluohjelmiin perehtymistä, koska mallinnusohjelmat eroavat käyttötavaltaan merkittävästi perinteisistä 2D-ohjelmista. Suunnittelijan täytyy hallita 3D-ohjelmiin liittyvät komennot ja ohjelmiin liittyvät ominaisuudet hyvin, jotta suunnittelu etenee jouhevasti.

3D-mallinnusohjelmien käyttö vaatii ymmärrystä rakennesuunnittelusta 3D-maailmassa sekä hyvää tietoteknistä osaamista. Merkittävä osa mallinnusta on myös 2D- ja 3D-dokumenttien yhteensovittaminen.

6.2 Ongelmat

Rakennesuunnittelijat pystyvät tuottamaan nykyään mallintamalla suuren määrän oikein jäsenneiltyä tietoa, mutta usein rakennushankkeen muut osapuolet eivät pysty hyödyntämään tästä tietomäärästä kuin murto-osan. 3D-mallinnuksen kannalta rakennustyömaalla on usein puutteita, esimerkiksi mallinnuksen hyödyntämiseen tarvittavia ohjelmia ei ole tai niiden käytön osaava henkilöstö puuttuu. Joissain tapauksissa vanhat työtavat ovat juurtuneet niin syväälle, ettei mallinnuksen mahdollisuuksia hyödynnetä toteutuksessa. 3D-tietomallien hyödyntämistä rajoittaa myös se, että rakennustyömaalla rakennetaan tällä hetkellä 2D-suunnitelmien pohjalta. Tämä ei tule todennäköisesti lähitulevaisuudessa muuttumaan. Tilaajapuolella 3D-mallintamisen mieltäminen monimutkaiseksi ja kalliiksi työkaluksi jarruttaa kehitystä. Vaikka 3D-mallintaminen ei ole kaikkiin kohteisiin tehokkain työkalu, se toimii monissa projekteissa täydentävänä suunnittelutapana perinteiselle 2D-suunnittelulle.

Mallinnuksesta saataisiin rakennushankkeessa enemmän hyötyä, jos hankkeen aikataulutusta olisi mahdollista muuttaa niin, että mallien laatimiseen on riittävästi aikaa varsinkin hankkeen alussa. Aikataulujen muuttaminen vaatisi tilaajalta selkeää näkemystä hankkeen toteutuksesta. Aikataulujen muutos onkin yksi suurimmista ongelmista 3D-mallinnuksessa. Yhtenä hidasteena 3D-mallinnuksen yleistymiselle on yhteisten standardien ja ohjeiden puuttuminen. YTV2012-julkaisu on käytännössä ensimmäinen yhteisiä toimintatapoja esittävä julkaisu. Vaikka jokaisella yrityksellä on omat ohjeensa ja mallinsa suunnitteluun, kattava kansallinen ohjeistus olisi tärkeä.

Korjausrakentamisessa vanhat piirustukset ovat 2D-piirustuksia, joten uudetkin suunnitelmat tehdään usein perinteiseen 2D-tyyliin. Korjausrakentamisen peruspiirteisiin kuuluu korjauksen edetessä yllätysten mahdollisuus. Esimerkiksi vanhoihin piirustuksiin merkityt rakenneratkaisut on voitu toteuttaa toisin kuin piirustuksiin on merkitty. Yllätysten suuren todennäköisyyden takia perinteinen suunnittelutapa on usein tehokkaampi vaihtoehto, koska uudet suunnitelmat on nopeampi toteuttaa 2D:nä ja rakennustöitä päästään jatkamaan nopeammin.

6.3 Hyödyt

3D-mallinnuksen merkittävimmät hyödyt ovat rakennuskohteen määrälaskennassa, yhteensovittamisessa sekä kokonaisuusien hallinnassa. Määrälaskenta on helppo suorittaa mallista ja 3D-mallin hyödyntäminen osana laskentaa on otettu hyvin vastaan.

Rakennuksen eri osien yhteensovittaminen ja ristiriitaisuuksien välttäminen on tärkeää. 3D-mallissa yhteensovittaminen ja kokonaisuusien hallinta on tehokkaampaa kuin perinteisessä 2D-suunnittelussa, koska jokaisen rakenteen liittymiset muihin rakenteisiin ja mahdolliset läpiviennit voidaan todeta helposti 3D:n avulla. Talotekniset ratkaisut ovat koko ajan muuttumassa yhä vaativammiksi ja tilaratkaisut ovat

tästä syystä haastavia. Tilaratkaisuissa mallintaminen antaa mahdollisuuden nähdä jo suunnitteluvaiheessa esimerkiksi IVKH-tilan käyttö ja tehdä tarvittavat muutokset jo varhaisessa vaiheessa. Mallinnuksen etu on myös yhteinen malli, johon kaikki eri alojen suunnittelijat voivat tehdä omat suunnitelmansa ja kaikki pysyvät reaaliajassa projektin kulussa mukana.

6.4 Mahdollisuudet

3D-mallintamisen mahdollisuudet ovat todella laajat rakennesuunnittelussa, rakennustyömaalla sekä koko rakennushankkeen läpiviennissä.

Rakennesuunnitteluohjelmien kehittyessä ja henkilöstön osaamisen kasvaessa mallintamisen merkitys kasvaa, erityisesti uudisrakentamisen puolella. Korjausrakentamisessa laserkeilauksen yleistymisen myötä päästään koko ajan paremmin hyödyntämään myös mallinnusta. Laserkeilauksella saadaan tuotettua pistepilvidataa vanhoista rakenteista ja sitä tulkitsemalla saadaan toteutettua 3D-malli.

Rakennustyömaalla 3D-mallinnuksella on monia mahdollisuuksia kehittää rakentamisen taloudellisuutta, laatua ja turvallisuutta.

Turvallisuuden näkökulmasta mallintamisella pystytään rakennustyömaalla ennakoimaan ne mahdolliset tilanteet, joissa on syytä kiinnittää huomiota työturvallisuuteen. Rakennuksen hahmottaminen 3D-muodossa edesauttaa jo varhaisessa vaiheessa tunnistamaan riskit eri työvaiheissa.

Aikatauluja tehtäessä mallissa on helppo ennakoida aikaa vaativia työvaiheita ja asennusjärjestykset ovat helposti hahmotettavissa. Eri rakennusvaiheiden päivämäärät voidaan liittää suoraan malliin. Tämä helpottaa mm. rakennusmateriaalien tilaamista. Mahdollisten muutosten päivittyminen reaaliajassa mahdollistaa rakennustyömaan jouhevamman etenemisen. Myös logistiikkaa ja varastointia on mahdollista

tehostaa mallinnuksen avulla, kun sekä tilat että tilantarve voidaan hahmottaa helpommin.

Aikataulujen ja 3D-mallinnuksen yhteydessä puhutaan 4D-suunnittelusta, jossa tietomalliin tuotetuilla objekteilla on lisäksi neljäntenä ulottuvuutena aika. Näin rakennusprosessia voidaan tarkastella myös ajan funktiona. 4D-suunnittelun avulla on mahdollista yhdistää 3D-mallinnuksen kolme ulottuvuutta ja aikaulottuvuus visuaalisesti tietokoneella. 4D-suunnittelun avulla pystytään tarkastelemaan asennusaikatauluja suoraan mallista. (Knuuttila 2012, 25.)

3D-mallinnusta on mahdollista täydentää ottamalla mukaan myös kustannusohjaus. 5D-suunnittelulla tarkoitetaan 4D-suunnittelua, johon on otettu mukaan kustannukset viidentenä ulottuvuutena. Viidennellä ulottuvuudella voidaan malliin ottaa mukaan materiaalikustannuksia ja työstä muodostuvia kustannuksia. 5D-mallin avulla voidaan simuloida rakennushankkeen elinkaarikustannuksia aina rakennuksen purkamiseen asti. Jotta rakennushanketta pystyttäisiin analysoimaan erilaisten vaihtoehtojen ja skenaarioiden näkökulmasta, lisää ulottuvuuksia tarvitaan. (Virolainen 2008.)

6.5 Johtopäätökset

Opinnäytetyössä tavoitteena oli selvittää 3D-mallinnuksen hyödyntämistä rakennesuunnittelussa. Työssä keskityttiin erilaisten rakennesuunnitteluun liittyvien dokumenttien tuottamiseen ja pohdittiin 2D-suunnittelun ja 3D-mallinnuksen eroja dokumentteja tuottaessa sekä kohteesta riippuvaa suunnittelua. Asian tutkimista helpottivat omat kokemukseni 2D-suunnittelusta ja 3D-mallinnuksesta. Työn edetessä 3D-mallinnuksen ominaispiirteiden selvittäminen teoriaosuudessa ja niiden vaikutusten ymmärtäminen rakennesuunnittelussa nousivat aluksi ajateltua merkittävämmäksi osaksi mallinnuksen soveltuvuutta arvioitaessa. Ramboll Finland Oy:n asiantuntijoiden kanssa käydyt keskustelut olivat myös tärkeä osa pohdittaessa 3D-mallinnuksen merkitystä.

Haastattelemalla useampien erilaisten ja erikokoisten yritysten asiantuntijoita asiaan olisi saatu laajempi näkökulma ja lisää erilaisia kokemuksia hyödyistä ja ongelmista eri tilanteissa. Myös esimerkkikohteen suunnittelun sisällyttämällä opinnäytetyön tutkimusmenetelmiin olisi työn tuloksiin saatu monipuolisempi ja käytännön läheisempi näkökulma.

Tavoitteiden saavuttaminen

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää 3D-mallinnuksen tuomia hyötyjä rakennesuunnittelun dokumenttien tuottamisessa sekä selvittää 3D-mallinnuksen hyödyntämistä rakennesuunnittelussa kohteesta riippuen. Tavoitteet saavutettiin ja tutkimuksen perusteella selvisi, että 3D-mallinnuksesta on merkittävää hyötyä yleisessä kokonaisuuksien hallinnassa sekä silloin kun kohteesta tuotetaan erilaisia luetteloita ja tuoteosapiirustuksia. Yksi 3D-mallintamisen eduista on eri suunnittelualojen yhteistyön parantaminen, kun kaikki suunnittelijat työskentelevät saman mallin yhteydessä ja tieto liikkuu reaaliajassa suunnittelijoiden välillä. Tilojen hallinnassa mallinnus on huomattavasti perinteistä 2D-suunnittelua tehokkaampaa. Tulevaisuudessa varsinkin taloteknisten ratkaisujen monimuotoisuuden takia tästä on merkittävää hyötyä. Mallinnuksen avulla pystytään myös varmistamaan rakenteiden yhteensopiavuus olettaen, että mallinnus on tehty oikein. 3D-mallinnuksen heikko kohta on esimerkiksi rakennetyyppien tuottaminen, koska kalvotyyppisiä rakennustuotteita ei yleisesti mallinneta. Tällä hetkellä rakennetyypit tuotetaankin 2D-suunnittelulla. Myös detaljipiirustukset tuotetaan suurelta osin 2D-suunnittelulla, koska 3D-mallinnuksella ei vielä pystytä tuottamaan tarvittavia detaljeja tehokkaasti.

Tavoitteena ollut kohteesta riippuvaa suunnittelua tarkastellessa kävi selväksi, että 3D-mallinnuksen vahvuudet tulevat esiin mitä monimuotoisempi kohde on kyseessä. Pienessä kohteessa, kuten omakotitalon suunnittelussa yksinkertaiset rakenteet ja talotekniset ratkaisut vaikuttavat 2D-suunnittelun valintaan. Pienen kohteen visuaali-

sointiin voidaan käyttää 3D-suunnittelua hahmottamisen apuna, mutta vain visualisoinnin takia ei mallinnusta kannata käyttää sen suuren työmäärän takia.

Jatkotoimenpiteet

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin 3D-mallinnuksen hyödyntämistä vain uudisrakentamisen rakennesuunnittelussa ja erityisesti dokumenttien tuottamisessa. Jatkossa tarvitaan lisäselvitystä siitä, miten 3D-mallintamista voidaan hyödyntää korjauskentämissä, rakenteiden mitoituksessa sekä rakennustyömaalla. Edellä mainittuja asioita olisi syytä tutkia lisää niiden merkittävyyden vuoksi.

Rakennustyömaan tahto- ja taitotilalla on tärkeä osa tietomallien paremmassa hyödyntämisessä. Suomessa muutamat suuret rakennusliikkeet hallitsevat jo mallien hyödyntämisen. Rakennustyömailla on erikseen 3D-insinööri ja mittamiehillä on tallettietokoneet käytössä. Jotta tietomallintamisesta saataisiin täysimääräinen hyöty, on tietomallinnus otettava mukaan rakennushankkeen jokaiseen vaiheeseen aina hankesuunnittelusta kiinteistön ylläpitoon. On myös tärkeää, ettei monimutkaisiin tietokoneohjelmiin keskittyminen vie varsinkin nuorilta suunnittelijoilta huomiota rakennusteknisistä ratkaisuista. Vanhemmilla suunnittelijoilla tietomallinnuksen tulo mukaan suunnitteluun vaatii työrutiinien päivittämistä, jos suunnittelutapana on käytetty pelkästään 2D-suunnittelutapaa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja Ramboll Finland Oy on hyödyntänyt 3D-mallinnusta jo vuosien ajan ja tekemieni haastattelujen perusteella tulee todennäköisesti hyödyntämään 3D-mallinnusta yhä monipuolisemmin. Tästä opinnäytetyöstä saatavan tiedon avulla Ramboll Finland Oy voi omalta osaltaan kehittää 3D-mallinnuksen heikkoja osa-alueita. Opinnäytetyöstä saadaan myös selkeä kuva 3D-mallinnuksen hyödyistä ja näitä tietoja on mahdollista käyttää, kun perustellaan suunnittelutavan valintaa suunnittelutarjouksia laadittaessa.

Tietomallinnusta kehitettäessä on ohjelmien aktiivisen kehittämisen rinnalla pidettävä mielessä tiedonhallinta, tiedonkulku ja yhteistyö!

Lähteet

Anita Saaranen-Kauppinen & Anna Puusniekka. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 14.1.2016.

http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_1.html

Autodesk. N.d. Viitattu 5.11.2015.

<http://www.autodesk.fi/>

Building information modeling. N.d. Autodesk. Viitattu 14.1.2016.

<http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/overview>

Elementtisuunnittelun mallinnusohje. 2012. Betoniteollisuus ry. Viitattu 22.2.2016.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>

Energia-ja olosuhdesimulointi. N.d. Talotekniikka. Kiinteistöt –ja rakentaminen. Tekninen konsultointi. Palvelut. Inspecta. Viitattu 9.2.2016.

<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tekninen-konsultointi/Kiinteisto-ja-rakenne/Talotekniikka/Energia-ja-olosuhdesimulointi/>

Haastattelu. N.d. Verkkomateriaali. Ok-opintokeskus. Viitattu 14.01.2016.

<http://ok-opintokeskus.fi/node/120>

Hasari, H & Salone, P. 2006 Teknillinen piirtäminen. Helsinki: Otava.

Isokääntä, J. 2015. Rakennetekniikan yksikön päällikkö. Ramboll Finland Oy. Haastattelu 8.10.2015. Haastattelu 5.11.2015.

Kauppakeskus Puuvilla. N.d. Referenssit. Viitattu 15.2.2016.

<http://www.tekla.com/fi/referenssit/kauppakeskus-puuvilla>

Knuutila, O. 2012. 4D-mallinnuksen mahdollisuudet voimakattilatoimituksessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Luonnintieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunta energia-ja prosessitekniikan laitos. Viitattu 9.2.2016.

Kolari, S. 2015. Projektipäällikkö. Ramboll Finland Oy. Haastattelu 5.11.2015.

Liitokset ja saumat. N.d. Julkisivut. Elementtisuunnittelu. Viitattu 9.02.2016.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/liitokset-ja-saumat>

Osa 2. Lähtötilanne. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Viitattu 20.11.2015.
https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf

Osa 5. Rakennesuunnittelu. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Viitattu 20.11.2015.
https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_5_rak.pdf

Runkomateriaalit. N.d. Tietoa pientaloista. Viitattu 15.11.2015.
http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/tietoa_pientaloista/runkomateriaalit/

Solibri. N.d. Micro aided desing. Viitattu 4.1.2016.
<http://www.mad.fi/mad/solibri.html>

Tekla Structures. N.d. Tuotteet. Viitattu 10.11.2015.
<http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>

Teklan mallikilpailun voitti Kuokkalan kirkko / Ramboll Finland Oy. N.d. Tekla Suomen Mallikilpailu 2009. Viitattu 04.02.2016.
<http://www.tekla.com/fi/tekla-suomen-mallikilpailu-2009>

Tietoa Rambollista. N.d. Ramboll Finland Oy. Viitattu 10.1.2016.
http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy

Tietomallinnus. N.d. Alan kehittäminen. Viitattu 14.1.2016.
(<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>)

Toimistorakennus. N.d. Esimerkkietomallit. Suunnitteluprosessi. Elementtisuunnittelu. Viitattu 10.2.2016.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/esimerkkietomallit/toimistorakennus>

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Valitse bim sovellus johon voit luottaa myös tulevaisuudessa. N.d. Content. Viitattu 10.11.2015.
<http://www.magicad.com/fi/content/valitse-bim-sovellus-johon-voit-luottaa-myos-tulevaisuudessa>

Virolainen, S. 2008. Tietomallin ulottuvuudet. Viitattu 9.2.2016.
<http://www.mad.fi/Severi/kirjoitukset/bim08sv1.html>