SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - YLEMPI AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TIETOMALLINNUKSEN KEHITTÄMINEN TALONRAKENNUSHANKKEEN RAKENNESUUNNITTELUSSA

TEKIJÄ: Antti-Jussi Harjunen

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Master's Degree Programme In Construction Engineering	
Työn tekijä Antti-Jussi Harjunen	
Työn nimi Tietomallinnuksen kehittäminen talonrakennushankkeen rakennesuunnittelussa	
Päiväys 4.4.2021	Sivumäärä 63
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky/ Pasi Hakkarainen	

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tietomallinnusta osana Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky:n rakennesuunnittelua ja etsiä kehittämisen kohteita. Tietomallinnus rakennesuunnittelun osana on aloitettu Turunen & Räisänen Ky:ssä vuonna 2018, jonka jälkeen kehitystä on tehty osana kohteiden varsinaista suunnittelua. Tämän opinnäytetyön tavoitteena haluttiin selvittää tulevan kehityksen pääsuunnat ja suurimmat kehityskohteet. Tämän lisäksi haluttiin yhtenäistää ja kehittää rakennesuunnittelun työskentelytapoja.

Mallinnuksen nykytilaa tutkittiin todellisen rakennushankkeen kautta ja siten saatiin selkeä kuva mallinnuksen nykytilasta ja kehityskohteista. Kehityskohteita tutkittiin toimintatutkimuksen ja tapahtumatutkimuksen keinoin. Toimintatutkimuksen keinoin tutkitut asiat siirrettiin suoraan osaksi suunnittelua ja tapahtumatutkimuksen keinoin tutkitut asiat siirrettiin jatkotutkimuskohteiksi. Kehityksen taustaksi selvitettiin talonrakennushakkeen prosesseja, tietomallintamiseen liittyviä määräyksiä ja ohjeita sekä Tekla Structures-ohjelmiston käyttöön liittyviä asioita. Kehityksen suuntaa ja tavoitteita tarkennettiin selvittämällä yhteistyökumppaneiden tarpeita ja tulevaisuuden tavoitteita tietomallien hyödyntämisestä työmaalla ja betonielementtituotannossa.

Tämän opinnäytetyön tuloksena kehitettiin yrityksen mallintavaa rakennesuunnittelua. Kehitys painottui työskentelytapoihin, Tekla Structures-ohjelmiston työkaluihin ja asetuksiin, laadunvarmistukseen sekä rakennesuunnittelijan tietomallin hyödyntämismahdollisuuksiin työmaalla. Kehitystä jatketaan Tekla Structures-ohjelmiston työkalujen ja asetusten kehittämisessä, työskentelytapojen yhtenäistämisessä ja suunnittelun siirtämisessä kokonaisuudessaan mallintavaan suunnitteluun.

Avainsanat
rakennesuunnittelu, Tekla Structures

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Master's Degree Programme In Construction Engineering	
Author Antti-Jussi Harjunen	
Title of Thesis Development of Building Information Modeling in Structural Design	
Date 4 April 2021	Pages 63
Client Organisation /Partners Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky/ Mr. Pasi Hakkarainen	

Abstract

The purpose of this final project was to study how information modelling is used in structural design at Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky and find objects for development. Information Modeling as a part of the structural design was started in the company in 2018. Since then, development has been done as part of the design work. The aim of this thesis was to find the main directions for the future development and the biggest development objects. In addition, there was a need to unify and develop working methods.

Examining the current state of building information modelling (BIM) through an actual construction project provided a clear picture of the current state of BIM and key areas for future development. The development was carried out by using action research and event research. Matters investigated with action research were transferred directly into the design work, while matters investigated with event research were transferred as subjects for further research. As a background for the development, the processes of building, regulations and instructions related to BIM, and study material for the use of Tekla Structures were thoroughly studied. The direction and aims of the development were clarified by finding out the needs of partners and the future aims of utilizing information models on construction sites and in production of concrete elements.

As a result of this final project, structural design with information modeling was developed in the company. The development focused on the working methods, tools and settings of Tekla Structures, the quality control of the plans and the possibilities of utilizing the structural designer's information model on construction sites. Development of Tekla Structures tools and settings, unifying of working methods and the transfer of structural design into information modeling as a whole will be continued.

Keywords
structural design, Tekla Structures

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 5
1.1 Työn tilaaja 5
1.2 Tietomallinnuksen tila yrityksessä 8
1.3 Mallintavansuunnittelun hyötyjä ja haasteita 8
1.4 Tutkimuksellisen kehittämisen periaatteita 9
1.5 Käsitteet ja määritelmät 11
2 TALONRAKENNUSHANKE JA TIETOMALLINNUS 13
2.1 Talonrakennushankkeen suunnittelun vaiheet ja osapuolet 13
2.2 Päärakennesuunnittelijan tehtävät 16
2.2.1 Rakennesuunnittelu talonrakennushankkeen eri vaiheissa 17
2.3 Mallintaminen muilla suunnittelualoilla 21
2.4 Rakennemallin hyödyntäminen rakentamisessa 23
3 SUUNNITTELUN KULKU JA KEHITTÄMINEN 25
3.1 Kohteen esittely 25
3.2 Tietomallin sisältövaatimukset 25
3.3 Ehdotussuunnittelu 27
3.4 Yleissuunnitteluvaihe 29
3.4.1 Mallikerros 30
3.4.2 Yleissuunnitteluvaiheen mallinnus 34
3.4.3 Tietomalliselostus 38
3.5 Hankintoja palveleva suunnittelu 39
3.5.1 Tyyppielementtipiirustukset 44
3.5.2 Määräluettelot ja Tekla Organizer 48
3.5.3 Reikä- ja varauskierto 51
3.6 Toteutussuunnittelu 54
4 YHTEENVETO 57
5 POHDINTA 60
LÄHTEET 62

1 JOHDANTO

1.1 Työn tilaaja

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky (myöhemmin Turunen & Räisänen) Kuopiosta. Yrityksen toimintaan kuuluu rakennus- ja rakennesuunnitelmien sekä hankesuunnitelmien laadinta. Päätoiminnan lisäksi Turunen & Räisänen tekee rakennustöiden valvontaa ja ulkopuolisia tarkastuksia. Yrityksen arvoihin kuuluu asiakaslähtöisyys, aikatauluvastuu ja suunnitelmien korkea laatutaso. Näiden arvojen toteuttamiseksi yrityksellä on käytössään uusimmat tietomallinnusohjelmat. (Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2016.)

Turunen & Räisänen on perustettu vuonna 1970 ja vuoteen 2021 mennessä se on toteuttanut yli 6000 toimeksiantoa. Alusta lähtien yrityksessä on ollut kaksi suunnittelualaa; rakennus- ja rakennesuunnittelu. Vuoteen 1978 asti rakennus- ja rakennesuunnitteluosastot työskentelivät omissa toimipisteissään eri osissa Kuopiota, kunnes vuonna 1978 valmistui yrityksen omat toimitilat Kuopion Neulamäkeen osoitteeseen yrittäjäntie 6. Yritys toimii samoissa tiloissa tänäkin päivänä. (Kupiainen 2020.)

Yrityksen perustajat ja alkuperäiset omistajat Lauri Turunen ja Kyösti Räisänen olivat yrityksen perustamisvaiheessa jo kokeneita suunnittelijoita ja saivat yrityksen toiminnan ja henkilömäärän nousemaan nopeasti. Osoituksena tästä on osallistuminen 1970-luvulla Kuopion mittakaavalla merkittäviin kohteisiin, kuten Kuopion yliopistollisen sairaalan (myöhemmin KYS) laajennuksiin sekä Kuopion jäähallin suunnitteluun. Suunnittelupöydällä oli myös merkittäviä teollisuuskohteita, kuten Hackmanin Leppävirran tehtaiden rakennus- ja rakennesuunnittelu. (Kupiainen 2020.)

Yrityksen toiminta jatkui vilkkaana myös 1980-luvun alussa, jolloin suunniteltiin muun muassa Turon muovitehdas Kuopioon ja Kuopion valtuusto- ja virastotalo. Turon muovitehtaassa Turunen & Räisänen teki sekä rakennus- että rakennesuunnittelun ja Kuopion valtuusto- ja virastotalossa rakennesuunnittelun. 1980-luku oli Suomessa asuinrakentamisen aikaa. Siitä osoituksena Turusen & Räisäsen työkirjasta löytyy tuolta vuosikymmeneltä useita satoja asuinkohteita. Vuonna 1988 alkuperäiset omistajat siirtyivät oloneuvoksiksi ja uusiksi omistajiksi tulivat Pekka Kupiainen, Oskari Laukkanen ja Seppo Hyvärinen. Heidän aikanaan 1980-luvulla Turunen & Räisänen suunnitteli Kuopion ensimmäisen kauppakeskuksen Puijonlaaksoon sekä toimi Kuopion Toriparkissa päärakennesuunnittelijana. (Kupiainen 2020.)

1990-luvun lama iski Turuselle & Räisäselle vuonna 1993, jolloin teollisuus- ja toimitilarakentaminen loppui lähes kokonaan. Laman seurauksena yritys joutui puolittamaan henkilökuntansa 26:sta 13:sta. Lama iski kovaa varsinkin rakennepuolelle, josta kaikki työntekijät jouduttiin lomauttamaan. Rakennussuunnittelupuolella tällä ajanjaksolla töitä tarjosivat asuinrakennuskohteiden uudis- ja korjaussuunnittelu sekä KYS:n peruskorjausten suunnittelu. (Kupiainen 2020.)

Laman jälkeen 1990-luvulla lopulla töitä tarjosi yhteistyö Osuuskauppa PeeÄssän kanssa, jonka seurauksena Turunen & Räisänen toimi rakennus- ja rakennesuunnittelijana useiden kauppakohteiden

uudis-, muutos- ja korjausrakentamisessa. Saman yhteistyön tuloksena suunniteltiin S-ryhmän ensimmäinen liikenneasema Iisalmen Marjahakaan ja hieman myöhemmin liikenneasemien muututtua ABC-ketjuksi ACB Pitkälahti Kuopioon. (Kupiainen 2020.)

2000-luvun alussa Seppo Hyvärinen möi osuutensa Pekka Kupiaiselle ja Kupiainen jatkoi yrityksen toisena omistajana Oskari Laukkasen kanssa. 2000-luvun alussa alkoi yhteistyö Starkin (nykyisin Stark Suomi) kanssa. Ensimmäinen Starkille suunniteltu kohde oli Starkin Kuopion myymälä, jonka jälkeen Turunen & Räisänen on toiminut lähes kaikkien Starkin myymälöiden rakennus- ja rakennesuunnittelijana ympäri Suomea. Samalla vuosikymmenellä suunniteltiin myös useita asuntokohteita, joista merkittävimpänä kokonaisuutena voidaan mainita Kuopion Niiralassa sijaitsevan Turon-alueen uusien kerrostalojen rakennus- ja rakennesuunnittelu. Alueen rakennusten suunnittelu jatkui lähes kymmenen vuoden ajan. Turunen & Räisänen oli suunnittelemassa myös useita KYS:n laajennuksia ja muutoksia, sekä jatkoi yhteistyötä Osuuskauppa PeeÄssän kanssa. Merkittävimpänä PeeÄssälle tehdyistä hankkeista oli Kuopion Prisman laajennuksen suunnittelu 2007. Jatkumona tähän laajennukseen Turunen & Räisänen suunnittelee tätä kirjoitettaessa Kuopion Prisman seuraavia laajennuksia ja muutoksia, jotka toteutetaan vuonna 2021. (Kupiainen 2020.)

KUVA 1. As Oy Kuopion Turonkulma (Kilpeläinen 2016a.)

2010-luku oli myös kiireistä aikaa. Yhteistyöt PeeÄssän, Starkin, KYS:n ja Savon koulutuskuntayhtymän kanssa ovat taanneet tasaisen työvirran. Oskari Laukkanen siirtyi eläkkeelle vuonna 2014 ja hänen osuutensa osti vuodesta 1982 yrityksessä työskennellyt Sinikka Ritvanen. Vuonna 2017 Pekka Kupiainen möi yhden osuuden yrityksestä Pasi Hakkaraiselle, joka siirtyi samalla vetämään yrityksen rakennesuunnitteluosastoa. 2010-luvun merkittävin kohde, jonka suunnitteluun Turunen & Räisänen

osallistui, oli KYS:n Uusi Sydän 2025. Uuden Sydämen suunnittelu jatkuu myös pitkälle 2020-luvulle. (Kupiainen 2020.)

KUVA 2. Viihdekeskus Iso Cee Kuopiossa (Kilpeläinen 2016b)

2010-luvulla rakennesuunnitteluosastoa työllistivät useat erilaiset kohteet. Teollisuuskohteista suunniteltiin muun muassa Pakkasmarjan ja Maitomaan toimitilojen laajennukset Suonenjoelle. Yhteistyö KYS:n kanssa jatkui myös rakennepuolella, kun suunniteltiin KYS:n uusi apteekkirakennus ja Sakupen pesulan laajennus. Yksittäinen iso ja haastava kohde oli viihdekeskus Iso Ceen (nykyisin viihde-

keskus Minna) muutossuunnittelu. 2010-luvulla suunniteltiin myös useita kymmeniä asuinrakennuskohteita ympäri Itä-Suomea, Inexin terminaalit Kuopioon ja Seinäjoelle sekä Tuplajäiden jäähalli Kuopion Lippumäkeen. (Hakkarainen 2020.)

1.2 Tietomallinnuksen tila yrityksessä

Turusella & Räisäsellä on pitkä historia erilaisten kohteiden rakennus- ja rakennesuunnittelusta. Vaikka tämä historia antaa tietämyksellisesti hyvää selkänojaa kohteiden suunnitteluun, voi se toimia myös hidastavana tekijänä suunnittelutapojen muuttuessa. Näissä tapauksissa vastaan tulee kysymys; ”Miksi jotain pitää muuttaa, kun se toimii?”. Muutos paineet eivät usein tule yrityksen sisältä, vaan sen ulkopuolelta tilaajilta ja yhteistyökumppaneilta.

1980-luvulle saakka kaikki suunnitelmat tehtiin käsin piirtämällä. Käsin piirtäminen oli työvoimavoittoista ja pääosin hidasta toimintaa. Varsinkin virheiden korjaaminen ja muutosten tekeminen oli todella työlästä. Tietokoneavusteiseen suunnitteluun siirryttiin Turusella & Räisäsellä 1990-luvun alussa, kun rakennussuunnittelupuolelle tuli töihin työntekijä, jolla oli aikaisempaa osaamista tietokoneavusteisesta suunnittelusta. (Kupiainen 2020.)

Rakennussuunnitteluosastolla mallintaminen aloitettiin vuonna 2016 asuinrakennuskohteella, jota ei tosin koskaan rakennettu. Nopeasti tämän jälkeen siirryttiin mallintamaan KYS:n seuraavaa uudisrakennusta. Siirryttäessä 2020-luvulle lähes kaikkien kohteiden rakennussuunnittelu tehdään mallintamalla Autodesk Revit-ohjelmalla. Revit-ohjelma tarjoaa rakennussuunnitteluun hyvät työkalut ja muistuttaa käytettävyydeltään paljon aikaisemmin käytettyä Autodesk AutoCAD-ohjelmaa. (Kupiainen 2020.)

Rakennesuunnitteluosasta aloitti siirtymisen tietomallinnukseen vuonna 2017, kun yrityksen omistajaksi oli tulossa Pasi Hakkarainen. Hänen tekemät kokeilut Tekla Structures-ohjelman käytöstä osoittivat ohjelman hyödyt, mutta myös ohjelman käyttöönoton haasteet. Sillä hetkellä rakenneosastolla työskentelevillä työntekijöillä ei ollut osaamista uuteen ohjelmaan, joten Hakkarainen otti vuonna 2018 kesätöihin kaksi insinööriopiskelijaa rakentamaan pohjaa rakenneosaston siirtymiselle tietomallinnukseen. Jani Marttilan ja Mika Laitisen tekemien lähtökohtien avulla tehtiin vuonna 2018 ensimmäisiä asuinrakentamisen kohteita tietomallintamalla. Itse liityin Turusen & Räisäsen rakennesuunnitteluosastoon kesällä 2018 ja pääsin osallistumaan ohjelmien käytön jatkokehitykseen muun muassa tällä opinnäytetyöllä. (Hakkarainen 2020.)

1.3 Mallintavansuunnittelun hyötyjä ja haasteita

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 asettavat mallinnukselle muun muassa seuraavia tavoitteita (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 5):

- Tukea päätöksentekoprosesseja
- Sitouttaa hankeen osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallilla
- Havainnollistaa ratkaisuja
- Avustaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- Nostaa ja varmistaa rakennusprojektin laatua
- Tehostaa rakentamista

- Parantaa rakentamisen ja rakennuksen turvallisuutta
- Tukea hankkeen kustannus- ja elinkaarimalleja
- Helpottaa hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan.

Omasta mielestäni suurimmat hyödyt saavutetaan rakenteiden havainnollistamisessa, joka varsinkin haastavissa rakenteissa voi olla 2D-muodossa lähes mahdotonta ilman suurta määrää leikkauksia ja detaljeja. Uusien suunnittelijoiden on helpompi hahmottaa rakennetta, kun se on näytöllä saman näköisenä kuin se on rakennettaessa. Tässä kuitenkin on myös se kääntöpuoli, että piirustusten lukeminen ja samalla niiden tekeminen on alkuun haastavampaa, kun ei tiedetä, mitä pitää esittää ja miten.

Oman kokemukseni mukaan suurimmat haasteet mallinnuksessa on työntekijöiden osaamisen kehittämisessä. Alalle viimeisen kymmenen vuoden aikana valmistuneet suunnittelijat ovat suurelta osin diginatiiveja ja heidän osaamisensa tietokoneista on merkittävästi korkeammalla tasolla, kuin pitempään alalla olleiden suunnittelijoiden. Kokeneiden suunnittelijoiden asenteet mallinnuksen käyttöönottoon vaihtelevat merkittävästi. Osa on mielellään mukana uuden kehittämisessä ja uuden oppimisessa, kun taas toiset eivät enää halua oppia uusia ohjelmistoja tai työtapoja. Samanlainen tilanne oli ollut aikanaan, kun suunnittelijat siirtyivät käsin piirtämisestä tietokoneavusteiseen suunnitteluun. Ohjelmien oppiminen ja varsinkin niiden tehokkaan käytön oppiminen vaatii aikaa, jota tällä alalla harvoin on käytössä.

Tämän takia monessa suunnittelutoimistossa mallinnuksen käyttöönotto on toteutettu hyödyntäen insinööriopiskelijoiden tai vastavalmistuneiden insinöörien tuoretta tietämystä. Tällainen toimintatapa voi toimia, kunhan henkilöt, jotka käyttöönottoa ohjaavat, ovat tietoisia ohjelmistojen perustoiminnoista ja tarvittavista IT-järjestelmistä.

1.4 Tutkimuksellisen kehittämisen periaatteita

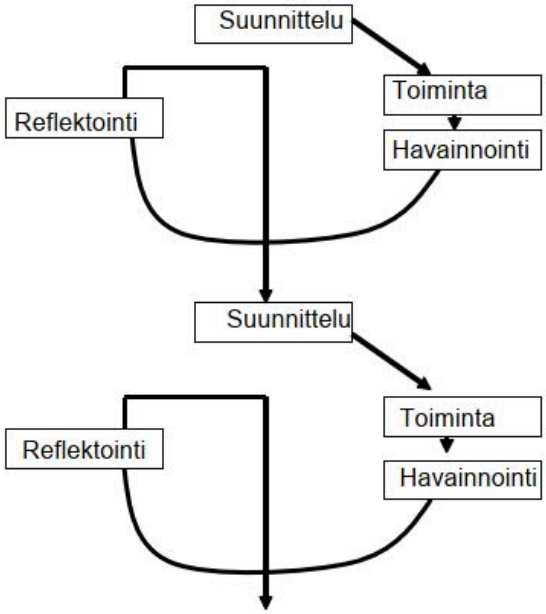
Laadullisessa tutkimuksessa ei ole tarkoitus saada tilastollisesti yleistettäviä tuloksia, vaan antaa tutkitusta asiasta kuvaus tai tulkinta ja ymmärtää asiaa paremmin. Aiheen rajaus on yleensä tarpeellinen, koska aineistoa saattaa muuten kertyä liikaa käsittelyä ajatellen. Aineistoa tarvitaankin vain juuri sen verran, kuin on aiheen kannalta tarpeellista. Laadullisessa tutkimuksessa tulosten luotettavuus voidaan todentaa muun muassa vertaamalla niitä olevaan tietoon tai sillä kuinka saatua tietoa voidaan siirtää käytäntöön. (Lassila 2020.)

Jotta tutkimuksellista kehittämistä voidaan tehdä tehokkaasti, tulee kehittämistoiminnan todellisuuskäsitys määritellä. Kehitystoiminnan pohjana on usein arkiajattelu ja kehitys nojautuu siten arkiajattelun mukaiseen todellisuuskäsitykseen. Tällöin ajatellaan, että todellisuutta voidaan pitää täsmällisenä ja siinä tapahtuvan kehitystoiminnan tavoitteet, menetelmät ja siihen osallistuvat tahot voidaan kuvata yksiselitteisesti. Näin toimittaessa tutkittava toiminta tulee tuntea riittävän hyvin. Kehittämistoimintaa voidaan lähestyä myös tutkimusongelman kautta, jolloin eri tahoilla ei välttämättä ole yhtenevää näkemystä kehitystoiminnan tavoitteista. (Toikka & Rantanen 2009, 35–36.)

Tutkimuksellisessa kehittämisessä pyritään ratkaisemaan käytännöstä nousseita ongelmia tai uudistamiskohteita. Kehittämistyö perustuu käytännöstä kerätyn tiedon lisäksi teoriasta löytyvään tietoon

ja molempien tietojen kriittiseen tarkasteluun. Tiedon keräämiseen käytettävät menetelmät ovat monipuolisia ja niiden käyttö harkittua. Kehityksessä otetaan huomioon eri tahoilta tuleva tieto ja näiden eri tahojen kanssa ollaan yhteydessä aktiivisesti. Tutkimuksellisessa kehittämisessä raportointia tehdään koko prosessin ajan ennalta suunnitellusti. (Rissanen & Huotari 2020; Alkujaan: Ojasalo, Moilanen ja Ritolahti 2009.)

Tässä opinnäytetyössä käytän muutamia erilaisia tutkimusmenetelmiä, joilla pyrin keräämään tietoa tietomallinnusprosessin nykytilasta ja havainnoimaan teoriaan pohjautuen kehityskohteita. Usein kehitettävät kohteet ovat sellaisia, että tarvittavat muutokset voidaan ottaa saman tien osaksi työskentelyä. Näissä tapauksissa käytän toimintatutkimuksen periaatteita. Toimintatutkimuksessa tehdään ensin suunnitelma siitä, mitä tutkitaan ja miten tutkitaan. Tässä opinnäytetyössä tehdään valituksi tulleen hankkeen rakennesuunnittelua nykyisten suunnitteluprosessien mukaisesti. Toiminta dokumentoidaan ja toiminnasta tehdään havaintoja, joiden mukaan tehdään kehitystoimintaa, joka otetaan osaksi toimintaa. Tutkimuksessa käytetään kuvassa 3 olevaa toimintatutkimuksen spiraalimallia. Spiraalimallin mukaan ensin tehdään suunnitelma, sitten toimitaan ja tehdään toiminnasta havaintoja. Sen jälkeen toimintaa kehitetään havaintojen pohjalta ja siirretään kehitysideat mukaan toimintaan.



KUVA 3. Toimintatutkimuksen spiraalimalli (Toikka ym. 2009, 67).

Opinnäytetyössä havaittuja asioita tutkitaan osittain myös tapaustutkimuksen keinoin. Tapaustutkimus on puhtaasti toiminnassa olevan tapahtuman tutkintaa. Tutkimuksen kohde voi olla yksilö, ryhmä, työyhteisö tai kuten tässä opinnäytetyössä prosessi. Tapaustutkimuksen luonteeseen kuluu laaja materiaalin kerääminen ja pyrkimys ymmärtää tutkimuksen kohdetta syvällisemmin. (Syrjälä 1994, 11–12.)

Tapaustutkimuksen keinoin tutkitaan prosessin kokonaisuutta ja asioita, joita ei suoraan voida siirtää työskentelyyn. Tällaisia ovat muun muassa mallinnuksen aloittamiseen liittyvät toimet ja mallinnuksen työjärjestys. Näiden asioiden selvittäminen vaatii yhteistyötä koko rakennesuunnitteluosaston välillä ja yhteisten mallinnus- ja työskentelysääntöjen sopimista.

Kaikki tutkimuksellinen kehitystoiminta pohjautuu eri ihmisten ja eri tahojen väliseen vuoropuheluun. Sen lisäksi, että käymme keskustelua yrityksen sisällä, otamme keskusteluun mukaan myös yhteistyökumppaneiden ja asiakkaiden edustajia. Heihin pidämme yhteyttä keskustelemalla tietomallinnukseen liittyvistä asioissa yhteisissä palavereissa, joissa käymme läpi muun muassa mallinnuksen tietosisällön tarpeita ja mallin hyödyntämistä työmaalla. Tämän lisäksi käymme mallinnukseen liittyviä asioita läpi käynnissä oleviin kohteisiin liittyvissä palavereissa ja keskusteluissa.

1.5 Käsitteet ja määritelmät

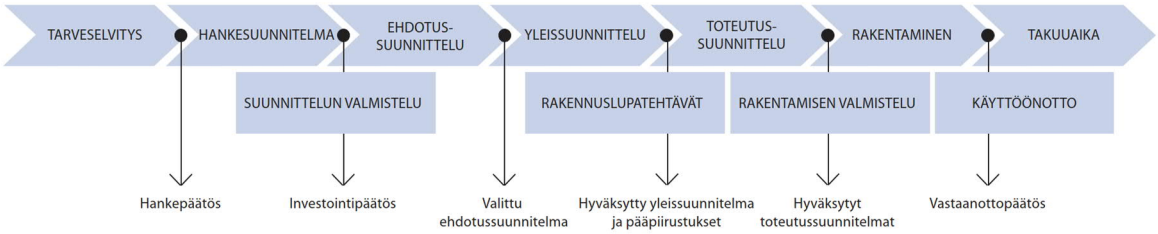
2D-suunnitelmat	2D-suunnitelmia ovat esimerkiksi kaikki paperilla olevat suunnitelmat ja normaalit PDF-tiedostot.
3D-suunnitelmat	3D-suunnitelmia ovat kaikki suunnitelmat, joita voidaan katsella kolmiulotteisesti.
ACN	ACN (Assembly Control Number) on Teklassa kokoonpanoille annettava yksilöllinen tunniste, joka syötetään kokoonpanon UDA-tietoihin.
AutoCAD	AutoCAD on Autodesk Inc. kehittämä tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma, joka on ollut markkinoilla vuodesta 1982. Ohjelmaa käytettään rakennusten suunnittelussa pääasiassa 2D-suunnitelmien laatimiseen.
BEC 2012	BEC-projekti oli betoniteollisuuden, suunnittelutoimistojen ja Tekla Oyj:n yhteishanke, jolla kehitettiin 3D-suunnittelua, tietomallinnusta sekä niihin liittyvää tiedonsiirtoa. Osana tätä projektia syntyi BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje.
BIM	BIM (Building Information Model) on rakennuksentietomalli, jota voidaan hyödyntää rakennusajan lisäksi rakennuksen koko elinkaaren ajan.
DWG	AutoCAD-ohjelman käyttämä tiedostomuoto.
Elementtitunnus	Eri osista muodostuva elementin yksilöllinen tunnus. Tunnuksen alkuosa kertoo elementin tyypin ja loppuosa sen sijainnin tasossa.
GUID	Teklan käyttämä GUID (Globally Unique Identifier) on jokaisella rakenneosalla oleva yksilöllinen tunniste, joka ei muutu suunnittelun aikana.
IFC	IFC (Industry Foundation Classes) on yhtenäinen tiedonsiirtomuoto, jota käytetään erityisesti rakennusten suunnittelussa.

Räjäyttää	Tarkoittaa tässä yhteydessä Teklan työkaluilla tehtyjen komponenttien hajottamista alkuperäisosiin.
Solibri Office	Solibri Office on Solibri Inc. kehittämä IFC-tiedostojen katselu-, hyödyntämis- ja tarkastusohjelma.
Talo2000-nimikkeistö	Rakennusteollisuuden käyttämä standardoitu nimikkeistö, joka toimii tiedonsiirron perustana hankkeen osapuolien välillä.
TATE-suunnittelijat	Talotekniikkasuunnittelijat, kuten LVI- ja sähkösuunnittelijat.
Tekla Structures-ohjelmisto	Trimble Solutions Oy:n kehittämä ohjelmisto tietomallipohjaiseen rakennesuunnitteluun. Yrityksen nimi oli aikaisemmin Tekla Solutions Oy.
Teklan Suomi-ympäristö	Teklan Suomi-ympäristö sisältää Suomessa tyypillisesti käytettävät materiaalit, profiilit, komponentit yms.
Tekla Model Sharing	Pilvessä oleva alusta, jonka välityksellä useat eri osapuolet voivat työskennellä samassa Tekla-mallissa riippumatta maantieteellisestä sijainnista.
Trimble Connect	Yhteistyöalusta, jonka avulla hankkeen osapuolet voivat jakaa hankkeen dokumentteja ja IFC-malleja.
UDA	UDA-tietoja (User-Defined Attribute) ovat esimerkiksi elementin valmistamiseen liittyvät tiedot, jotka käyttäjä lisää elementille.
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on 14 osainen julkaisusarja, jonka tavoite on muun muassa rakentamisen ja suunnittelun laadun parantaminen.

2 TALONRAKENNUSHANKE JA TIETOMALLINNUS

2.1 Talonrakennushankkeen suunnittelun vaiheet ja osapuolet

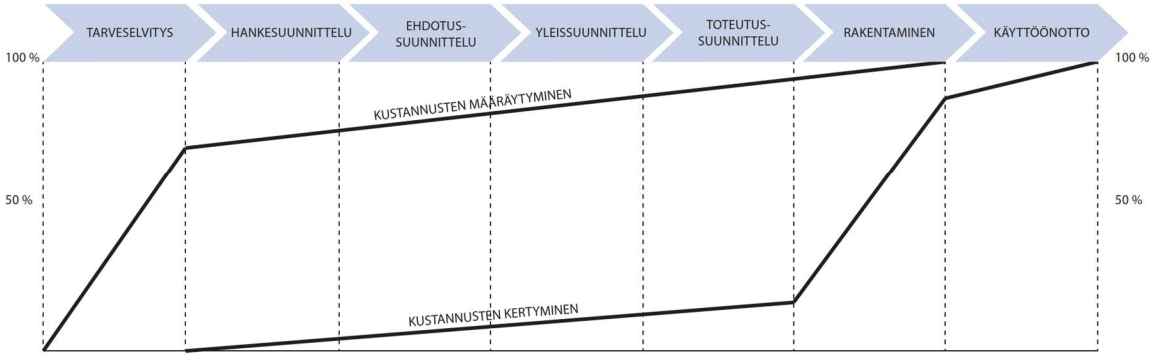
Talonrakennushankkeen vaiheet ovat samat, kuin muissakin rakennushankkeissa. Vaiheet saattavat vaihdella tai niitä voidaan yhdistää hankkeesta riippuen, mutta pääpiirteissään ne voidaan jakaa kuvan 4 mukaisella tavalla. Yleisesti rakennushankkeet jaetaan viiteen päävaiheeseen, jolloin ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu ja toteutussuunnittelu tiivistetään rakennussuunnitteluvaiheeksi. Talonrakennushankkeessa tällainen tiivistäminen ei ole järkevää, koska suunnittelun tavoitetasot ja rakennuksen kustannukset muodostuvat kuvan 5 mukaisen jaottelun mukaisesti hankkeen alkupäässä.



KUVA 4. Talonrakennushankkeen vaiheet (RT 10-11224 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu 2016, 1).

Tarveselvitysvaiheessa selvitetään hankkeen tarpeellisuus, edellytykset ja toteuttamismahdollisuudet. Tarveselvitysvaiheen tuloksena kootaan tarveselvitys, jonka pohjalta tehdään mahdollinen hankesuunnittelupäätös. Hankesuunnitteluvaiheessa arvioidaan hankkeen toteuttamismahdollisuudet ja toteuttamisvaihtoehdot. Tuloksena saadaan hankesuunnitelma, jossa asetetaan hankkeen laajuus- ja laatutavoitteet, jotka määrittävät hankkeen kustannustason ja aikataulun. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös. (RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 3–4.)

Tarveselvitysvaiheen tärkeys korostuu, kun katsotaan kuvan 5 mukaista kustannusten määräytymistä. Kuvasta huomataan, että kustannukset määräytyvät suurimmaksi osaksi tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa ja toteutuvat rakentamisen aikana. Täytyy ottaa huomioon, että tarveselvitysvaiheessa ei välttämättä ole vielä valittu suunnittelijoita tai toteuttajia, joten kustannusten määräytyminen on puhtaasti tilaajan asettamien vaatimusten mukaisia.



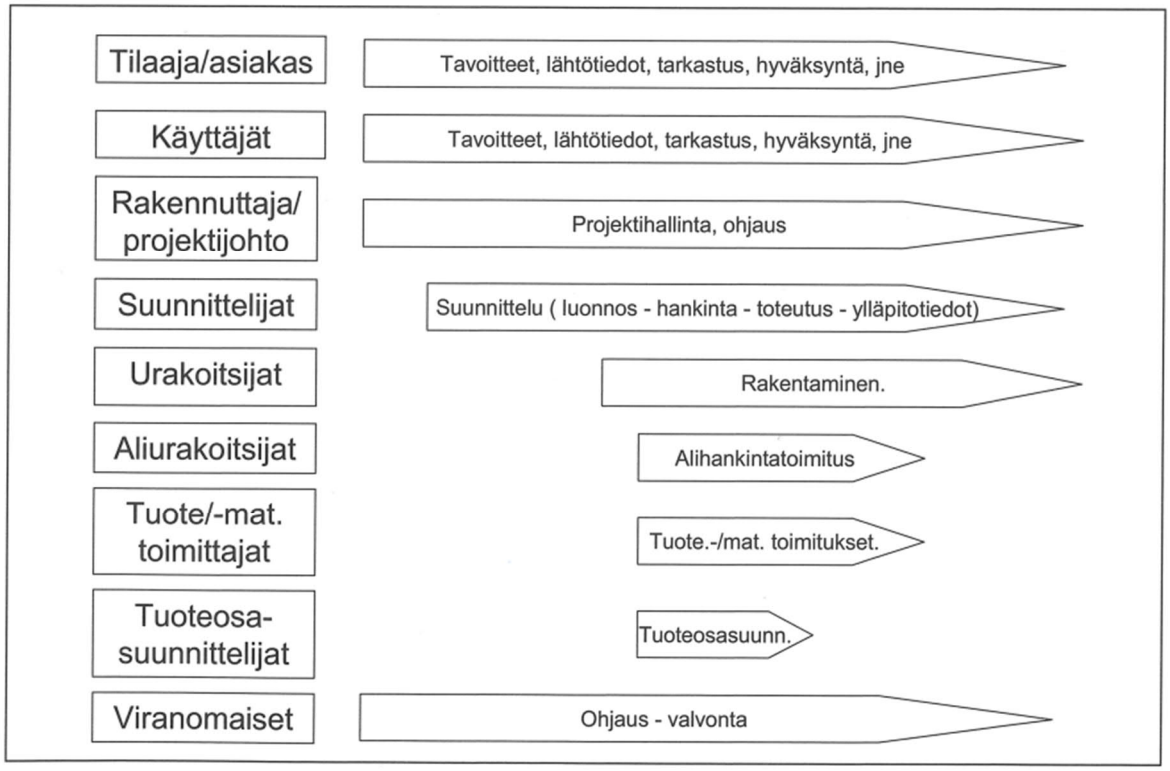
KUVA 5. Talonrakennushankkeen vaiheet (RT 10-11226 Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus 2016, 1).

Investointipäätöksen jälkeen siirrytään suunnittelun valmisteluun. Suunnittelun valmistelussa hankkeelle valitaan suunnittelijat ja järjestetään mahdolliset suunnittelukilpailut. Myös tilaaja järjestelee oman suunnitteluorganisaationsa, johon kuuluu mm. projektipäällikkö. Viimeistään tässä vaiheessa on syytä valita myös tietomallikoordinaattori, joka voi olla suunnitteluryhmästä tai tähän tehtävään pelkästään valittu henkilö. (YTV 2012 Osa 1. Yleinen osuus, 10,13; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18, 5.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennussuunnittelija esittää erilaisia perusratkaisuja tilaajan asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Muut suunnittelijat, rakennesuunnittelija mukaan lukien, kommentoivat rakennussuunnittelijan suunnitelmia ja tekevät tarvittavia selvityksiä. (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 13; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 6.)

Yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitteluvaiheen hyväksytty ratkaisu kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitteluvaiheessa kaikki suunnittelualat tekevät omista osa-alueistaan suunnitelmat, jotka hyväksytetään tilaajalla. Toteutussuunnitteluvaiheessa ratkaisujen kehittämistä jatketaan ja ratkaisuista tehdään työpiirustukset. (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 15; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 7.)

Talonrakennushankkeessa mukana olevat osapuolet määräytyvät hyvin pitkälle maankäyttö- ja rakennuslaissa 132/1999 ja rakennusalan sopimusasiakirjoissa. Kuvassa 6 on esitetty rakennushankeen pääosapuolet ja heihin liittyvät pääprosessit. Rakennushankkeeseen ryhtyvä, rakennuttaja ja tilaaja ovat talonrakennushankkeessa usein sama henkilö tai ainakin saman yrityksen palveluksessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia muun muassa, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan voimassa olevien säännösten, määräysten ja myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii myös, että kohteessa käytettävät suunnittelijat ja työnjohtavat täyttävät heille asetetut kelpoisuusvaatimukset. (RT 10-11222 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankeen osapuolet 2016, 1–2.)



KUVA 6. Rakennushankkeen osapuolet ja prosessit (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirja-ohje. Tekstiosa 2013, 11).

Rakennuttajaa sanotaan usein arkikielessä tilaajaksi, koska hän hankkii tarvittavat suunnitelmat sekä rahoituksen. Hän myös solmii rakentamista koskevat toteuttamissopimukset ja vastaanottaa työsuoritukset. Rakennuttajalla tarkoitetaan luonnollista ja juridista henkilöä, mutta usein rakennuttaja on organisaatio, joka jakautuu päättävään ja toimeenpanevaan tasoon. Tämän organisaation päättävänä tasona voi toimia esimerkiksi yhtiön hallitus tai ohjausryhmä, jonka tehtävänä on tehdä rakentamista koskevat päätökset, joita ei ole siirretty toimeenpanevalle tasolle. Toimeenpanevan tason toimintaa johtaa usein projektipäällikkö tai vastaavalla nimikkeellä toimiva henkilö. Suunnittelun ohjauksesta vastaavat henkilöt kuuluvat organisaation toimeenpanevaan tasoon ja heidän tehtävänsä on ohjata suunnittelua päättävän tason päätösten mukaisesti. (RT 10-11222 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankeen osapuolet 2016, 2.)

Rakennushankkeen suunnittelua hoitaa suunnitteluryhmä, johon kuuluu suunnittelijoita eri aloilta. Suunnittelutehtävien painotus vaihtelee hankkeen mukaan. Tässä opinnäytetyössä keskitytään uudisrakentamiseen. Rakennushankkeelle nimitetään pääsuunnittelija, joka vastaa suunnittelun kokonaisuudesta ja sen laadusta. Pääsuunnittelijan tulee huolehtia, että kohteeseen laaditut suunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää rakentamista koskevat säännökset ja määräykset. Pääsuunnittelijana toimii talonrakennushankkeissa usein saman yrityksen edustaja, kuin rakennussuunnittelijana. Rakennussuunnittelijan tehtäviin kuuluu tilaajaan antamien lähtötietojen pohjalta laatia kokonaisratkaisu, jossa huomioidaan toiminnalliset, taiteelliset ja taloudelliset näkökohdat sekä turvallisuuteen ja terveyteen liittyvät asiat. (RT 10-11222 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankeen osapuolet 2016, 3–4.)

Rakennushankkeessa voi olla useita erityisalojen suunnittelijoita, kuten rakenne- ja talotekniikka-suunnittelijat. Asuinrakentamishankkeessa näiden suunnittelualojen lisäksi mukana on yleensä vain geotekninen suunnittelija. Hankkeen muut suunnitteluvastuut jaetaan lopun suunnitteluryhmän kesken. Esimerkiksi maisema-, sisustus-, ja akustiikkasuunnittelusta vastaa rakennussuunnittelija, palosuunnittelusta rakennesuunnittelija ja energiatehokkuussuunnittelusta LVI-suunnittelija. Talotekniikan suunnitteluun kuuluu lämmitys-, ilmanvaihto-, vesi- ja viemärijärjestelmien sekä sähköjärjestelmien suunnittelu. Nämä talotekniikan alat ovat mukana jokaisessa rakennushankkeessa jossakin muodossa. (RT 10-11222 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankeen osapuolet 2016, 4.)

Kaikkien suunnittelualojen tehtävät rakennushankkeen eri vaiheissa on esitetty suunnittelualakohtaisissa tehtäväluetteloissa. Nämä tehtäväluettelot ovat yleisellä tasolla laadittuja luetteloita, jotka eivät suoraan anna mallinnukseen liittyviä tehtäviä. Mallinnukseen liittyvät tehtävät on esitetty buildingSMART Finlandin Yleiset tietomallivaatimukset 2012-julkaisusarjassa.

2.2 Päärakennesuunnittelijan tehtävät

Jokaisella suuremmalla hankkeella tulee olla päärakennesuunnittelija, jota nimitetään myös vastaavaksi rakennesuunnittelijaksi. Päärakennesuunnittelijan tehtävät ovat varsin laajat ja jakautuvat rakenteiden ja rakenneosien suunnittelutehtäviin, rakennesuunnitelmien yhteensovittamiseen sekä hankkeen toteutukseen ja käyttöönottoon osallistumiseen. Näiden tehtävien lisäksi rakennesuunnittelijalla on työturvallisuuden suunnitteluun ja sen toteutumisen valvomiseen liittyviä velvoitteita. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 19–20.)

Rakennesuunnittelijan päätehtävä on laatia yhteistyössä hankkeen muiden osapuolien kanssa rakennesuunnitelmat ja muu tarvittava tieto, jolla hankkeen pystyy rakentamaan ja sitä pystyy käyttämään ja ylläpitämään. Hyvin rakennesuunnitellun kohteen laatu ja ominaisuudet vastaavat asetettuja tavoitteita. Suunnitelmissa otetaan huomioon kohteen riskienhallinta ja laadunvarmistaminen. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 12.)

Rakennesuunnittelijan hankekohtaiset tehtävät määräytyvät suunnittelusopimuksessa, joka on tehty esimerkiksi tilaajan tai tuoteosatoimittajan kanssa. Suunnittelusopimuksien sisältö perustuu yleisiin tehtäväluetteloihin ja konsulttisopimusehtoihin sekä maankäyttö- ja rakennuslakiin. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 12–13.)

Päärakennesuunnittelijan tehtäviin ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista kuuluu muun muassa aikataulujen laadinta yhteistyössä muiden osapuolien kanssa sekä lähtötietojen hankinta (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 19–20). Rakennesuunnittelijan tuottamat suunnitelmat pohjautuvat rakennussuunnittelijan tekemiin suunnitelmiin. Tästä johtuen hyvät ja rakennettavat rakennussuunnittelijan lähtötiedot ovat tärkeä osa rakennesuunnittelun sujuvaa edistymistä. Lähtötietojen selkeys ja rakennettavuus on otettava huomioon aikatauluja laadittaessa.

Suunnittelutehtäviin kuuluu muun muassa rakentamiseen tarvittavien laskelmien, piirustusten ja tekstiasiakirjojen laadinta sekä näiden laadunvarmistaminen. Varauspiirustusten laatiminen yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa kuuluu rakennesuunnittelijan tehtäviin. Rakennesuunnittelija hyväksyttää kaikki suunnitelmat tilaajalla ja toimittaa ne muiden osapuolien käyttöön ja tarvittaessa

ulkopuoliseen tarkastukseen. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 19–20.)

Suunnitelmien sisäinen laadunvarmistus nousee usein esiin suunnittelun laatua koskevissa kirjoituksissa ja onkin suunnittelun osa-alue, johon kaikkien suunnittelualojen tulee käyttää tarpeeksi aikaa. Laadunvarmistuksen työkalut ovat tietomallinnuksen käyttöönoton jälkeen kehittyneet merkittävästi. Aikaisemmin laadunvarmistus oli puhtaasti visuaaliseen tarkastukseen perustuvaa, mutta mallinnetut kohteet voidaan tarkastaa sääntöperusteisesti sitä varten tehtyjen ohjelmien avulla. Tällaisia ohjelmia ovat muun muassa Solibri Office ja Dalux.

Päärakennesuunnittelijan yhteensovittamisvastuu koskee omien suunnitelmien lisäksi tuoteosasuunnittelijoiden ja erityissuunnittelijoiden laatimia rakennesuunnitelmia. Muiden laatimat suunnitelmat tarkastetaan rakenteellisen kokonaisuuden kannalta ja niissä olevat tiedot siirretään tarvittaessa päärakennesuunnittelijan suunnitelmiin. Päärakennesuunnittelija hyväksyttää viranomaisilla myös muiden tekemät rakennesuunnitelmat tarvittavassa laajuudessa. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 19.)

Toteutukseen rakennesuunnittelija osallistuu tarkastamalla urakoitsijan työmenetelmät ja käytetyt tuotteet siinä laajuudessa mitä suunnittelusopimuksessa on sovittu. Rakennesuunnittelija osallistuu kokouksiin, katselmuksiin ja tarkastuksiin sekä hankkeen riskienhallintaan ja laadunvarmistukseen. Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä kaupunkien rakennustapaohjeet määrittävät tarkastukset, jotka rakennesuunnittelijan tulee tehdä rakentamisen kussakin vaiheessa. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 19.)

Rakennesuunnittelijan työturvallisuusvelvoitteet ovat määritetty valtioneuvoston asetuksessa VNa 205/2009. Erityistä huomiota asetus antaa elementtirakentamiseen liittyviin tehtäviin. Näistä tehtävistä voi vastata päärakennesuunnittelija tai tuoteosasuunnittelija. Vastuisiin kuuluu muun muassa asennussuunnitelman laadintaa varten riittävien lähtötietojen antaminen, jotta rakenteellinen vakaus säilyy asentamisen kaikissa vaiheissa. (RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 20.)

2.2.1 Rakennesuunnittelu talonrakennushankkeen eri vaiheissa

Tavanomaiseen talonrakennushankkeeseen kuuluvat rakennesuunnittelijan tehtävät on lueteltu Rakennustieto Oy:n ja Rakennustietosäätiön RTS:n ohjekortissa Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. RAK18 on osa talonrakennushankkeita koskevia suunnittelijoiden tehtäväluetteloita. Kuvassa 7 on esitetty kaikki tehtäväluettelot ja niiden jakautuminen suunnittelun eri osa-alueisiin.

		JOHTAMINEN		RAKENNUSSUUNNITTELU				MUUT SUUNNITTELU- JA ASIANTUNTIJATEHTÄVÄT				
		Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo	Pääsuunnittelun tehtäväluettelo	Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo	Talotekniseen suunnittelun tehtäväluettelo	Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo	Geoteknisen suunnittelun tehtäväluettelo	Sisustussuunnittelun tehtäväluettelo	Akustiikkasuunnittelun tehtäväluettelo	Valaistussuunnittelun tehtäväluettelo	Elinkaariasiantuntija	Palotekninen asiantuntija
		HJR12	PS12	ARK12	TATE12	RAK12	GEO12	SIS12	AKU12	VAL12		
TEHTÄVÄKOKONAISUUS	A	Tarveselvitys										
	B	Hankesuunnittelu										
	C	Suunnittelun valmistelu										
	D	Ehdotussuunnittelu										
	E	Yleissuunnittelu										
	F	Rakennuslupatehtävät										
	G	Toteutussuunnittelu										
	H	Rakentamisen valmistelu										
	I	Rakentaminen										
	J	Käyttöönotto										
	K	Takuuaika										

KUVA 7. Tehtäväluetteloiden rakenne (RT 10-11105 Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12 2012, 1).

Tässä luvussa käytetään RAK18-tehtäväluetteloa rinnan Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n teoksen RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje kanssa. Mallinnukseen liittyvät määräykset ja ohjeet ovat buildingSMART Finlandin Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osan 5 Rakennesuunnittelu mukaisia. Lopulliset hankekohtaiset suunnittelutehtävät määräytyvät suunnittelusopimuksen mukaan.

Tarveselvitysvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtävät ovat yleensä avustavia, joilla selvitetään erilaisten rakenneratkaisujen toimivuutta kohteessa. Lisäksi rakennesuunnittelija voi antaa kannanottoja rakentamisen kustannuksiin ja rakentamisen aikatauluun. Talonrakennushankkeiden tarveselvitysvaiheessa ei yleensä ole nimettyä rakennesuunnittelijaa ja tilaaja päättää tuoko rakennesuunnittelijan valitseminen tässä vaiheessa lisäarvoa. (RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 3.)

Hankesuunnitteluvaiheessa päätetään hankkeen laajuudelle, kustannuksille, toimivuudelle, laadulle, ajoitukselle ja ylläpidolle asetettavat tavoitteet. Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelossa asetetut tehtävät ovat asiantuntijatehtäviä, kuten sallittujen kuormien ja rakennusfysikaalisten lähtökohtien selvittäminen. Hankeselvitysvaiheen lopputuloksena laaditaan projektiohjelma ja hankeohjelma, joissa määritellään aikaisemmin mainitut tavoitteet. Tietomallinnettavassa kohteessa tehdään myös vaatimusmallit tärkeimmille suunnittelualoille. Rakennesuunnittelun vaatimusmalli voi olla taulukko, piirustus, tekstiasiakirja, tietomalli tai näiden yhdistelmä. Rakennesuunnittelun vaatimusmalli voi sisältää esimerkiksi käytettävät tilaajan ohjeet ja vaatimukset sekä muita lähtötietoja. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 9; RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 18; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 4.)

Hyväksytyn hankesuunnitelman ja investointipäätöksen jälkeen rakennuttajaorganisaatio siirtyy suunnittelun valmisteluun. Tässä vaiheessa järjestetään kohteen suunnittelu, valitaan suunnittelijat ja tehdään suunnittelusopimukset. Yleensä vasta tässä vaiheessa tehdään suunnittelusopimukset erikoissuunnittelijoiden, kuten rakennesuunnittelijan kanssa. Rakennesuunnittelijan tärkein tehtävä tässä vaiheessa on selvittää saaduista lähtötiedoista suunnittelun hinta ja hankkeen tarvitsema työvoima aikataulu huomioiden. Suunnittelusopimuksessa tulee sopia myös tietomallinnukseen liittyvät asiat, kuten mitä mallinnetaan ja mihin tarkkuustasoon. Sopimuksien syntymisen jälkeen tehdään suunnittelupäätös ja suunnittelu voidaan käynnistää. (RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 5.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat tekevät vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja aikaisemmissa vaiheissa tehtyjen hankeohjelman ja vaatimusmallien perusteella. Rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu erilaisten toteuttamisvaihtoehtojen esittäminen esimerkiksi rakennetyyppien, rakenneleikkausten ja karkeiden runkovaihtoehtojen kautta. Rakennuttaja tekee vertailua esitettyjen ratkaisujen välillä ja valitsee niistä eteenpäin vietävät vaihtoehdot. Rakennesuunnittelijalla ei ole ehdotussuunnitteluvaiheessa varsinaisia mallinnusvaatimuksia, mutta rakennuttajan kanssa voidaan sopia, että rakennesuunnittelija mallintaa esimerkiksi erilaisia runkovaihtoehtoja kustannusvertailua varten. Tämän vaiheen tuloksena tehdään valinta eteenpäin vietävästä suunnitteluratkaisusta. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 9; RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 18, 35; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 6.)

Asuinrakennushankkeen ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennussuunnittelijan ratkaisut muuttuvat usein nopeaan tahtiin ja siksi rakennesuunnittelijan kannattaa tarkastella suunnitelmia vasta rakennuttajan ollessa tyytyväinen rakennussuunnittelijan ratkaisuihin. Asuinrakennuskohteissa rakennesuunnittelijan tärkein tehtävä tässä vaiheessa on rakennetyyppien tekeminen ja rakennussuunnittelijan ratkaisujen kommentointi. Näiden lisäksi voidaan tehdä rakenneleikkauksia haastavista kohdista.

Yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitteluvaiheessa valittu suunnitteluratkaisu kehitetään yleissuunnitelmaksi, jossa toteutuu aikaisemmissa vaiheissa asetetut tavoitteet. Rakennesuunnittelijan tulee laatia suunnitelmat, jotka vastaavat asetettuja tavoitteita ja ovat toteuttamiskelpoisia. Yleissuunnitteluvaiheen suunnitelmilla rakennuttajan tulee pystyä määrittämään muun muassa hankkeen kustannustaso. Tässä vaiheessa alkaa myös rakennesuunnittelijan varsinaiset mallinnusvastuut. Rakennesuunnittelija laatii omat suunnitelmansa rakennussuunnittelijan laatimien suunnitelmien pohjalta ja laatii tietomallin suunnittelusopimuksessa asetettujen tarkkuustasojen mukaisesti. Tuloksena on hyväksytty yleissuunnitelma ja pääpiirustukset sekä yleissuunnittelutason tietomalli. Yleissuunnitteluvaiheessa päästään tekemään myös eri suunnittelualojen tietomallien yhteensovittamista. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 9–10; RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 35; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 7–8.)

Hyväksyttyjen yleissuunnitelmien pohjalta siirrytään rakennuslupavaiheeseen, jossa varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus sekä laaditaan lupahakemus ja sen liitteeksi tarvittavat asiakirjat. Rakennuslupavaiheen suunnittelutehtävät painottuvat suurimmaksi osaksi rakennussuunnittelijan tehtäviin, jonka laatimilla piirustuksissa rakennuslupa haetaan. Rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu

lupaa varten tehtävien selvitysten ja rakennetyyppien laadinta. Vaiheen tuloksena tehdään rakennuslupa-asiakirjat ja lopputuloksena saadaan hyväksytty rakennuslupa. (RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 7–8.)

Hankintaa palvelevassa suunnittelussa rakennesuunnittelija kehittää yleissuunnitteluvaiheen mallin tarjouslaskennan edellyttämälle tasolle. Tässä vaiheessa mallissa esitetään kaikki kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet koko laajuudessaan. Hankinta suunnitelmien sisältö sovitaan hankekohtaisesti ja samalla sovitaan tietomallin hyödyntämisestä tarjouskyselyissä. Elementtirakenteisessa hankkeessa mallinnetaan mallielementit riittävälle tasolle, jotta niiden mukaan voidaan laskea saman tyyppisten elementtien hinnat. Mallielementistä laaditaan piirustus, johon merkitään ainakin rakenteen päämitat, kuormat ja laatuvaatimukset. Yleensä mallielementtipiirustuksessa esitetään myös elementtien liitokset, raudoitukset, tuenta pisteet sekä työturvallisuuteen liittyvät osat, kuten kaideholkit. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 11; RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013, 18, 36.)

Hankintaa palvelevan suunnittelun toteuttaminen mallintamalla antaa tilaajalle ja tarjouslaskijalle mahdollisuuden hyödyntää malliin syötettyjä tietoja. Kun mallintaminen on tehty käyttäen hankkeessa sovittuja työkaluja ja tietosisältöjä, saadaan rakennesuunnittelijan mallista laskettua rakenneosien määrät erittäin tarkasti. Mallinnuksen tietosisältö määräytyy suunnittelusopimuksen mukaan ja siksi on tärkeää, että sopimuksen mukainen tietosisältö on mallintajien tiedossa heti hankkeen mallinnuksen aloittamisesta lähtien. Myöhemmin tehtävä tietojen lisääminen hidastaa mallintajan työskentelyä ja johtaa helpommin virheisiin ja lisäkustannuksiin.

Hankintoja palvelevan suunnittelun mallia voidaan hyödyntää myös kohteen reikä- ja varauskierossa. Tietomallipohjaisen reikä- ja varauskierron tekeminen ja siihen liittyvät vastuut sovitaan suunnittelusopimuksessa. Samalla sovitaan, tehdäänkö kohteessa 2D-reikäpiirustuksia vai käyttääkö työmaa erillistä reikämallia työmaalla tehtävien reikien tekemiseen. Tietomalli pohjaisessa reikä- ja varauskierrossa rakennesuunnittelija tuottaa on IFC-mallinsa TATE-suunnittelijoille, jonka mukaan TATE-suunnittelijat tekevät IFC-mallit, jotka sisältävät vain reiät ja varaukset. YTV 2012 osa 5 Rakennesuunnittelu antaa tietomallipohjaiselle reikä- ja varauskierrolle kolme vaihtoehtoa, joissa painotukset 2D- ja 3D-suunnittelun välillä ovat erilaiset. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 15–16.)

Vaihtoehdossa 1 rakennesuunnittelija toimittaa TATE-suunnittelijoille 2D- ja 3D-suunnitelmat, joiden pohjalta TATE-suunnittelijat tekevät 2D-suunnitelmat ja toimittavat ne rakennesuunnittelijalle tarkastukseen ja eteenpäin toimitetavaksi. Vaihtoehdossa 2 rakennesuunnittelija toimittaa TATE-suunnittelijoiden käyttöön 3D-suunnitelmat, joiden pohjalta TATE-suunnittelijat tekevät reikä- ja varausmallinsa. Rakennesuunnittelija tekee näiden pohjalta 2D-reikäpiirustukset ja toimittaa ne työmaalle. Vaihtoehdossa 3 rakennesuunnittelija toimittaa TATE-suunnittelijoiden käyttöön 3D-suunnitelmat, joiden pohjalta TATE-suunnittelijat tekevät reikä- ja varausmallinsa. Näiden pohjalta rakennesuunnittelija tekee 2D-reikätiedostot, joihin merkkaa varausten koot ja antaa TATE-suunnittelijoille tasot, joille he mitoittavat reiät käyttäen normaaleja CAD-työkaluja. Mitoitetut 2D-reikäpiirustukset palautuvat rakennesuunnittelijalle, joka tekee niistä tulosteet ja toimittaa ne työmaalle. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 15.)

Tällä hetkellä yleisimmin reikä- ja varauskieroon käytetään vaihtoehtoa 2, jossa saadaan elementteihin tehtävät reiät ja työmaalla tehtävät reiät samalla kierrolla. Tämän kierron lisäksi joudutaan vielä kierrättämään tarvittavat elementtisuunnitelmat sähkösuunnittelijalla, joka lisää piirustuksiin omat varauksensa, kuten kojerasiat ja asennusputket. Rakennusliikkeillä on käytössä myös tietomallipohjaisia mittauslaitteita, joilla voidaan mitata esimerkiksi reikien sijainnit tietomallista vastaavalla tarkkuudella kuin 2D-tiedostoista. Näiden laitteiden yleistyminen poistaa hiljalleen tarpeen 2D-muotoisille reikä- ja varauspiirustuksille.

Toteutussuunnitteluvaiheessa aikaisemmin yleissuunnitteluvaiheessa ja hankintoja palvelevassa suunnittelussa tehty tietomalli jalostetaan toteutusvaiheen rakennusosamalliksi, jolla hanke voidaan rakentaa. Toteutussuunnitteluvaiheessa tehdään rakentamisen kannalta tarvittavat leikkaukset ja detaljit. Samoin tehdään tuoteosa- ja konepajasuunnitelmat sen mukaan, mitä suunnittelusopimuksessa on sovittu. Rakennesuunnittelijan toimiessa myös tuoteosa- tai konepajasuunnittelijana mallinnetaan myös ne osat samaan tarkkuuteen, kuin muutkin mallinnetut osat. Toteutussuunnitteluvaiheen tuloksena saadaan toteutussuunnitelmat, joita täydennetään rakentamisen aikana. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 17; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 10–15.)

Koska rakennesuunnittelija ei mallinna esimerkiksi työmaalla asennettavia lämmöneristeitä, ei-kantavia puu- ja teräsrakenteita tai vedeneristeitä, kannattaa leikkaukset ja detaljit tehdä edelleen CAD-ohjelmilla. Itse asiassa olisi hyvä, että suunnittelun kannalta tärkeät leikkaukset olisivat valmiina ennen mallintamisen aloittamista.

Rakentamisen aikana rakennesuunnittelija suorittaa sovitut selvitys- ja valvontatehtävät sekä päivittää omaan tietomalliinsa ja suunnitelmiinsa rakentamisen aikaiset muutokset. Näin syntyy samalla ajantasainen malli ja tarvetta erilliselle toteumamallille ei ole. Reikä- ja varaustietojen sekä tuoteosasuunnitelmien päivittämisestä rakennemalliin sovitaan erikseen suunnittelusopimuksessa. Rakennesuunnittelija osallistuu omalta osaltaan kohteen huoltokirjan laadintaan ja arkistoi suunnitelmansa asianmukaisesti. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu, 19; RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019, 17–18.)

2.3 Mallintaminen muilla suunnittelualoilla

Rakennesuunnittelija on osa suurempaa suunnitteluryhmää, jonka tarkoituksena on suunnitella tilaajan vaatimusten mukainen rakennus. Suunnittelualojen mallinnusvastuut ja -tavat vaihtelevat merkittävästi alan mukaan. Varsinkin sähkösuunnittelijan mallinnusvastuut ovat melko vähäiset verrattuna muihin suunnittelualoihin.

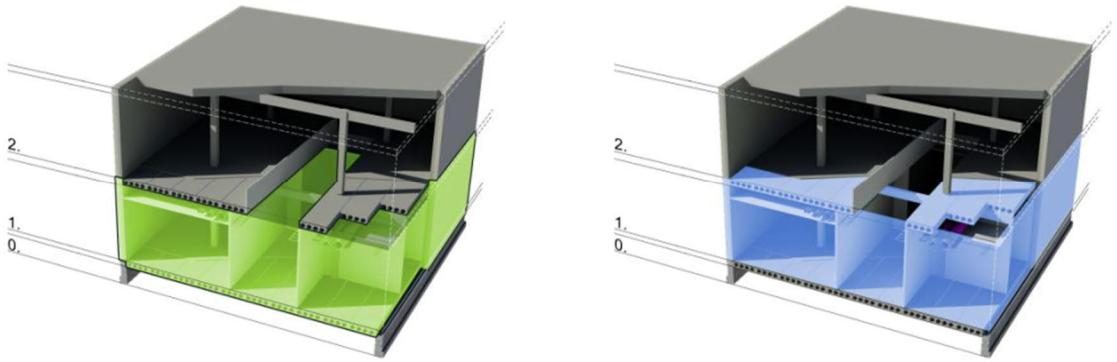
Kaikkien suunnittelualojen tulee noudattaa Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osan 1 Yleinen osuus mukaisia määräyksiä, jos suunnittelusopimuksessa ei muuta määrätä. Käytettävistä ohjelmista on määrätty, että niiden pitää olla vähintään IFC 2x3 sertifioituja. Mallinnetusta kohteesta tulee tilaajalle luovuttaa tarvittavat IFC-mallit sekä käytetyn suunnitteluohjelman omassa tiedostomuodossa oleva natiivimalli. Natiivimalli luovutetaan yleensä projektin lopussa. Projektissa käytettävä mittayksikkö ja koordinaatisto sovitaan projektin alussa. Yleensä mittayksikkönä käytetään millimetriä ja

koordinaatistona projektikoordinaatistoa, joka on sidottu kunnankoordinaatistoon x- ja y-koordinaatilla ja kiertokulmalla. Mallinnukseen tulee käyttää mallinnusohjelman työkaluja, jotka ovat tehty kyseisen osan mallinnusta varten. Toisin sanoen esimerkiksi seinä mallinnetaan seinätyökalulla ja laatta laattatyökalulla. (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 6–8.)

Arkkitehtisuunnittelija on yleensä ensimmäinen suunnitteluryhmän jäsen, joka valitaan hankkeeseen. Arkkitehtisuunnittelija voi osallistua projektiin jo tarveselvitys- tai hankesuunnitteluvaiheessa, mutta varsinaiset suunnittelu- ja mallinnusvastuut alkavat vasta ehdotussuunnitteluvaiheessa. Ehdotussuunnitteluvaiheessa arkkitehti laatii vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja tilaajan asettamisen tavoitteiden saavuttamiseksi. Ehdotussuunnitteluvaiheen malli on voi olla karkealla tasolla tontille aseteltuja tiloja, joilla pyritään selvittämään vaihtoehtoja tilojen ryhmittelylle ja sijainnille. Ehdotussuunnitteluvaiheen mallintamisen tuloksena syntyy tilamalli, jota voidaan hyödyntää myös energiasimulointeihin. (YTV 2012 Osa 3: Arkkitehtisuunnittelu, 10–12)

Yleissuunnitteluvaiheessa tilamalli kehitetään toteutuskelpoiseksi rakennusosamalliksi, joka sisältää tilojen lisäksi rakennusosia. Rakennusosat tulee olla nimetty esimerkiksi Talo2000-nimikköistöä käyttäen. Yleissuunnitteluvaiheen mallilla haetaan myös rakennuslupa, joten mallin tulee vastata viranomaisten vaatimuksia. Toteutussuunnitteluvaiheessa arkkitehtisuunnittelija lisää malliin rakentamisen edellyttämät mitoitukset ja tuotemääritykset sekä suunnittelee tilojen toiminnan. Toteutussuunnitteluvaiheen tuloksena on lopullinen rakennusosamalli, josta tehdään lopulliset työpiirustukset. (YTV 2012 Osa 3: Arkkitehtisuunnittelu, 16–17.)

Arkkitehtisuunnittelussa mallin kerrokset jakautuvat poikkeavasti verrattuna rakennesuunnittelijan malliin. Arkkitehdin mallinnustavassa kerrokseen kuuluu laatta pintarakenteineen sekä alas lasketut sisäkatot ja tilaa vievät akustoivat rakenteet. Rakennesuunnittelijan mallissa kerrokseen kuuluu kerroksen yläpuoliset vaakarakenteet kantavan rakenteen yläpintaan saakka ja niitä kannattelevat pystyrakenteet. Kerrosjaottelun poikkeavuudet on esitetty kuvassa 8. (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 9.)



KUVA 8. Arkkitehdin kerros vasemmalla, rakennesuunnittelijan oikealla (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 9).

Suurimmassa osassa rakennuskohteita suunnitteluryhmään kuuluu taloteknisistä suunnittelijoista ainakin LVI- ja sähkösuunnittelijat. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa TATE-suunnittelijat varaavat tiloja, johon voivat suunnitella lopullisen tekniikan. Tilavarauksia ovat tarvittavat tekniset tilat,

hormit ja vaakasuuntaiset kerrosverkostot. TATE-suunnittelijat käyvät tilavaraukset läpi yhdessä rakennus- ja rakennesuunnittelijan kanssa ja tilavaraukset merkitään rakennussuunnittelijan suunnitelmiin. TATE-suunnittelijat mallintavat tekniikan tarvitsemat pääreitit ja esittävät verkostojen tarkemmat sijainnit 2D-piirustuksissa. (YTV 2012 Osa 4: Talotekninen suunnittelu, 15–16.)

LVI-suunnittelijan toteutusvaiheen mallia kutsutaan järjestelmämalliksi. Järjestelmämallissa virtaustekniseesti toimivat järjestelmät mallinnetaan toimivina ja eri kerroksissa sijaitsevat järjestelmäosat kytketään yhteen. Tämä mahdollistaa myös laskenta- ja analyysiohjelmien käyttämisen. LVI-suunnittelija mallintaa kaikki merkittävät komponentit todellisuutta vastaavilla objekteilla, jotka voivat olla varsinaisen toimittajan tuotekirjastosta saatuja objekteja. Myös kaikki putkille ja kanaville tulevat eristeet mallinnetaan todellisilla ainepaksuuksilla. (YTV 2012 Osa 4: Talotekninen suunnittelu, 21–22.)

Sähkösuunnittelija mallintaa toteutussuunnitteluvaiheen malliinsa sähkönjakeluun liittyvistä laitteista muuntajat, kytkinlaitokset, pääkeskukset, virtakiskot sekä näitä vastaavat laitteet. Mallinnettavan objektin ei tarvitse vastata täysin lopullista laitetta, vaan se voi olla myös yksikertainen 3D-objekti. Samoin mallinnetaan ryhmä- ja alakeskukset ja ristikytkentäkaapit sekä kaapelihyllyt, ripustuskiskot, johtokourut, lattiakanavat sekä valaisimet. Varsinaisten johdotusten ja rakenteiden sisällä olevien putkitusten mallintamista ei vaadita. Myöskään kytkimien, ilmaisimien ja pistorasioiden mallintamista ei vaadita muissa, kuin yhteensovittamiseen käytettävissä tiloissa. (YTV 2012 Osa 4: Talotekninen suunnittelu, 28–29.)

2.4 Rakennemallin hyödyntäminen rakentamisessa

Rakennemallia voidaan hyödyntää työmaalla samoihin perusasioihin, kuten muidenkin suunnittelualojen malleja. Tärkeimpiä näistä ovat (YTV 2012 Osa 13: Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa, 5):

- perehdyttäminen ja havainnollistaminen
- määrälaskenta ja hankinnat
- toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto.

Noiden lisäksi rakennemallia voidaan käyttää seuraaviin asioihin (YTV 2012 Osa 13: Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa, 5):

- tuotannon 4D-aikataulutus
- rakenteiden sijaintien mittaaminen tietomallista
- putoamissuojaussuunnittelu.

Tietomallipohjaisen suunnittelun tarkoitus on vähentää ongelmatilanteita työmaalla. Tämän vuoksi on tärkeää, että kaikki mallit ovat oikein mallinnettu ja että ne on yhteensovitettu muiden suunnittelualojen kanssa. Rakentamisessa käytetään edelleen pääsääntäisesti piirustuksia ja muita asiakirjoja ja siksi on tärkeää, että tietomalli vastaa niiden tietoja. (YTV 2012 Osa 13: Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa, 5.)

Yksi mallintamisen suurimmista hyödyistä on määräluetteloiden saaminen suoraan mallista. Hankintoja palvelevassa suunnittelussa kerron Teklan Organizer-työkalulla tehtävistä luetteloista, jotka voidaan laittaa työmaalle esimerkiksi Excel- tai pdf-tiedostoina. Kaikkein tehokkain tapa mallin hyödyntämiseen määrä- ja kustannuslaskennassa on erikseen sitä varten kehitettyjen laskentaohjelmien käyttäminen. Tällaisten ohjelmien käyttäminen vaatii, että kaikki rakenneosat ovat nimetty ja litteroitu oikein ja kaikki laskentaan tarvittavat tiedot on määritetty. Toinen yleisesti käytetty tapa on käyttää määrälaskentaan IFC-mallien katselu- ja tarkastusohjelmia. Näillä ohjelmilla saadaan laskettua hyvin tarkasti elementtien ja osien määrät. Näissä ohjelmissa ei ole valmiina mukana osien kustannustietoa, joten määrätiedot pitää siirtää toiseen ohjelmaan, että rakentamisen kustannukset saadaan selville.

4D-aikataulussa rakenneosien suunnitellut asentamis- tai toteuttamisaikataulut merkitään tietomalliin niiltä osin, jotka tahdistavat kohteen rakentamista. Tietomallissa olevan aikataulun tarkoitus on toimia lisätietona rakentamisen aikataulusta ja ohjata täydentävän suunnittelun järjestystä. Tietomallissa oleva aikataulu voidaan ulottaa koskemaan myös elementtisuunnittelua ja -valmistusta, jolloin nähdään elementtien tuotantoon ja toimitukseen vaikuttavat aikataulut. (YTV 2012 Osa 13: Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa, 10–11.)

Rakenteiden sijaintien mittaaminen tehdään työmaalla yleensä mittalaiteella, johon mitat syötetään DWG-tiedostosta. Mittalaite on kalibroitu rakennuksen sijainnin mukaan ja se mittaa etäisyyttä asetettuun nolla pisteeseen. IFC-mallista mittaava mittalaite toimii samoin, mutta sitä varten ei tarvitse tuottaa erillisiä DWG-tiedostoja.

Putoamissuojauksensuunnittelu on jaettu rakennesuunnittelijan ja työmaan johdon kesken. Varsinaisen putoamissuojaussuunnitelman tekee työmaajohto, jonka rakennesuunnittelija hyväksyy. Elementtisuunnittelija lisää elementtien valmistuspiirustuksiin tarvittavat putoamissuojausvarusteet. Yleisimpiä näistä on ulkoseinäelementteihin tulevat kaideholkit ja ulkoseinän aukotuksiin tulevat putoamissuojat. Teklan Warehousesta löytyy työkaluja, joilla voidaan suunnitella myös työmaalla asennettavia putoamissuojauksia.

3 SUUNNITTELUN KULKU JA KEHITTÄMINEN

3.1 Kohteen esittely

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää yrityksen tietomallinnuksen nykytila talonrakennushankkeessa ja etsiä siitä kehityskohteita. Nykytilan selvittäminen päätettiin tehdä käynnistyvän hankkeen kautta, jolloin dokumentointi voitiin aloittaa heti kohteen alussa. Kohteeksi valittiin suunniteltava kerrostalo Itä-Suomesta. Kohde valittiin, koska sen moninaiset rakenteet antoivat hyvän kuvan rakenteiden suunnittelusta ja mallintamisesta ja sitä kautta kehitystä voitiin tehdä koko rakennesuunnittelun osalta yhden kohteen kautta. Tämän lisäksi kohteen alkuperäinen suunnitteluaikataulu osui hyvin yhteen opinnäytetyön aikataulun kanssa.

Kohteen alimmassa kellarissa sijaitsee väestönsuojat sekä varastoja ja teknisiä tiloja. Ylemmässä kellarissa sijaitsee kohteen autohalli, erikseen myytäviä varastoja ja yksi autotalli. Ensimmäisten kerrosten kadunpuoleiset osat ovat liikehuoneistoja ja sisäpihanpuoleiset osat asuinhuoneistoja. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee myös kohteen yhteiset tilat, kuten jätehuone ja etätyö- ja kerhotila. Toisesta kerroksesta lähtien kaikki tilat ovat asuinhuoneistoja. Kohteessa on seitsemän kerrosta, joista ensimmäisessä osassa seitsemäs kerros ja toisessa osassa kuudes ja seitsemäs kerros ovat sisennetty muusta rungosta kahdelta sivulta.

Rakennuksen kantavien rakenteiden pääsääntöinen rakennusmateriaali on teräsbetoni ja pääsääntöinen rakennustapa teräsbetonielementit. Rakennuksen seuraamusluokka on eurokoodin SFS-EN 1990 + NA mukaan CC2 ja perustusten sekä kantavan rungon käyttöikä 100 vuotta ja paloluokka yleensä R60. Kaikki kantavat pilarit ovat teräsbetonielementtejä, kuten myös kaikki kantavat seinät. Ulkoseinät ovat pääsääntöisesti rapattuja sisäkuorielementtejä ja kantavat väliseinät 200 mm:ä paksuja betonielementtejä. Välipohjat ovat yleensä esijännitettyjä ontelolaattoja, paitsi alimman kellarin katto, jossa on R180 paloluokan vuoksi paikallavaluvälipohja. Vesikaton vedeneristys tehdään kumibitumikermillä ja lämmöneriste kevytsoralla. Sisennettyjen kerrosten kohdalla vesikatolla on eristeenä mineraalivilla, jotta kattorakenteiden korkeus ei muodostu näköesteeksi sisäänvedoissa.

3.2 Tietomallin sisältövaatimukset

Jotta tietomallia voidaan hyödyntää tehokkaasti, tulee sen sisältövaatimukset olla tiedossa hyvissä ajoin ennen kohteen mallinnuksen aloittamista. Tiedot voidaan lisätä Teklan työkaluihin mallintamisen alussa ja näin jokaisella osalla saadaan sisältövaatimuksien mukaiset tiedot mallinnuksen yhteydessä, eikä niitä tarvitse lisätä jälkikäteen.

BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje syventää yleisissä tietomallivaatimuksissa annettuja vaatimuksia ja ohjeita. Ohjeessa otetaan laajasti kantaa rakennesuunnittelijan suunnittelusopimuksien sisältöön, mallinnuksen työnkulkuun ja tietomallin tietosisältöön. Ohje on laadittu Betonielementtiteollisuuden, suunnittelutoimistojen ja Tekla Solutions Oyj:n (nykyisin Trimble Solutions Oy) yhteistyönä. (BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje, 6–9.)

Rakenteita mallinnettaessa on tärkeään, että rakenneosat nimetään ja luokitellaan johdonmukaisesti ja yhtenevästi. Tätä varten Tekla on laatinut numerointisuosituksen, joka löytyy Teklan Suomi-ym-

päristöstä. Numerointisuoritus antaa jokaiselle rakenneosalle nimen (name), luokan (class) ja elementtitunnuksen alkuosan (prefix). Näillä tiedoilla jokainen rakenneosa saadaan mallinnettua niin, että niiden luokittelu, suodattiminen ja muokkaaminen onnistuu Teklassa valmiina olevilla asetuksilla.

Tarkasteltavan kohteen elementtien numerointiin päätettiin käyttää tapaa, jossa elementtitunnus muodostuu kahdesta osasta eli elementtitunnuksen alkuosasta (prefix) ja järjestysnumerosta. Elementtitunnuksen alkuosassa esitetään elementtityyppi ja kerros, jossa elementti sijaitsee. Esimerkiksi elementtitunnuksen alkuosa V-1 kertoo, että kyseessä on väliseinäelementti, joka on rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. Alkuosan jälkeen tulee elementin järjestysnumero omassa kerroksessaan, joka on juoksevanumero numerosta yksi alkaen. Esimerkiksi elementti V-1-1 on väliseinäelementti rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa ja sen järjestysnumero on yksi.

Jokaisesta mallinnettavasta kohteesta laaditaan tilaajan toimesta tietomalliohje toiselta nimeltään mallinnussuunnitelma. Mallinnussuunnitelmassa kerrotaan muun muassa projektin perustiedot, osapuolet ja heidän mallinnuksesta vastaavat henkilöt sekä suunnittelijoiden laadunvarmistustehtävät. Tietomallinnuksesta kerrotaan muun muassa käytettävät ohjeet ja niiden tärkeysjärjestys sekä käytettävä koordinaatisto ja tietomallien tarkkuustaso suunnittelun eri vaiheissa.

Mallinnustehtävät ovat osasta ja mallinnuksen vaiheesta riippuen pakollisia tai valinnaisia. Tilaaja voi tilata pakollisten osien mallintamisen lisäksi myös valinnaisten osien mallintamisen näin halutessaan. Yleisissä tietomallivaatimuksissa on kolme tarkkuustasoa, joilla jokaisella on oma tehtävänsä projektin edetessä. Tasolle 1 suunnitellut osat ovat tarkoitettu osapuolten väliseen viestintään ja alustaviin törmäystarkasteluihin. Tasolla 1 perustukset ovat mallinnettu oikean kokoisena ja oikealla materiaalilla ja niiden tilavuustieto tulee olla saatavilla. Laatastot ja seinät tulee olla mallinnettu oikeilla työkaluilla ja niiden pinta-ala, tilavuus, materiaali ja tyyppitiedot tulee olla luettavissa. Lisäksi tilaaja voi tilata paalujen, kattoristikoiden ja ulkopuolisten teräsrakenteiden mallintamisen. Asuinrakennuskohteissa tehdään harvoin kokonaista rakennemallia tasolle 1, koska rakenteet voidaan mallintaa käytössä olevilla työkaluilla suoraan tasolle 2. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu. Mallinnustarkkuus, 2)

Tasolla 2 olevalla rakennemallilla tulee voida suorittaa määrä- ja urakkalaskentaa. Kaikki osat mallinnetaan vähintään tasolle 1. Yksittäisten laattojen tyyppi ja määrätiedot tulee olla luettavissa. Seinien eri osien paksuustiedot tulee olla luettavissa ja kaikkien elementtien määrätiedot tulee olla luettavissa. Tason 2 mallista voidaan tehdä BEC2012:ta mukaisia määräluetteloita ja mallilla voidaan tehdä kohteen varauskierto. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu. Mallinnustarkkuus, 2)

Tasoa 3 käytetään tilanteissa, joissa elementtisuunnittelun suorittaa joku muu kuin rakennesuunnittelija. Tällöin elementteihin lisätään niiden perustiedot, kuten nimi, materiaali, rasitusluokat, käyttöikä ynnä muuta sellaista. Tämän lisäksi lisätään elementteihin liitokset ja valutarvikkeet. Tasolla 4 suoritetaan elementtisuunnittelu ja tulostetaan mallista tuotantoon tarvittavat piirustukset. (YTV 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu. Mallinnustarkkuus, 2)

Edellä mainittujen ohjeiden noudattaminen unohtuu helposti nopeasti etenevässä työskentelyssä. Tämän vuoksi puhutaan mallinnuskurista. Jos yrityksen kaikki mallintajat eivät noudata samoja mallinnusohjeita, on toisen henkilön hankala jatkaa siitä mihin edellinen lopetti. Usein varsinkin suuremmissa projekteissa samaa projektia tekee useampi kuin yksi henkilö. Tämän lisäksi tilaajan on vaikea hyödyntää mallia, jota ei ole mallinnettu annettujen ohjeiden mukaisesti.

3.3 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelun mallinnustehtävät painottuivat rakennussuunnittelun puolelle ja rakenne- ja TATE-suunnittelijoilla ei ole varsinaisia mallinnustehtäviä. Tässä vaiheessa muiden suunnittelijoiden tehtävät olivat rakennussuunnittelua tukevia.

Tutkittavan kohteen rakennesuunnittelu aloitettiin käymällä läpi pää- ja rakennussuunnittelijan, sekä tilaajan kanssa sen hetkisiä rakennussuunnitelmia ja niissä tarvittavia rakennetyyppejä. Tämän jälkeen tehtiin kohteelle rakennetyyppipiirustukset, jotka ovat leikkauksia rakenteesta, jonka lisäksi rakenne on selitetty myös sanoin. Pääsääntöiseksi rakennusmateriaaliksi oli jo aikaisemmin tilaajan hankesuunnitelmassa valittu teräsbetoni ja pääsääntöiseksi rakennustavaksi elementtirakentaminen.

Alapohja suunniteltiin maanvaraisena teräsbetonilaattana pohjatutkimuksen mukaan. 100 mm:ä paksu teräsbetonilaatta pinnoitetaan autohallin osalla polyuretaaniöljyllä ja lattia eristetään 100 mm:llä EPS-eristellä kauttaaltaan ja lattian reunoille lisätään 50 mm:in EPS-lisäeriste. Välipohjat ovat yleensä 370 mm:ä paksuja ontelolaattoja, joiden päälle tulee pumpattava tasoite ja pintamateriaali rakennusselityksen mukaan. Tasoitteen ja pintamateriaalin yhteispaksuus on 40 mm:ä. Pihakansi toteutetaan käännettynä kattona, jossa 400 mm:ä paksun ontelolaatan päälle tuulee kallistusbetoni 10:stä 100 mm:iin, vedeneristykset ja salaojamatto sekä lämmöneristeeksi 250 mm:ä XPS-eristettä. Eristeen päälle tulee suodatinkangas ja sen päälle 100 mm:n teräsbetonilaatta. Tasakattoisen yläpohjan eristeenä on yleensä 400...600 mm:ä paksu kevytsorakerros, jonka alla on 200 mm:ä paksu EPS-eriste. Yläpohjan kantavana rakenteena toimii 265 mm:ä paksu ontelolaatta.

Kellareiden seinät ovat 200 mm:ä paksuja teräsbetonielementtejä, joiden maanvastaiselle puolelle tulee vedeneriste ja lämmöneristeeksi 150 mm:ä EPS-eristettä. Rakennuksen kaikki kantavat väliseinät ovat 200 mm:ä paksuja teräsbetonielementtejä. Ulkoseinät ovat yleensä työmaalla ohutrapattavia sisäkuorielementtejä, joissa on 150 mm:ä paksu teräsbetoninen sisäkuori ja 220 mm:ä paksu mineraalivilla lämmöneristeenä. Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevien liiketilojen ulkoseinät tehdään termorankaseininä, koska niissä olevat suuret ikkunat eivät mahdollista betonielementtien käyttöä. 225 mm:ä vahvan termorangan kohdalla on myös mineraalivillainen lämmöneriste. Sisäpintaan tulee 13 mm:n kipsilevy ja ulkopintaan tuulensuojakipsilevy, 25 mm:n tuuletusrako ja rakennuslevy, jonka ulkopintaan kiinnitetään julkisivulaatta rakennusselityksen mukaan.

Ehdotussuunnittelun aikana aloitettiin rakenneleikkausten tekeminen AutoCAD-ohjelmalla. Olemme työskenneltäessä 2D- ja 3D-ohjelmilla todenneet, että alustavien leikkausten ja detaljien tekeminen ennen mallinnuksen aloittamista helpottaa mallinnusta merkittävästi. Normaalit tilanteet, kuten ulkoseinien liitokset yläpuolisiin seiniin ja välipohjiin sekä yläpohjaleikkaukset antavat mallinnukseen lähtötiedot, joiden pohjalta jokainen yrityksen työntekijä voi suorittaa mallinnusta.

Kun rakennussuunnittelija oli saanut kohteen kerrospohjat tilaajaa tyydyttävälle tasolle, aloitimme rakennepohjien piirtämisen AutoCAD-ohjelmalla. Tässä vaiheessa jokainen kerros suunniteltiin niin, että seinien elementtijaot, niiden aukotukset sekä hormien sijainnit tulivat esille suunnitelmista. Piirtäminen aloitettiin ylimmästä eli 7. kerroksesta rakennussuunnittelijan pohjien mukaan. Siirryttäessä 6. kerrokseen tarkistettiin, että 7. kerroksen seinien alla oli rakenteita, jotka johtivat kuormat alaspäin ja että 7. kerroksen elementtijaot kävivät 6. kerroksen rakenteisiin. Koska 7. kerros on sisäänvedetty muusta rungosta, joutui rakennussuunnittelija muokkaamaan 7. kerroksen ulkoseinien ikkunoiden ja ovien paikkoja ennen lopullista suunnitelmaa niin, että seinät saivat tukensa 6. kerroksen rakenteista. Lisäksi 7. kerroksen kerroskorkeus jouduttiin nostamaan 3,4 m:iin normaalin 3 m:n sijaan, koska aikaisempien kokemusten mukaan kylmien terassien tekeminen normaalilla kolmen metrin kerroskorkeudella ei ole mahdollista. Tässä suurimpana vaikuttavana tekijänä on ikkunoiden ja ovien korkeus, joiden noustessa terassin vuoksi ylöspäin ovien ja ikkunoiden päälle ei jää riittäviä palkkikaistoja ulkoseinä elementteihin.

Kohteen 2–6. kerrokset ovat lähes samanlaisia, joten niiden osalta rakennepohjat saatiin tehtyä nopeasti ja ilman suurempia muutoksia. 1. kerrokseen siirryttäessä rakennuksen luonne muuttui merkittävästi, koska katujen puoleiset osat muuttuivat liiketiloiksi. Liiketiloista haluttiin mahdollisimman muuntojoustavia, joten rakenneratkaisuksi valittiin pilari-palkkirunko. 1. kerroksessa sisäpihan puolella jatkuivat asuinhuoneistot, joten sillä osalla jatkettiin seinärungolla. Tämä osaltaan helpotti rakennesuunnittelua koko kohdetta ajatellen, koska rakennuksen jäykistäminen seinärungolla on yksinkertaisempaa kuin pilari-palkkirungolla. Pilari-palkkirungon vuoksi 1. kerroksessa poikettiin normaalista kolmen metrin kerroskorkeudesta ja 1. kerroksen kerroskorkeudeksi määritettiin 3,6 m LVI-varusteiden vuoksi.

Ensimmäiseen kerrokseen suunniteltiin palkit 2. kerroksen seinien alle muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Noissa tapauksissa 2. kerroksen huoneistojen seinät eivät sattuneet samaan kohtaan 1. kerroksen seinien kanssa, mutta 2. kerroksen seinät pystyttiin suunnittelemaan seinämäisiksipalkeiksi. 1. kerroksen pilarit pyriittiin suunnittelemaan kahden kerroksen korkuisiksi perustuksilta ylemmän kellarin kautta 1. kerroksen kattoon saakka.

Suunnittelun alkuvaiheessa rakennussuunnittelijan kellareiden pohjissa oli hyvin vähän rakenteita. Vain ulkoseinät, porrashuoneiden seinät ja ylemmässä kellarissa sisäpihan puolella pilari-palkkilinjat oli suunniteltu. Rakennesuunnittelijana lisäsimme kaikki ylempien kerrosten rakenteiden vaatimat pilarit ja palkit kellareiden pohjiin huomioiden mahdollisuuksien mukaan autohallin ajoväylät ja paikoituksen. Alemman kellarin rakenteet teimme rakennussuunnittelijan ulkoseinälinjojen ja ylemmän kellarin rakenteiden mukaan.

Kun teimme mittapiirustuspohjat tässä vaiheessa 2D-muodossa, päädyimme käyttämään niitä myös koko projektin ajan. Jos ehdotussuunnitteluvaiheen pohjat voitaisiin tehdä Teklalla, niin 2D-suunnitelmien tarve poistuisi ja pohjat päivittyisivät mallin mukana sitä mukaa kun suunnittelu etenee.

3.4 Yleissuunnitteluvaihe

Varsinaiset mallinnusvastuut alkavat rakennesuunnittelijan osalta yleissuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa kohteesta oli jo tehty ehdotussuunnitteluvaiheen tehtävät, joista oli valmistunut seuraavat mallinnuksen lähtötiedot:

- rakennetyypit
- alustavat rakennepohjat
- alustavat rakenneleikkaukset.

Näistä tiedoista alustavat rakennepohjat oli laadittu rakennussuunnittelijan pohjapiirustusten mukaan, joten mallinnuksen lähtötietoina käytettiin myös rakennussuunnittelijan 2D-pohjia sekä rakennussuunnittelijan leikkauksia. Tässä vaiheessa oli käytössä myös rakennussuunnittelijan tietomalli, joka oli mallinnettu kohtuullisen hyvään tarkkuustasoon.

Alustavia rakennepohjia kehitettiin AutoCAD-ohjelmalla niin, että kohteeseen tulevat ontelolaatat saatiin mallinnettua sen hetkisen tiedon mukaan oikein. Pohjiin lisättiin ontelolaattojen jaot ja kylpyhuonesyvennysten sijainnit. Kun mallinnuksen aikataulu selvisi, päätettiin mallintaminen aloittaa kohteen mallikerroksesta. Mallikerrokseksi valittiin kohteen neljäs kerros, joka on hyvin vastaava kuin kerrokset kahdesta kuuteen.

Koska mallikerroksen malli tulisi laajenemaan koko rakennuksen malliksi, päätettiin mallin pohjaksi ottaa aikaisemmin mallinnettu projekti, josta poistettiin kaikki edellisen kohteen osat. Tällä tavalla saatiin kaikki kyseisen kohteen asetukset uuteen malliin. Tärkeimpiä asetuksista oli eri elementtien mallinnustiedot, joita voitiin käyttää suoraan uudessa mallissa. Huonona puolena tässä vaihtoehdossa oli, että osa elementeille tehdyistä asetuksista eivät sopineet kohteeseen suoraan, vaan niitä jouduttiin muuttamaan ennen käyttöä. Lisäksi tällä menetelmällä aloitettu malli sisältää paljon sellaisia asetuksia, joita uudessa mallissa ei tarvita.

Jatkossa tulemme kehittämään mallinnuksen aloittamista niin, että mallinnuksen pohjaksi tehdään aloitusmalli. Aloitusmalliin saadaan asetettua valmiiksi niin mallinnus- kuin piirustusasetuksetkin, jottei niitä tarvitse tehdä uusiksi jokaisen projektin alussa. Samalla saadaan asetettua valmiiksi kansioasetuksia, joita käyttämällä jokaisella mallintajalla ja jokaisella uudella kohteella on käytössään samat tiedot. Projektikansiossa sijaitsevat attribuuttitiedot määrittävät jokaisen mallin alussa olevat asetukset, joita käyttävät esimerkiksi Teklan mallinnustyökalut. Teklan kohtuullisen monimutkaisessa toimintarakenteessa osa mallinnukseen liittyvistä asetuksista on mallikohtaisia ja osa tietokone kohteisia. Tämän vuoksi osan asetuksista joutuu asettamaan jokaiselle tietokoneelle erikseen Teklan ensiasennuksen jälkeen.

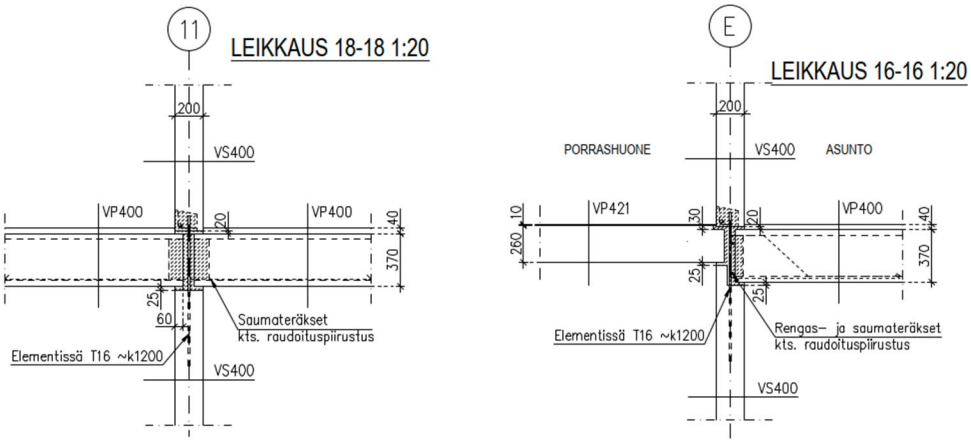
Aloitusmallin tarkoitus on toimia lähtökohtana mallintamiselle kaikenlaisissa tapauksissa pintamallintamisesta aina lopulliseen rakenne- ja elementtisuunnitteluun. Aloitusmalli tehdään tyhjään malliin. Aloitusmallin avulla suunnitelmien tietosisältö ja ulkonäköä yhtenäistetään ja saadaan sujuvoitettua työskentelyä varsinkin mallintamisen alkuvaiheessa. Aloitusmallia voidaan käyttää kahdella eri tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto on tehdä aloitusmallista oma projektikansio, joka kopioidaan aina

uuteen projektiin ja nimetään uudelleen. Toinen vaihtoehto on tehdä aloitusmallista Template-tiedosto, joka on tallennettuna erilliseen tiedostokansioon ja sitä käytetään Teklan aloitusikkunasta.

3.4.1 Mallikerros

Mallikerroksen mallinnustarkkuus oli tasoa 2 ja sen tarkoitus pääasiallisesti suunnitelmien yhteensovittaminen. Näin ollen kohteen neljännen kerroksen kaikki kantavat rakenteet mallinnettiin perusgeometrialtaan oikein. Kaikki elementit mallinnettiin erikseen aikaisemmin tehtyjen rakennepohjien perusteella. Mallikerrokseen mallinnettiin sekä kolmannen että neljännen kerroksen katto, jotta TATE-suunnittelijat pystyivät selvittämään omien järjestelmiensä yhteensopivuuden rakennemalliin.

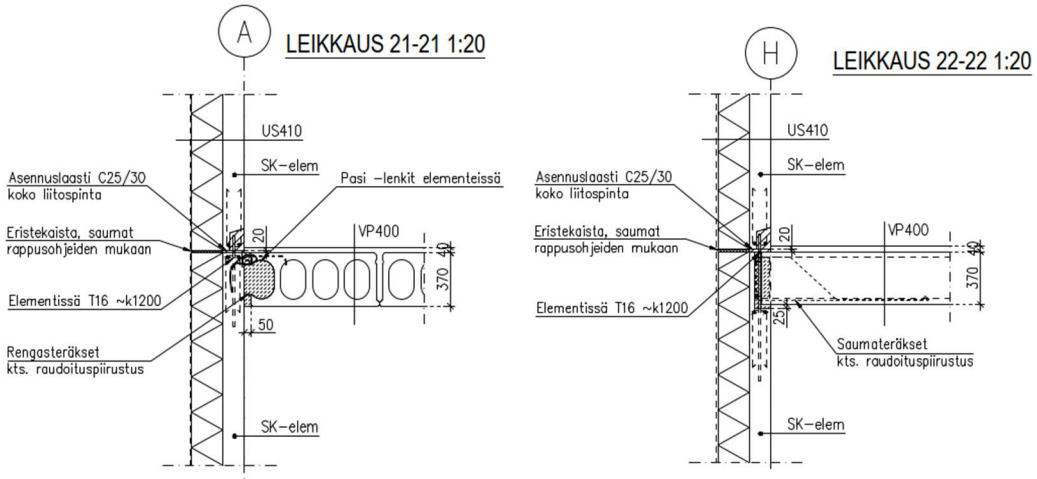
Mallikerroksen mallintaminen tapahtui käyttäen Teklasta suoraan löytyviä työkaluja, Teklan Warehousesta löytyviä työkaluja ja yrityksessä tehtyjä työkaluja. Tässä vaiheessa elementteihin ei mallinnettu tarvikkeita, liitoksia tai raudoituksia. Mallinnus aloitettiin väliseinistä ja hissikuilusta, jotka mallinnettiin Concrete Panel-työkalulla. Väliseinien korkeudet suhteessa välipohjaan on esitetty kuvan 9 leikkauksessa 18–18. Oviaukot tehtiin Hole Generation-työkalulla ja massiivilaattojen alle tulevat seinien korokkeet (kuva 9 leikkaus 16–16) Concrete Panel -työkalulla ja liitettiin väliseinäelementin valuyksikköön Added material-toiminnolla. Väliseinien geometrian mallintamiseen käytettävät työkalut toimivat hyvin ja niiden käyttö oli sujuvaa. Ainut huomattava asia, joka hidastaa mallinnusta on, että Hole Generation -työkalulla mallinnetut reiät ovat komponentteja, jotka eivät aina pysy sellaisena kuin ne alun perin on mallinnettu.



KUVA 9. Väliseinien ja välipohjan liitoksia, leikkaukset 16-16 ja 18-18 (Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020a).

Ulkoseinät mallinnettiin käyttäen Sandwich and Double Wall-työkalua. Mallikerroksessa oli ulkoseininä sisäkuorielementit, joissa betonisen sisäkuoren ulkopuolella on eriste ja sen päällä työmaalla tehtävä rappaus. Tästä syystä jätimme työkalun valinnoista ulkokuoren pois. Työkalun valinnoilla saatiin tehtyä kaksi erityyppistä seinää, joissa toisen päälle tuli ontelolaatat kuvan 10 leikkauksen 22–22 mukaan ja toinen, jossa sisäkuori nousi ontelolaatan yläpinnan tasoon kuvan 10 leikkauksen 21–21 mukaan. Ikkunoiden ja ovien aukot tehtiin käyttäen yrityksessä tehtyä SK-ikkuna-työkalua, jolla voidaan tehdä aukko sisäkuorielementtiin. Työkalu lisää myös ikkunoiden karmipuut, putoamissuojauksen ja tarvittaessa karmipuiden kiinnitykseen käytettävät kulmaraudat sekä muovieristettä käytettäessä ikkunoiden ympärille tulevat paloeristeet. Tässä kohteessa käytetään rappauseristeenä mineraalivillaa, joka ei vaadi erillisiä palokatkoja. Sandwich and Double Wall -työkalu toimii tähän

tarkoitukseen hyvin ja sillä saatiin tehtyä kaikki tarvittavat muodot seinien ylä- ja alapäihin ja tarvittaessa myös päätyihin. SK-ikkuna työkalua joudutaan edelleen kehittämään yrityksen sisäisellä kehityksellä. Sen toiminta varmuutta pitää kehittää ja työkalun tarvitsemia kiinnityspisteitä ja kiinnitystasoja tulee vähentää tai pienentää.



KUVA 10. Ulkoseinän ja välipohjan liitoksia, leikkaukset 21–21 ja 22-22 (Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020a).

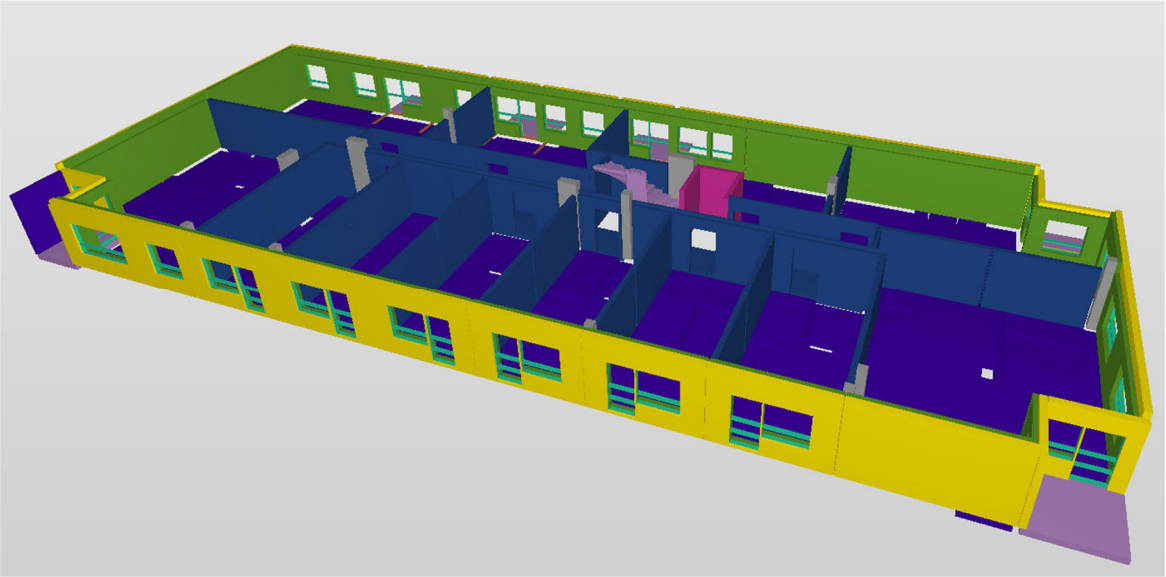
Massiivilaattojen perusgeometrian mallintaminen on hyvin samanlaista, oli kyseessä sitten porraslaatta tai parvekelaatta. Massiivilaatat ja parvekelaatat mallinnettiin Concrete Slab-työkalulla ja laattojen reiät ja syvennykset (kts. esim. kuva 9 leikkaus 16–16) tehtiin Teklan omilla leikkaus-työkaluilla. Concrete Slab-työkalu toimii tähän tarkoitukseen hyvin ja varmasti. Myös reikien ja syvennysten tekeminen onnistuu helposti.

Parvekelaattojen mallintamiseen ei Teklalla ole hyviä työkaluja, joilla voitaisiin tehdä Suomessa paljon käytettävien ulokeparvekkeiden tai pieliseiniltä tuettujen parvekkeiden yläpintojen kallistuksia. Tämän vuoksi kohdassa hankintoja palveleva suunnittelu parvekelaattojen tyyppipiirustukset tehdään AutoCAD-ohjelmalla. Jotta parvekelaatat voitaisiin suunnitella kokonaisuudessaan Teklalla, tulisi Teklan tai jonkin kolmannen osapuolen kehittää työkalu, jolla parvekelaatan yläpinnan muodot voidaan tehdä kohtuullisen helposti. Yrityksessä tehtyjen kokeilujen perusteella parvekelaatan yläpinnan muotojen mallintaminen aiheuttaa nykyisillä työkaluilla valtavasti työtä. Lisäksi tähän tarkoitukseen on hankala tehdä kaiken kattavaa työkalua yrityksen omalla osaamisella, koska työkalussa joutuisi ottamaan huomioon liian monia asioita. Myöskään ulokeparvekkeiden kannatusosia ei löydy Teklaan kaikilta valmistajilta, joka hankaloittaa parvekkeiden mallintamista.

Kohteessa käytettävät hormit eivät ole kantavia rakenteita, ne ovat kuitenkin betonisia hormeja, joten ne tulee mallintaa. Hormit mallinnettiin Concrete column-työkalulla. Tämä työkalu toimii tähän tarkoitukseen erittäin hyvin, varsinkin kun rakennesuunnittelijan ei tarvitse mallintaa hormeihin tarvikkeita tai liitoksia. Hormien toimittaja lisää niihin tarvikkeet ja liitososat, joilla liitytään betonirakenteisiin.

Kohteessa olevat portaat ovat Rudus Oy:n toimittamia tehdasvalmisteisia betonielementtiportaita. Porras mallinnettiin Tekla Warehousesta löytyvän Rudus Staircase componets-työkalujen Elemento E6-porrastyökalulla. Jokaiselle Ruduksen Elemento-sarjan portaalle löytyy oma työkalu, jolla saadaan

mallinnettua normaaliin kolmen metrin kerroskorkeuteen sopivat portaat. Porrastyökalut tekevät myös liitokset portaan ylä- ja alapäissä oleviin massiivilaattoihin. Ruduksen porrastyökalut toimivat pääasiallisesti hyvin, kunhan alusta asti tiedetään, minkä tyyppinen porras kohteeseen tulee. Jos portaan tyyppi vaihtuu, niin ainut tapa muuttaa porrasta mallissa on poistaa vanha porras liitoksineen ja mallintaa uusi tilalle.



KUVA 11. Rakennesuunnittelijan mallikerros (Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020b).

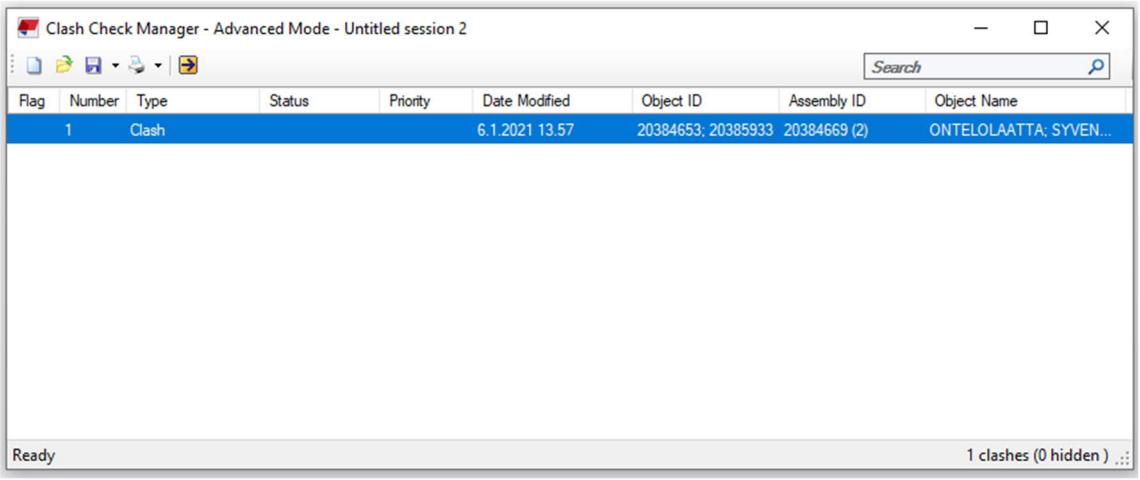
Kuvassa 11 on esitetty kohteen neljännestä kerroksesta tehty rakennesuunnittelijan mallikerros ilman neljännen kerroksen katon laattoja. Laatat on poistettu kuvasta, jotta mallista näkyy muitakin rakenteita. Mallikerrokseen mallinnettiin kerroksen kaikki kantavat rakenteet sekä hormit ja portaat. Ikkunoiden ja ovien aukotus on sen hetkisen tiedon mukaisesti oikein ja ulkoseinien aukoissa on karmipuut ja putoamissuojaus. Kohteen hissikuilu on mallinnettu hissikuiluelementiksi. Ontelolaattojen jako on rakennepohjien mukainen ja niihin on mallinnettu myös kylpyhuonesyvennykset. Rakennuksen parvekelaatat ovat ulokeosilla kannatettavia betonilaattoja. Elementtien välisiä liitoksia tai elementtien tarvikkeita ei ole mallinnettu.

Kuten aikaisemmin on jo todettu, on suunnittelijoiden oma laadunvarmistus erittäin tärkeä osa mallinnusta. Ilman omaa laadunvarmistusta ei malleja tule lähettää eteenpäin, vaan laadunvarmistukselle tulee varata riittävästi aikaa. Koska mallikerros ei ole kovin laaja kokonaisuus, sen tarkastaminen visuaalisesti antaa jo hyvän kuvan rakennemallin tilasta. Tuomalla malliin referenssiksi rakennussuunnittelijan 2D-tasopiirustuksen, näkee ovatko rakenteet samoilla paikoilla ja esimerkiksi kylpyhuonesyvennykset ja väliseinien oviaukot kohdallaan. Tuomalla malliin referenssiksi rakennussuunnittelijan mallikerroksen tietomallin, voi tarkastella nopeasti ulkoseinien aukotusten vastaavuuden.

Teklan oma Clash check-työkalu tarkastaa Teklassa mallinnettujen komponenttien väliset leikkaukset. Tarkastelu tulee muistaa tehdä vain osatasolla, jolloin ei tutkita tarvikkeita ja raudoituksia. Jos tarkastuksen erehtyy tekemään kokoonpanotasolla, antaa tarkastelu törmäyksen jokaisesta elementin sisällä olevasta tarvikkeesta ja raudoituksesta. Helpoin tapa tehdä tämä tarkastelu on suodattaa

Teklassa näkyviin vain sellaiset osat Class-tiedon mukaan, joiden törmäyksiä haluaa tarkastella. Mallikerroksessa törmäykset tutkittiin seuraavien osien välillä:

- ONTELOLAATAT Class: 210
- RAPATTU_ELEMENTTI; SISÄKUORI Class: 227
- RAPATTU_ELEMENTTI; ERISTE Class: 104
- VÄLISEINÄ Class: 228
- PARVEKELAATAT Class: 250
- PARVEKEPIELET Class: 252
- HISSIKUILU Class: 261
- HORMIT Class: 267



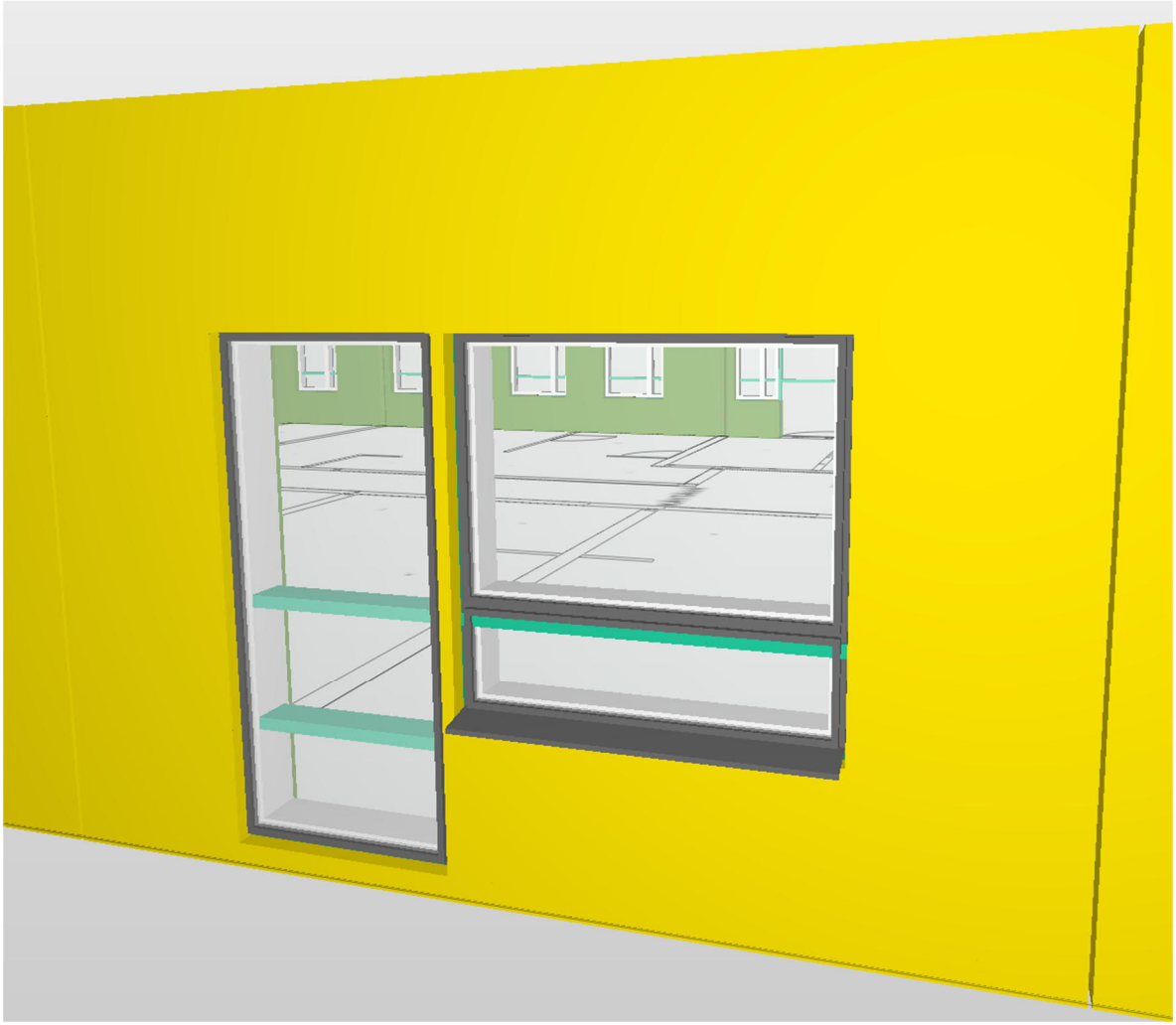
KUVA 12. Mallikerroksen Clash check -tarkastelun tulokset.

Kuvassa 12 on esitetty mallikerroksesta Teklassa tehty Clash check-tarkastelu. Tarkastuksesta huomataan, että mallista löytyy yksi rakennusosien välinen törmäys. Törmäys on kahden ontelolaatan välillä ja johtuu ontelolaatta työkalun mallinnustarkkuudesta, joka asettelee joskus hieman vinossa olevia ontelolaattoja joitakin millimetrejä sisäkkäin. Rakennuksen rakennettavuuteen tällä ei ole vaikutusta ja törmäyksen korjaaminen olisi melko työlästä, joten se jätettiin huomiotta.

Edellä mainittujen tarkastusten lisäksi tehtiin sääntöpohjainen tarkastelu Solibri Office-ohjelmalla. Solibrissa käytettiin seuraavia tarkastussääntöjä:

- Rakennemalli vs. arkkitehtimalli
- Rakennemallin komponenttien väliset leikkaukset.

Rakennemallin komponenttien väliset leikkaukset oli tarkastettu jo Teklan Clash check -toiminnolla, mutta Solibrin tarkastuksella saadaan vielä varmuus, että kyseisiä leikkauksia ei ole. Solibri löysi mallikerroksesta samat törmäykset, jotka löydettiin jo aikaisemmin Teklan omassa tarkastelussa ja niiden vuoksi ei tarvinnut tehdä toimenpiteitä.



KUVA 13. Rakennemalli vs. arkkitehtimalli; Ikkuna ja Kokoonpano -komponenttien välinen leikkaus

Rakennemallin vertaaminen arkkitehtimalliin antoi paljon törmäyksiä, joihin ei tarvinnut reagoida mitenkään, koska nämäkään eivät todellisuudessa ole törmäyksiä. Kuvassa 13 on esitetty yleinen törmäys arkkitehdin ikkunan ja rakennesuunnittelijan putoamissuojauksen välillä. Solibrin tarkastussäännöt eivät tunnista ikkunoiden kohdilla olevia poikittaisia putoamissuojauspuita väliaikaisiksi, vaan luulee ikkunan törmäävän siihen lopputilanteessa. Jatkossa tulee löytää keino, jolla näiden törmäysten ilmaantuminen saadaan estettyä. Tämä pitää tehdä joko löytämällä keino, jolla putoamissuojaukset saadaan mallinnettua niin, että ne eivät tuota törmäyksiä tai vaihtoehtoisesti muuttamalla Solibrin tarkastussääntöjä niin, että ne eivät huomioi putoamissuojakseen kohdistuvia törmäyksiä. Tarkastelujen jälkeen mallikerroksen malli hyväksyttiin sisäisessä laadunvarmistuksessa. Malli ladattiin projektipankkiin tietomalliselostuksen kera.

3.4.2 Yleissuunnitteluvaiheen mallinnus

Mallikerroksen mallintamisen ja tarkastelujen jälkeen mallinnuksessa siirryttiin lopun rakennuksen mallintamiseen. Jotta mallintamista voitiin tehdä, tuli rakennepohjat päivittää yhteensopiviksi uusimpien rakennussuunnittelijan pohjien kanssa ja suunnitella myös loppuihin kerroksiin ontelolaattajaot.

Tässä vaiheessa kokeiltiin ontelolaattojen mallintamista suoraan Teklalla ilman AutoCAD-ohjelmalla tehtyjä ontelolaatta jakoja. Kerroksesta mallinnettiin ensin kaikki pystyrakenteet eli tässä tapauk-

sessa lähinnä seinät, jonka jälkeen laattojen mallinnus tehtiin Floor Layout-työkalulla. Jotta mallinnettavien laattojen profiili oli oikea, tuli profiilit hakea Tekla Warehousesta. Sieltä löytyy ainakin Parman ontelolaattaprofiilit, jotka saatiin ladattua mallin profiilikatalogiin. Ennen laattojen mallintamista Floor Layout-työkaluun syötetään halutut lähtötiedot, kuten ontelolaatan profiili, nimi ja luokka. Varsinainen mallintaminen tehdään valitsemalla ensimmäiset kaksi pistettä, joiden suunta määrää ontelolaattojen kantosuunnan ja laattojen mallinnussuunnan. Mallinnussuunnan tulee olla sama, kuin tasopiirustuksessa ajateltu tunnusten lukusuunta. Tämän jälkeen valitaan laataston loput kulmapisteet. Myös laatastossa olevat kolot voi ottaa huomioon valitsemalla kolojen kulmiin pisteet. Mallinnettu laatasto hyväksytään hiiren keskipainikkeella, jonka jälkeen työkalu päättää itse kummassako reunassa laatastoa sijaitsee mahdollinen kavennettu laatta. Kavennetun laatan sijainnin voi työkalun asetuksissa vaihtaa toiseen reunaan. Ontelolaattoihin tulevat kylpyhuonesyvennykset tehtiin Teklan Warehousesta löytyvillä Hollow Core Recess-työkaluilla ja reiät Teklan omilla leikkaustyökaluilla. Tästä ontelolaatastosta tehtiin Teklassa piirustus, jossa esitettiin vain laatat, niiden tunnukset ja niissä olevat varaukset. Tämän jälkeen piirustuksesta tehtiin DWG-tiedosto, joka tuotiin käsiteltävän kerroksen ontelolaatastoksi 2D-piirustukseen.

Floor Layout -työkalulla laattojen mallintaminen oli helppoa, mutta laataston hahmottaminen vaatii kokemusta ontelolaatoista, jota kaikilla suunnittelijoilla ei ole. Siksi päädyimme tässä kohteessa tekemään loput ontelolaattajaot ensin AutoCAD-ohjelmalla ja mallintamaan ontelolaatat niiden mukaan. Seuraavissa kohteissa kokeilemme tapaa, jossa AutoCAD-ohjelmalla tehtyihin pohjiin merkataan laatastosta vain suuret reiät ja kylpyhuonesyvennyksien minimi mitat. Tämän jälkeen laatasto mallinnetaan Teklassa ja lisätään lopulliset kylpyhuonesyvennykset. Ontelolaattojen DWG-muunnosta varten tehdään piirustuspohja, jonka avulla jokainen laatta saadaan DWG-tiedostoon omaksi osakseen ja niiden tunnukset selkeästi esitettynä laatan painopisteeseen. Tämä DWG-tiedosto tuodaan referenssiksi rakennepohjaan. Tässä kuvattu kehitysvaihe on esiaste sille, että saamme luovuttua AutoCAD-ohjelmalla tehdyistä tasopiirustuksista kokonaan ja saamme ne suoraan Teklasta.

Kohteen mallintamista jatkettiin kehittämällä mallikerrosta nykyisten rakennussuunnittelija pohjien mukaiseksi. Koska mallikerroksena toiminut neljäs kerros oli hyvin vastaava, kuin kerrokset kahdesta kuuteen, voitiin nämä kerrokset kopioida mallikerroksesta. Kopioinnissa tuli huomioida, että kaikkien elementtien kerroskohtaiset tiedot, kuten prefix-tiedot muutettiin vastamaan uutta kerrosta. Tämä oli helpoin tehdä kopioimalla yksi kerros kerrallaan ja suodattamalla näkyviin vain yhden elementtiryhmän elementit uudesta kerroksesta. Tämän jälkeen muutettiin tämän elementtiryhmän kaikki tiedot yhdellä kertaa.

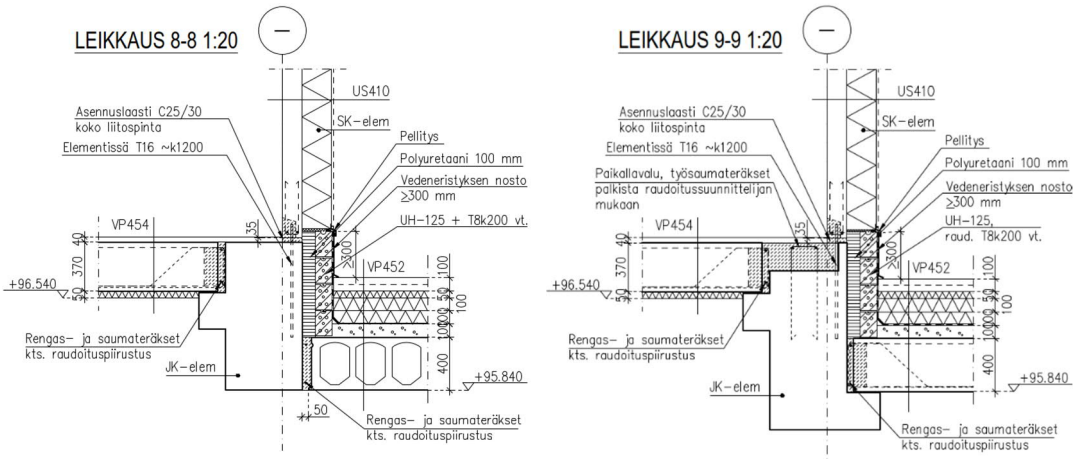
Vaikka kuudennen kerroksen katto ja ensimmäisen kerroksen katto olivat erilaisia mallikerrokseen verrattuna, niihin ei tässä vaiheessa tarvinnut tehdä suuria muutoksia. Kuudennen kerroksen päälle mallinnettiin seitsemäs kerros, joka oli sisäänvedetty kahdella sivulla muusta rungosta. Ensimmäisessä kerroksessa vaihdettiin sekarunkoon, jossa pihakannen puoleinen osa oli edelleen seinärakenteinen ja katujen puoleinen osa pilari-palkkirakenteinen.

Alimman kellarin maanpaineseinät, väliseinät ja väestönsuojan seinät mallinnettiin Concrete Panel-työkalulla. Seiniin tulevat oviaukot tehtiin Hole Generation-työkalulla. Pilarit mallinnettiin Concrete Column-työkalulla ja kellareiden välipohjan paikallavalettava holvi ja maanvarainen lattia Concrete

Slab-työkalulla. Kaikki nämä työkalut ovat Teklan omia työkaluja ja ne toimivat ilman suuria moitteita. Ainut asia, josta moitteita voi taas mainita, on Hole Generation-työkalu. Sen tekemät aukko komponentit pitää räjäyttää, jotta ne eivät muuta myöhemmin muotoaan ja sijaintiaan. Näiden lisäksi alimmassa kellarissa oli portaat, jotka mallinnettiin Rudus Oy:n Elemento E6-porrastyökalulla.

Ylempi kellari oli laajuudestaan huolimatta melko yksikertainen mallinnettava rakenteiden osalta. Siinä käytetyt työkalut olivat pitkälti samoja mitä oli käytetty aikaisemmin. Maanpaineseinät ja väliseinät seinät mallinnettiin Concrete Panel-työkalulla ja aukotukset tehtiin Hole Generation-työkalulla. Pilarit mallinnettiin Concrete column-työkalulla ja maanvarainen lattia Concrete Slab-työkalulla. Ne alemman kellarin pilarit, jotka voitiin tehdä kaksikerrospilareina ulottuvat myös ylempään kellariin. Myös ylemmän kellarin pilarit, jotka voitiin ulottaa ensimmäisen kerroksen kattoon asti, suunniteltiin kaksikerrospilareiksi. Ylemmän kellarin katon ontelolaatat mallinnettiin Floor Layout-työkalulla ilman kylpyhuonesyvennyksiä, koska tässä vaiheessa ei ollut tietoa asuintilojen kylpyhuoneiden ja liiketilojen vessojen sijainneista.

Kohteessa on aseteltu päällekkäin erilaisia toimintoja; ylemmässä kellarilla autohalli, ensimmäisessä kerroksessa asuin- ja liiketiloja ja toisesta kerroksesta ylöspäin asuintiloja. Tämä tarkoitti, että ylemmän kellarin ja ensimmäisen kerroksen kattoihin tuli paljon elementtirakenteisia betonipalkkeja. Palkit mallinnettiin Teklasta löytyvällä Concrete Beam-työkalulla, jossa pystyy valitsemaan betonipalkeille profiilikatalogista löytyviä muotoja. Tässä kohteessa palkkeja oli useita eri muotoisia ja kokoisia, kuten suorakaidepalkkeja, leukapalkkeja ja erilaisia ristipalkkeja. Kuvan 14 leikkauksessa 9-9 on esitetty ristipalkki, jossa leuat ovat eritasoissa ja palkin päällä ulkoreunassa on valulippa. Teklasta löytyy profiili myös tällaiselle palkille, mutta valulipan joutuu lisäämään jälkeen päin Added Material-toiminnolla. Concrete Beam-työkalu toimi pääsääntöisesti erittäin hyvin. Merkittävimmät ongelmat tulivat vastaan leikatessa palkista pois tarpeettomia osia, kuten leukoja. Leikkauksia tehdessä tuli olla todella tarkkana, että leikkaus on suorassa palkin geometriaan nähden. Muuten leikkausta ei tullut ollenkaan tai palkki hävisi kokonaan.



KUVA 14. Välipohjaleikkauksia pihakannen kohdalta, leikkaukset 8–8 ja 9–9 (Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020a).

Kuvassa 14 on esitetty kaksi erilaista palkkityyppiä pihakannen ja rakennuksen rajalta. Leikkauksessa 8–8 ontelolaatat tukeutuvat palkkiin vain rakennuksen puolelta ja leikkauksessa 9–9 myös pihakannen puolelta. Palkkien ulkopinta on sama, kuin ensimmäisen kerroksen seinien sisäkuoren ulkopinta, jotta lämmöneristys saadaan jatkumaan katkottomana.

Betonipalkkien lisäksi ylemmän kellarin katossa on muutama Deltapalkki helpottamassa talotekniikan kuljettamista. Myös Deltapalkit mallinnettiin Concrete Beam-työkalulla, vaikka palkit ovatkin teräspalkkeja. Tämä onnistui lataamalla Peikon Deltapalkki-profiilit profiilikatalogiin Teklan Warehousesta. Tämän jälkeen profiileja pystyttiin käyttämään samoin kuin muitakin palkkiprofiileja.

Ensimmäisen kerroksen mallinnus tapahtui samoilla työkaluilla, kuin aikaisempien kerrosten mallinnus. Väliseinät mallinnettiin Concrete Panel-työkalulla ja oviaukot tehtiin Hole Generation-työkalulla. Yhden kerroksen korkuiset pilarit mallinnettiin Concrete column-työkalulla ja palkit Concrete Beam-työkalulla. Sandwich and Double Wall-työkalua käytettiin sisäkuorielementtien mallintamiseen ja SK-ikkuna työkalua niiden aukotuksiin. Ontelolaatat mallinnettiin Floor Layout-työkalulla ja kylpyhuonesyvennykset tehtiin Hollow Core Recess-työkaluilla. Parveke- ja massiivilaattoihin käytettiin Concrete Slab -työkalua.

Koska kaikki tasopiirustuksen oli tehty AutoCAD-ohjelmalla, päätimme tehdä sillä myös perustuspiirustukset. Kohteen maapohja on tiiveydeltään hyvin löyhää, joten pohjatutkimuksen mukaan rakennus tuli perustaa teräsbetonisille kitkapaaluille. Paaluina käytetiin 300x300 mm^2 teräsbetonipaaluja. Paaluanturoina käytettiin vakiopaaluanturoita, joiden kuormituskestävyydet on laskettu valmiiksi. Ulkoseinälinjoilla pilareiden kohdille tulevat paaluanturat sidottiin yhteen nauha-anturoilla, joihin kiinnitettiin yläpuoliset maanpaineseinät. Ulkoseinälinjan puoleisilta paaluanturoilta suunniteltiin sidepalkit rungon puolella oleville paaluanturoille, joilla tasataan anturoille aiheutuvan maanpaineen vaikutusta. Yhdellä sivulla tontinrajaan kiinni suunniteltiin peruspalkki, jota kannateltiin läheisiltä paaluanturoilta ulokkeellisilla peruspalkeilla ja tiheällä paalutuksella. Perustussuunnitelmiin lisättiin myös salaojitukset. Erillistä routasuojausta ei kohteeseen tarvinnut suunnitella, koska kaikki rakennuksen ulkopuoliset täytöt tehdään routivaan syvyyteen asti routimattomalla täytöllä.

Teklaan löytyy useita työkaluja paaluanturoiden mallintamiseen. Jos paaluanturaan ei ole tarvetta mallintaa raudoituksia, kuten tässä tapauksessa ei ollut, on anturat mahdollista mallintaa Teklan omalla Pad footing-työkalulla ja paalut Concrete Column-työkalulla ja tehdä näistä kokoonpano. Päätimme kuitenkin käyttää paaluanturoiden mallintamiseen olevia erillisiä työkaluja. Muun muassa Betoniteollisuus Ry on tehnyt vakiopaaluanturoille ja niiden raudoituksille hyvin toimivan ja helppokäyttöisen työkalun. Nyttemmin Tekla Warehouseen on tullut ladattavaksi BEC Pile (RT betonipaalut)-työkalu, jossa on lähes samat ominaisuudet kuin Betoniteollisuus Ry:n työkalussa. Vakiopaaluantura-työkalussa valitaan ensin, mikä paaluantura halutaan mallintaa ja asetetaan se mallissa haluttuun sijaintiin ja tasoon. Tämän jälkeen paaluanturaa voi muokata paalun ylä- ja alapään osalta, sekä tarvittaessa vaihtaa osien nimiä ja luokkia. Seinien alle tulevat nauha-anturat, paaluanturoiden väliset sidepalkit ja peruspalkit mallinnettiin Strip footing-työkalulla. Palkit leikattiin oikeaan muotoon Teklan omilla leikkaustyökaluilla.

Perustusten mallintamiseen tarkoitetut työkalut toimivat pääsääntöisesti juuri niin kuin niiden pitikin toimia. Teklan Warehousesta nykyisin löytyvä BEC Pile (RT betonipaalut)-työkalu on helpompi asentaa ja varmempi käyttää kuin aikaisemmin tähän tarkoitukseen käytetty Betoniteollisuus Ry:n työkalu. Perustusten raudoituksen voitaisiin mallintaa myös kokonaisuudessaan Teklalla, mutta valmiiden piirustuspohjien ja paikallavalujen raudoitusluetteloiden puuttumisen vuoksi niitä ei mallinnettu.

Ennen kuin yleissuunnitteluvaiheen mallinnus aloitettaan tulee lähtötietojen olla riittävän hyvällä tasolla. Rakennussuunnittelijan suunnitelmat ja niihin perustuvat rakennepohjat tulee olla ajatuksen kanssa tehty ja niistä tulee ilmetä muun muassa rakennevahvuudet ja elementtijaot. Lähitulevaisuudessa pyrimme siirtämään ontelolaatastojen suunnittelun kokonaan Teklaan, koska Teklassa ontelolaattajakojen suunnittelu ja jakojen muokkaaminen on verrattain melko yksinkertaista. Tämä kuitenkin vaatii, että suunnittelijalla on riittävä ymmärrys ontelolaattastojen suunnittelusta. Tämä on yksi askel siihen, että jossain vaiheessa saamme siirrettyä kaikki mittapiirustukset Teklaan. Tämä vaatii lisäoppia Teklan työkaluista ja siitä, miten niitä saadaan hyödynnettyä koko projektin aikana.

Yleissuunnitteluvaiheen mallinnus sujui suurimmaksi osaksi hyvin ja Teklassa käytetyt työkalut toimivat ilman suurempia ongelmia. Suurimmaksi ongelmaksi muodostui komponenttien äkillinen muuttuminen, jonka vuoksi kaikki komponentit jouduttiin räjäyttämään komponentin mallintamisen jälkeen. Tämä taas hankaloitti elementtien muokkaamista jatkossa, kun aikaisemmin komponentissa olleita osia joutui muokkaamaan yksitellen.

3.4.3 Tietomalliselostus

Jokaisen julkaistavan mallin mukana tulee toimittaa tietomalliselostus. Kuten tietomallitkin, ovat tietomalliselostukset suunnitteluala- ja mallikohtaisia. Tietomalliselostuksen pitää sisältää ainakin selvitys tietomallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja tiedot mahdollisista poikkeamista muiden suunnittelijoiden malleihin, yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin. Tietomalliseluksesta ilmenee, mitä varten malli on julkaistu ja mikä on sen tarkkuutaso. Lisäksi siitä selviää muille osapuolille mallin ja sen osien valmiusaste ja nimeämiskäytännöt. (YTV 2012 Osa 1: Yleinen osuus, 9.)

Asiakirja otsikoidaan selkeästi tietomalliselostukseksi ja kerrotaan suunnitteluala, jota tietomalliselostus koskee. Seuraavaksi kerrotaan kohteen nimi ja osoite. Sen jälkeen etusivulla annetaan seuraavat tiedot:

- Mallitiedoston nimi
- Tietomalliselostuksen päiväys
- Muutospäiväys
- Muutokset
- Suunnittelija(t)
- Tietomalliyhteyshenkilö
- Yhteyshenkilön sähköpostiosoite
- Yhteyshenkilön puhelinnumero
- Vastuullinen suunnittelija
- Käytettävät ohjelmistot ja versiot
- Lisätietoja, huomioita yms.

Seuraavilla sivuilla kerrotaan ainakin mallinnukseen liittyvät tiedot, suoritetut tarkastukset ja tarkennetaan malliin tehtyjä muutoksia:

- Mallin vaihe
- Koordinaatisto
- Mittayksikkö
- Mallin tarkkuus
- Käytetyt lähtötiedot
- Merkittävät poikkeamat muiden suunnittelijoiden malleista
- Poikkeamat mallinnusohjeista
- Mallin tietosisältö/ huomiot /tilanne
- Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastelukelpoisia
- Suoritetut tarkastukset
- Muutokset tietomallissa.

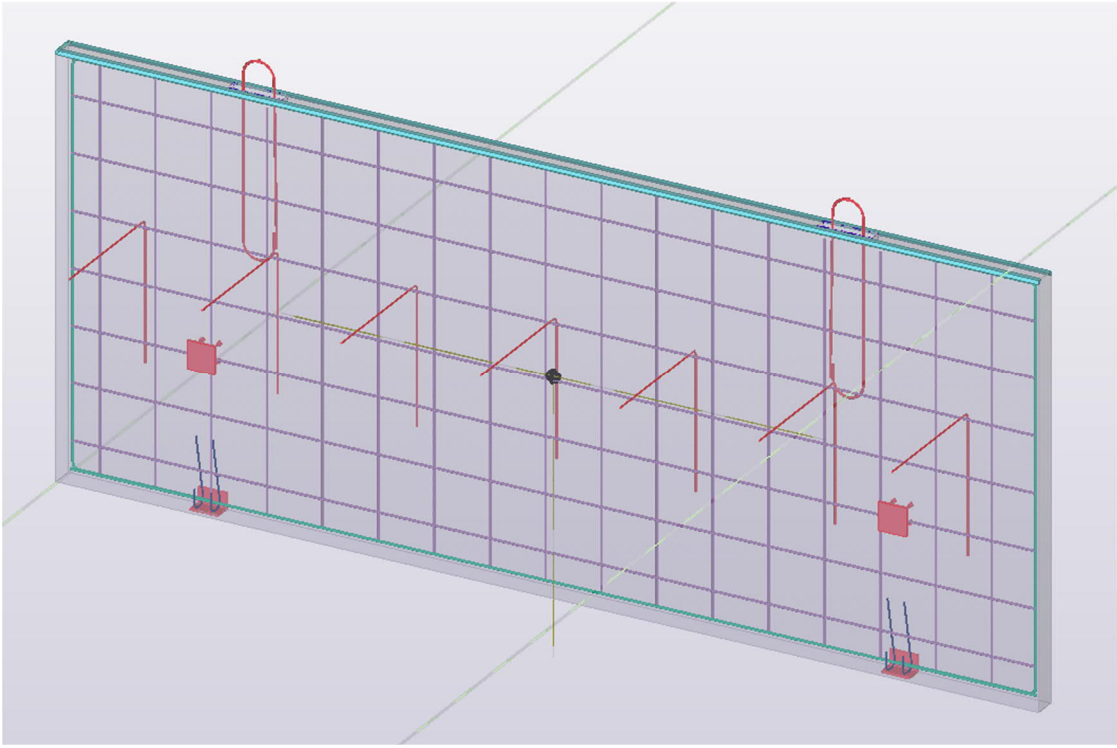
Tietomalliselostuksen loppuun tehtiin rakennemallin tarkastuslomake YTV2012 Osa 6: Laadunvarmistus liitteen 1 sivun 24 pohjalta. Lomaketta täytetään rasti ruutuun periaatteella jokaisessa kohdassa ollen valittavana kunnossa, puutteita tai Ei relevantti. Tarkastuslomakkeen tarkoitus on toimia muistilistana tietomallia tarkastavalle ja tietomalliselostusta laativalle henkilölle siitä, että kaikki lomakkeessa mainitut kohdat on huomioitu. Lomake kertoo myös tietomalliselostusta lukevalle henkilölle, että lomakkeessa olevat asiat on huomioitu ja niissä mahdollisesti olevat puutteet ovat tietoisia. Tietomalliselosteen loppuun lisätään vielä paikkakunta ja päiväys sekä allekirjoitus.

3.5 Hankintoja palveleva suunnittelu

Yleissuunnittelun jälkeen kohteen suunnittelussa siirryttiin hankintoja palvelevaan suunnitteluun. Kuten aikaisemminkin, ensin rakennepohjat päivitettiin vastamaan rakennussuunnittelijan uusimpia pohjia. Pohjista tarkastettiin elementtijaot niin seinäelementtien, kuin laattaelementtienkin kohdalla. Pohjien mukaan päivitettiin myös tietomalli, jonka ajantasaisuus on helpoin säilyttää tekemällä päivitykset saman aikaisesti.

Tässä vaiheessa mallinnettiin kohteen kahdelle sivulle betoniset ulkokuorielementit. Ne rajaavat arkadin lattian rakenteet katutasosta ja toimivat myös kaiteena. Ulkokuorielementit mallinnettiin Concrete Panel-työkalulla. Tyyppielementiksi valittuun kuorielementtiin lisättiin raudoitukset Teklasta löytyvällä Wall Panel Reinforcement-työkalulla, johon muokattiin asetukset kuorielementtien raudoituksien mallintamista varten. Raudoitukseksi 80 mm:ä paksuun betonikuoreen tuli verkko ja kaksi RST-terästä ympäri. Näiden lisäksi mallinnettiin Rebar group-työkalulla kuorielementin tartunnat arkadin pintalaattaan. Kuorielementti varusteltiin kahdella TRR-tartuntalevyllä, joiden komponentti on muokattu Teklan Suomi-ympäristöstä löytyvästä peruskomponentista tähän tarkoitukseen sopivaksi. TRR-tartunnat lisättiin elementtiin valitsemalla tartunnan paikka tai laittamalla se johonkin kohtaan elementissä ja siirtämällä se paikalleen. Tämän jälkeen tartunta piti lisätä kuorielementin kokoonpanoon, koska komponentti ei osaa suoraan liittyä. Kuorielementin nosto-osat lisättiin käyttämällä Tekla Warehousesta löytyvää Lifting Inserts-työkalua, josta löytyy suurin osa Suomessa yleisesti käytettävistä esivalmistetuista nosto-osista. Kuorielementtiin lisättiin nosto-osiksi kaksi Pintos PBK-

nosto-osaa. Lifting Inserts-työkalussa on myös ominaisuus, jolla voidaan lisätä elementin painopiste näkyviin elementtiin ja sitä kautta myös elementtipiirustuksiin. Elementin painopisteen näkeminen helpottaa elementin käsittelyä tehtaalla ja työmaalla, joten se lisätään kaikkiin elementteihin. Valmiiksi mallinnettu kuorielementti on esitetty kuvassa 15.



KUVA 15. Valmiiksi mallinnettu kuorielementti.

Kuorielementin mallintaminen raudoituksineen ja varusteineen yllä mainituilla työkaluilla ja komponenteilla toimi hyvin ja ilman suurempia ongelmia. Yksi yleisimmistä ongelmista Teklan käytössä on raudoituksien mallintaminen ja niiden muokkaaminen, mutta yksinkertaisen ulkokuorielementin kohdalla näitäkään ongelmia ei ollut. Ainoa suurempi ongelma oli, että nostolenkit eivät olleet oikean muotoisia, vaan ne näkyivät vain ohuena lankana. Syyksi osoittautui, että mallin alla ollut rebar_database.inp-tiedosto ei sisältänyt nostolenkin materiaali- ja taivutustietoja.

Kohteen kaikkien elementtien geometria oli nyt mallinnettu, joten päätimme tehdä kohteen julkisivukaaviot Teklalla. Julkisivukaavioissa esitetään rakennussuunnittelijan julkisivusuunnitelmien päällä rakennesuunnittelijan elementtijaot. Päätimme ensin tehdä tämän kokonaan Teklalla, mutta pian huomasimme, että rakennussuunnittelijan DWG-julkisivujen tuominen referenssiksi Teklaan on todella hankalaa. Tämä johtuu siitä, että referenssin mittatarkkuus ei jostain syystä toimi, kuten sen pitäisi. Kun referenssin skaalasi Teklan piirustuspuolella oikeaan mittakaavaan, jotta sen olisi voinut tuoda piirustukseen referenssiksi, oli mittakaava lopulta jotain aivan muuta mitä oli asetettu. Tästä johtuen päätimme tehdä julkisivukaaviot samoin, kuin aikaisemmin teimme ontelolaattojen tuomisen Teklasta AutoCadiin.

Ensin teimme Teklan näkymäasetuksiin suodattimen, jolla saimme näkyviin vain julkisivukaavioon tarvittavat elementit. Tämän jälkeen teimme jokaisesta julkisivusta oman piirustuksen Teklaan, joissa näkyivät vain kyseessä olevan julkisivun elementit ja elementtien tunnukset keskitettynä elementin painopisteeseen. Tämän lisäksi merkittiin halkaisijalla ja selitetekstillä kohdat, joissa ei ollut

elementtejä. Näitä kohtia oli esimerkiksi väestönsuojan kohdat. Tämän jälkeen piirustuksista tehtiin DWG-tiedostot. Näitä tiedostoja joutui vielä muokkaamaan AutoCAD-ohjelmalla, koska Teklan DWG-export asetuksia ei saatu toimimaan täysin niin kuin olisi haluttu. Rakennussuunnittelijan julkisivut tuotiin yhteen DWG-tiedostoon referenssiksi ja Teklasta tuodut elementtijako DWG:t tuotiin osaksi samaa tiedostoa oikeille paikoilleen. Kun piirustuksia päivitettiin, jouduttiin tekemään sama prosessi ilman piirustusten uudelleen tekemistä Teklassa. Jatkossa kehitämme elementtikaavioiden tekemistä niin, että ne voidaan tehdä kokonaan Teklalla.

Hankintoja palvelevan suunnittelun alussa päätimme, että emme tee kaikkia tyyppielementtipiirustuksia Teklalla. Tähän tulokseen tulimme osittain sen vuoksi, että esimerkiksi parvekelaattojen yläpinnan muotojen mallintaminen on erittäin aikaa vievää. Samoin päätimme, että emme tässä vaiheessa mallinna massiivilaattojen ja pilareiden raudoituksia ja tarvikkeita. Ajatuksena oli myös, että esimerkiksi pilareiden elementtisuunnittelu tehtäisiin myös lopullisesti AutoCAD-ohjelmalla, koska yrityksessä työskentelee edelleen suunnittelijoita, jotka eivät mallinna. Teklalla mallinnettaviksi tyyppielementiksi valittiin maanpaineseinät, väliseinät, sisäkuorielementit, ulkokuorielementit ja palkit.

Maanpaineseinien tyyppielementiksi valikoitui ylemmän kellarin elementti AV-K1-18, jonka perusgeometria oli mallinnettu yleissuunnitteluvaiheessa. Kyseinen maanpaineseinä liittyy molemmin puolin pilareihin PVL-vaijerilenkeillä. Nämä liitokset mallinnettiin yrityksessä kehitetyllä s-liitos_suora-työkalulla. Tämä työkalu ei suoraan toiminut pilariin tehtävässä vaijerilenkkiliitoksessa, koska pilarin perusgeometria eroaa merkittävästi seinästä. Työkalulla saatiin tehtyä seinään liitoksessa oleva vaarna ja vaijerilenkit, joista vaijerilenkit saatiin kopioitua pilariin. Seinän alapään liitos anturaan tehtiin yrityksessä kehitetyllä Vemo+anturakolo-työkalulla. Työkalulla saatiin seinään määriteltyä tartuntavemo ja niihin kierretankotapit sekä lisäraudoitukset ja anturoihin tapeille sopivat kolot. Molemmat liitostyökaluista tekivät tehtävänsä, mutta eivät toimineet niin hyvin olisivat voineet toimia.

Maanpaineseinän raudoitukset tehtiin Wall Panel Reinforcement-työkalulla, johon muokattiin asetukset, joilla saatiin mallinnettua elementtiin pieliteräkset ja verkot molempiin pintoihin. Rebar group -työkalulla tehtiin tartunnat kellarin maanvaraiseenlattiaan ja välipohjan ontelolaatastoon. Lisäksi samalla työkalulla tehtiin elementin alapintaan pääteräkset ja pääteräksiä sitovat lenkit. Single rebar-työkalulla mallinnettiin elementin valulippaan lisäraudoitus. Kaikki nämä raudoitustyökalut toimivat hyvin, mutta niiden käyttö vaatii Teklan perusasioiden hallintaa. Näihin perusasioihin kuuluu muun muassa Snap-asetusten ja näkymien käyttäminen, joilla raudoitukset saadaan mallinnettua helpommin oikeille paikoilleen.

Maanpaineseinäelementtiin lisättiin vielä vastakappaleeksi aikaisemin ulkokuorielementtiin laitettuille TRR-tartuntoihin SBKLR-tartunnat. SBKLR-tartunnat lisättiin Custom componentina. Samoin lisättiin elementin valulippaan putoamiskaiteen asentamista varten KAPU-holkit. Nämä komponentit tulee muistaa lisätä elementin kokoonpanoon manuaalisesti. Nosto-osat lisättiin käyttäen Lifting Inserts-työkalua, joka lisää myös elementin painopisteen näkyviin elementtiin.

Väliseinien osalta tyyppielementeiksi valittiin kolmenlaisia väliseiniä, jotka eroavat muun muassa käyttötarkoituksessa ja kuormissa. Perusväliseinätyyppi on raudoittamaton väliseinä, joita käytettään

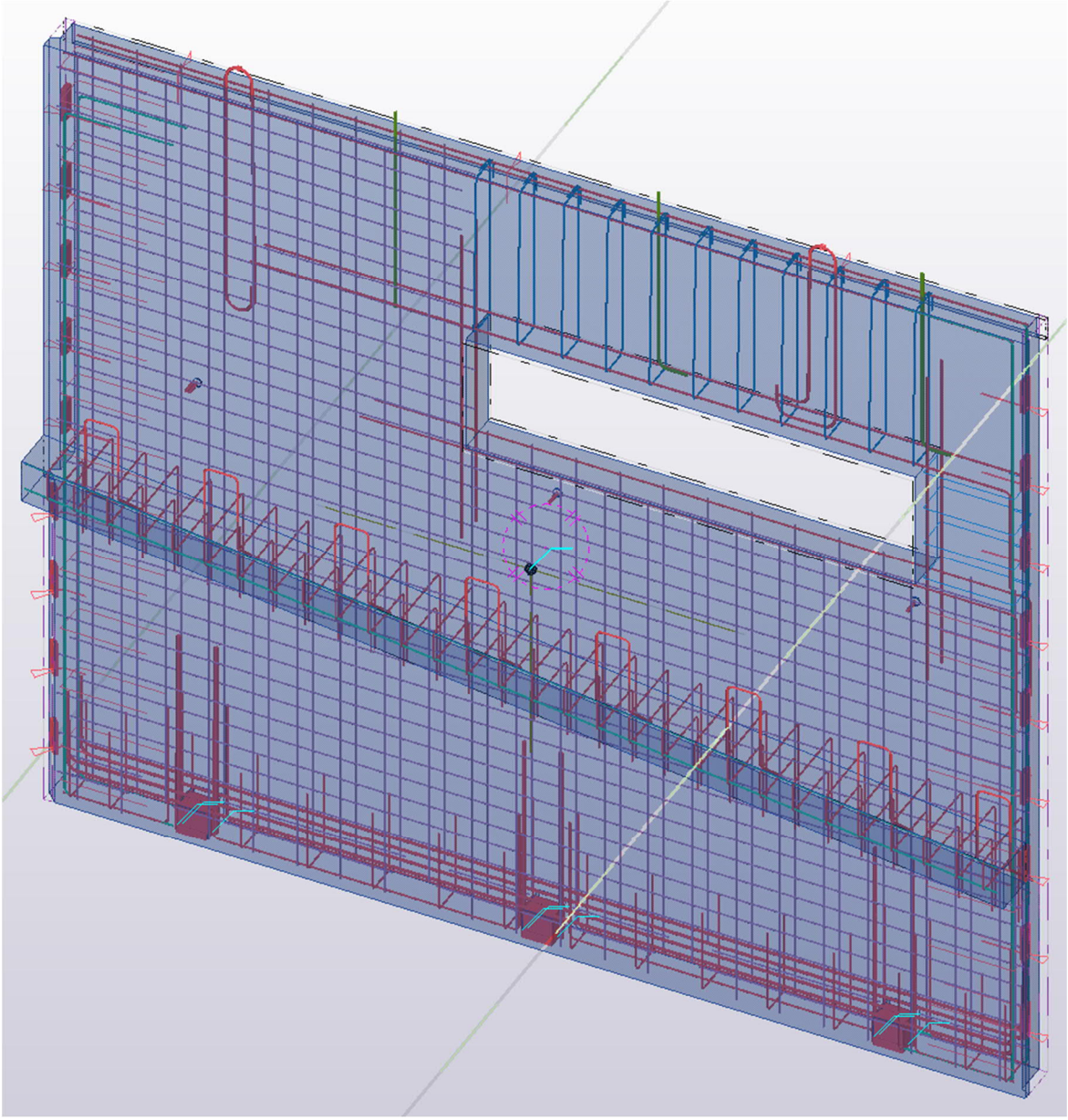
huoneistojen välisenä seinänä. Porrashuoneiden ja molempien kellareiden väliseinät raudoitetaan, koska ne toimivat rungon jäykistävinä osina.

Kohteen huoneistojen väliset väliseinäelementit liittyvät toisiin väliseiniin, hormeihin ja ulkoseiniin. Kaikki nämä liitokset pystyi tekemään yrityksessä kehitetyillä vaijerilenkkiliitos työkaluilla. Tyyppielementiksi valittu väliseinä liittyi toisesta reunastaan kahteen ulkoseinäelementtiin ja toisesta reunastaan päittäin toiseen väliseinäelementtiin. Väliseinän ja kahden ulkoseinän liitos tehtiin V_3-elementtiä-työkalulla ja kahden väliseinäelementin välinen liitos s-liitos_suora-työkalulla. Molemmat työkalut toimivat hyvin, mutta vaativat kehitystä sen suhteen, miten niiden toiminta esitetään työkalun käyttöliittymässä.

Väliseinäelementin liitokset ylempiin ja alempiin elementteihin tehtiin yrityksessä kehitetyllä kolovaraustyökalulla. Työkalussa valitaan ensisijainen elementti ja sitten toissijainen elementti, jonka jälkeen työkalu lisää alempaan elementtiin tapit ja ylempään elementtiin kolot tappien kohdalle. Työkalussa voi säätää muun muassa kolojen sijainnin ja koon sekä tapin pituuden. Tapin pituudessa voidaan ottaa huomioon elementissä mahdollisesti oleva valulippa. Työkalu lisää kolojen ja tappien molemmille puolille lisähaat. Kolovaraustyökalu toimii hyvin ja kolojen ja tappien säätömahdollisuudet ovat hyvät. Väliseinä elementtiin lisättiin myös vemot, joiden avulla elementti saadaan tuettua työnaikaisesti. Vemot lisättiin elementtiin Wall Vemo insert-työkalulla, joka löytyy Tekla Warehousesta. Työkalulla lisättiin elementin toiseen pintaan vemot 2,2 m:in korkeuteen elementin alareunasta. Nosto-osat lisättiin käyttäen Lifting Inserts -työkalua.

Huoneistojen väliset seinät eivät tarvitse muuta raudoitusta, kuin pieliteräkset. Pieliteräkset lisättiin elementtiin Edge and Corner Reinforcement-työkalulla. Tällä työkalulla saadaan lisättyä pieliterästen lisäksi raudoitukset elementissä olevien aukkojen ympärille, kuten oviaukkoihin. Tässä työkalussa on sama ongelma kuin muissakin Teklan omissa seinien raudoitustyökaluissa eli vierekkäiset pieliteräkset eivät ole aina samanlaisia. Siksi tämäkin työkalun tekemät raudoitukset jouduttiin räjäyttämään, jotta vierekkäiset teräkset saatiin muutettua samanlaisiksi.

Autohallin väliseinien tyyppielementiksi valittiin ajoluiskan kohdalla oleva seinä, jossa oli myös ajoluiskan ontelolaattojen kannatusta varten betonikonsoli. Huoneistojen välisiin seiniin verrattuna tyyppielementti erosi varsinkin raudoitusten osalta. Seinän verkot, pieliteräkset ja reunojen haat mallinnettiin Wall Panel Reinforcement -työkalulla, joka ei toiminut betonikonsolin ollessa kiinnitettynä osaksi elementtiä, joten seinän raudoitus jouduttiin tekemään ensin ilman konsolia ja sen jälkeen raudoitukset räjäytettiin. Tämän jälkeen betonikonsoli lisättiin osaksi elementtiä ja raudoitettiin haoilla ja pitkittäisteräksillä käyttäen Rebar group-työkalua. Huonona puolena siinä että seinän raudoitus jouduttiin räjäyttämään ennen betonikonsolin raudoitusta oli, että elementin raudoitusta jouduttiin muokkaamaan sen jälkeen manuaalisesti. Tällaisessa elementeissä korostuu myös mallintamisen järjestys käytettäessä raudoitustyökaluja, jotka eivät ole tehty juuri tämänlaisen elementin raudoittamiseen. Autohallin väliseinän valmiiksi mallinnettu tyyppielementti on esitetty kuvassa 16.



KUVA 16. Valmiiksi mallinnettu autohallin väliseinä.

Kohteeseen suunnitellut palkit ovat suurimmaksi osaksi jännebetonipalkkeja, joiden raudoitussuunnittelu ei ole osa normaalia rakenne- tai elementtisuunnittelua. Palkkien raudoitukset suunnittelee toimittavan tehtaan raudoitussuunnittelija rakenne- ja elementtisuunnittelijan antamien elementtipiirustusten perusteella. Tämän vuoksi JK-palkkien tyyppielementteihin ei tarvitse mallintaa niiden muodon lisäksi kuin tartuntatappien reiät tai konsolit, saumateräsputket ja pakkeihin mahdollisesti tarvittavat tartunnat. Tappien reiät ja saumateräsputket mallinnettiin käyttäen Teklan omia leikkaustyökaluja. Tartunnat seiniin ja ontelolaatastoihin mallinnettiin Rebar group -työkalulla tai kopioimalla aikaisemmin mallinnettu teräs palkkiin ja liittämällä se palkin kokoonpanoon. Palkkeihin tulevien varausten ja raudoitusten mallintaminen oli niiden vähäisen määrän vuoksi varsin yksinkertaista.

Sisäkuorielementtien raudoitukseen ja varusteluun käytettiin pitkälti samoja työkaluja, kuin aikaisemmin on kerrottu muissa väliseinäelementeissä, joten en kertaa niitä. Mallintamisessa tuli vastaan myös samat ongelmat, joista olen kertonut aikaisemmissa seinäelementeissä. Uutena työkaluna käytettiin ulkoseinän ja ontelolaattojen väliseen liitokseen käytettyä BecPasiConnection-työkalua, joka on saatavilla Tekla Warehousesta. Työkalu lisää seinäelementtiin Pasi-100-vaijerilenkit ja lautauran

sekä ontelolaattoihin Pasi-400-tartuntalenkit ja niiden lisäraudoituksen. Työkalu toimi erittäin arvaamattomasti ja liitoksen muokkaaminen oli todella hankalaa. Helpointa oli tehdä yksi liitos kunnolla valmiiksi ja sen jälkeen kopioida liitoksia. Tällä tavalla toimittaessa tulee muistaa tarkastaa, että liitokseen kuuluvat tarvikkeet ja raudoitukset ovat lopulta osana oikean elementin kokoonpanoa.

3.5.1 Tyyppielementtipiirustukset

Raportointi tässä osuudessa kerron elementtipiirustusten tekemisestä yleisesti, joten en käy läpi jokaista elementtipiirustusta erikseen. Elementtipiirustukseen tulee tietoa kahdella tavalla. Joko tieto on mallinnettu osaksi elementin kokoonpanoa tai kirjoitettu kokoonpanon tietoihin. Kirjoitettavat tiedot jakautuvat elementin perustietoihin, jotka syötetään elementille suoraan työkalussa jolla elementti mallinnetaan ja käyttäjien lisäämiin tietoihin, jotka lisätään User-defined attributes-valikon (UDA) kautta. Työkalun kautta syötettäviin perustietoihin kuuluu yleensä:

- Elementin nimi (Name)
- Materiaali (Material)
- Elementtitunnuksen alkuosa (Assembly start number).

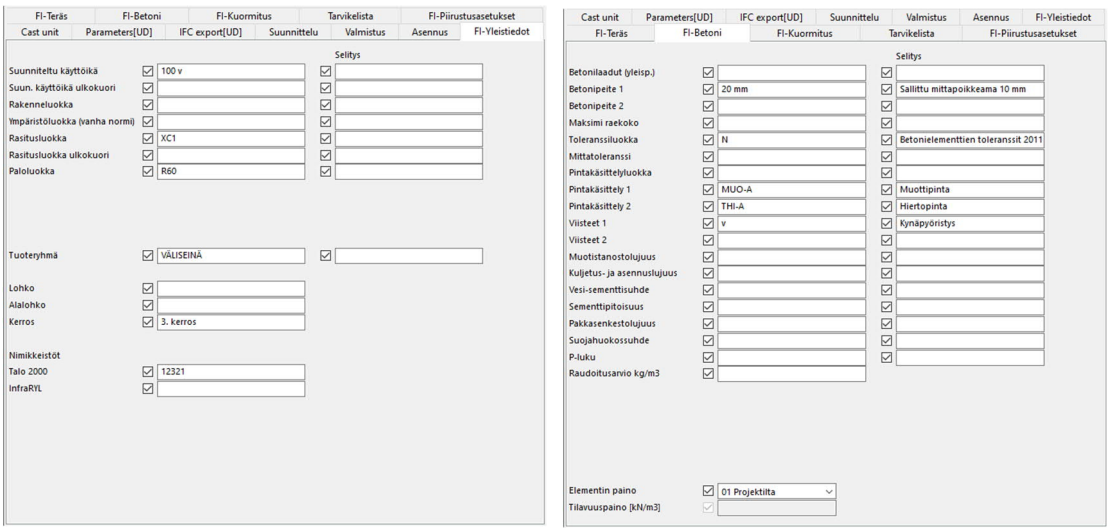
Näiden tietojen lisäksi syötetään UDA-valikon kautta ainakin seuraavat tiedot, jotka löytyvät kuvassa 17 esitetyltä FI-Yleisasetukset välilehdeltä:

- Suunniteltu käyttöikä
- Rasitusluokka
- Paloluokka
- Tuoteryhmä
- Kerros ja tarvittaessa Lohko- ja Alalohko-tiedot
- Talo2000-nimike

FI-betoni välilehdelle (kuva 17) syötettään ainakin seuraavat tiedot:

- Betonipeite 1 (ulkopinta)
- Betonipeite 2 (sisäpinta, jos eri kuin ulkopinta)
- Toleranssiluokka (Betonielementtien toleranssit 2011 mukaan)
- Mittatoleranssi
- Pintakäsittely 1 (muottipinta)
- Pintakäsittely 2 (hiertopinta)
- Viisteet 1

Jos elementille halutaan antaa muita tietoja UDA-valikon kautta, tulee varmistaa, että tieto siirtyy piirustuksiin ja IFC-malliin. UDA-valikon kautta voi lisätä elementille esimerkiksi suunnittelun ja valmistuksen aikataulutietoja sekä kuormitustietoja. Kaikissa UDA-valikon kautta lisätyissä tiedoissa pitää huomioida, että tämä tieto on vain kirjoitettua tietoa ja niitä voi käsitellä vain kirjoitettuna tietona.



KUVA 17. Tyyppielementin V-3-20 UDA-valikon FI-Yleistiedot- ja FI-Betoni-välilehdet

Piirustuspuolella elementille kirjoittamalla annetut tiedot jakautuvat suunnittelun lähtötietoihin ja tuotetietoihin. Materiaali näkyy valutarvikeluettelossa.

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Tuoteryhmä	VÄLISEINÄ	
Paloluokka	R60	
Rasitusluokka	XC1	
Suunniteltu käyttöikä	100 v	
TUOTETIEDOT		
Betonipeite 1	20 mm	Sallittu mittapoikkeama 10 mm
Toleranssiluokka	N	Betonielementtien toleranssit 2011
Pintakäsittely 1	MUO-A	Muottipinta
Pintakäsittely 2	THI-A	Hiertopinta
Viisteet 1	v	Kynäpyöristys

KUVA 18. Tyyppielementille V-3-20 annettujen tietojen esittäminen piirustuksessa

Elementin kokoonpanoon mallintamalla annetut tiedot ovat siinä olevia valutarvikkeita ja raudoitteita. Näiden lisäksi saadaan itse elementin materiaaliin eli tässä tapauksessa betoniin liittyviä tietoja. Kuvassa 19 on esitetty tyyppielementin V-3-20 valutarvikeluettelo, josta nähdään elementtiin tulevat valutarvikkeet ja elementtiin menevän betonin määrä.

VALUTARVIKELUETTELO		BETONIN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN TILAVUUSPAINOA 25.0 kN/m3, RAUDOITUSTANKOJEN, VERKKOJEN JA TARVIKKEIDEN PAINO SISÄLTYY TILAVUUSPAINOON			
PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m2]	MÄÄRÄ	YKS
V-3-20	1	C25/30	9.60	1.87	m³
			ELEMENTTI PAINO:	4.68	t

MÄÄRÄ		TARVIKKEET
2	kpl	PINTOS_SA_16 S235JR
8	kpl	PVL80 PVL connecting loop
2	kpl	VEMO_1036-G_M16x80
3	kpl	Tartuntatapit T16 1050.0mm B500B
10.9	kg	B500B T8
17.3	kg	B500B T10

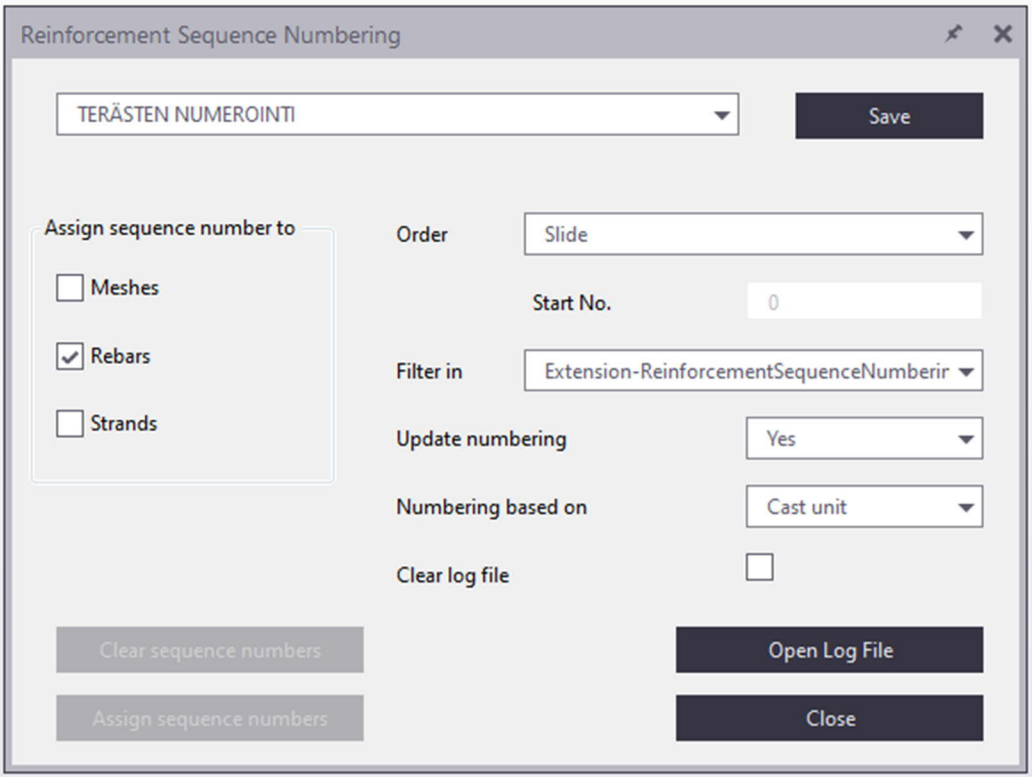
KUVA 19. Tyyppielementin V-3-20 valutarvikeluettelo

RAUDOITELUETTELO

RAUDOITTEET TYY	NRO	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	TAIVUTUSMITAT [mm] a	b	c	d	e	u	v	x	TD	KOMMENTTI
B	2	4	B500B	10	4020		9.9	3540	506				90			40	
B	3	4	B500B	10	3000		7.4	2523	506				90			40	
D	4	12	B500B	8	920		4.4	400	160	400						32	
D	5	18	B500B	8	910		6.5	400	150	400						24	
																RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:	28.2

KUVA 20. Tyyppielementin V-3-20 raudoiteluettelo

Kuvassa 20 on saman elementin raudoiteluettelo, jossa on esitetty elementtiin tulevien raudoituksien positiot, määrät, koot, painot ja muodot. Raudoituksen tyypin kertovat kirjaintunnukset ovat yleisesti käytössä olevia terästen muotoja, jotka tulevat Teklan Suomi-ympäristön mukana.



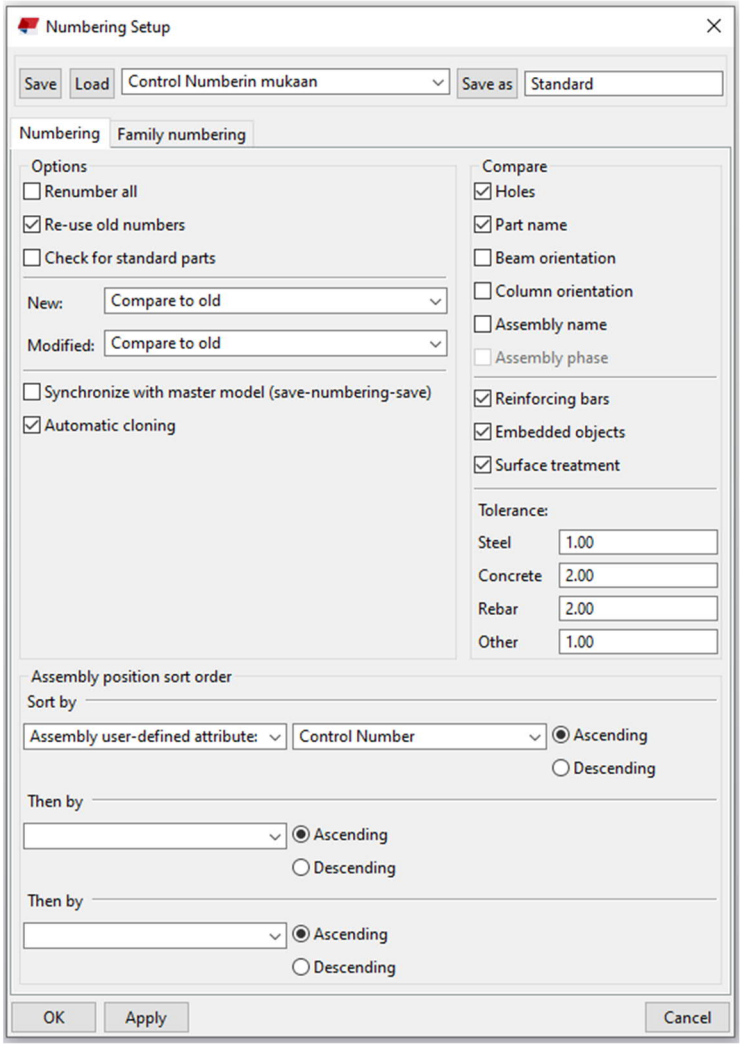
KUVA 21. Teklan Reinforcement Sequence Numbering -työkalun käyttöliittymä

Jotta raudoitusten numerointi saadaan raudoiteluettelossa järjestelmälliseksi, käytetään raudoitusten numerointiin Reinforcement Sequence Numbering-työkalua. Työkalu löytyy Teklan Warehousesta. Työkalussa valitaan ensin elementit, joiden raudoitukset halutaan numeroida ja valitaan ensin Clear sequence numbers mahdollisesti olevien numeroiden poistamiseksi. Tämä tehdään, jotta uusi numerointi onnistuu varmasti. Kun työkalu on poistanut olevat numerot, valitaan työkalussa Assign sequence numbers, jolloin työkalu aloittaa valittujen elementtien raudoitusten numeroinnin.

Viimeistään piirustuksia tehtäessä tulee kaikki elementit olla myös numeroitu. Elementtien numerointi suoritetaan Teklan omalla Perform numbering-toiminnolla, joka antaa numerot kaikille elementeille, joilla on sama Prerix-tieto ja Assembly Start number-tieto kuin valituilla elementillä. Kuvassa 22 on esitetty numerointi asetukset, joilla voidaan suorittaa elementtien numerointi, kunhan seuraavat ehdot täyttyvät:

- elementit numeroidaan ensimmäistä kertaa

- elementeillä on sama Prefix-tieto
- elementeillä on sama Assembly Start number-tieto
- muilla osilla tai elementeille ei ole samoja Prefix- tai Assembly Start number-tietoja
- elementtien mainpart on sama.



KUVA 22. Teklassa käytetyt numerointi asetukset

Jos numerointi tehdään samoille elementeille kokonaan uudelleen, tulee New ja Modified kohtaan vaihtaa Take New Number. Ennen uudelleen numerointia tulee elementtien olevat numerot poistaa Clear part and assembly numbers-toiminnolla. Tätä toimintatapaa voi käyttää vain silloin, kuin elementeistä ei ole vielä tehty piirustuksia. Jos elementeistä on jo tehty piirustukset, tulee olevat numerot säilyttää tai muuten piirustukset häviävät.

Jotta piirustusten tekeminen olisi mahdollisimman nopeaa ja vaivatonta, tulee piirustuspohjien asetukset olla automatisoitu. Piirustukseen tulevien tietojen käsittelyä piirustuksessa voi jakaa kahteen osaan; kirjalliseen tietoon ja kuvalliseen tietoon. Yllä läpi käydyt tiedot ovat elementin valmistukseen käytettävän piirustuksen puolella kirjallista tietoa, olipa tieto annettu kirjoittamalla tai mallintamalla. Kuvallisesti ilmaistava tieto on sen sijaan kaikki mallintamalla annettavaa tietoa, johon lisätään mittoja ja selitetekstejä. Kirjallisesti piirustuksessa esitettävä tieto ei ole pääsääntöisesti sidottu elementtityyppiin, vaan samoja piirustusasetuksia voi hyödyntää elementtityypistä riippumatta. Teimme

tämän projektin alussa asetukset, joilla pystyttiin tekemään elementtipiirustus elementtityypistä ja piirustuskoosta riippumatta.

Uusi kaikkiin elementteihin käytettävä piirustuspohja tehtiin Teklan piirustuspuolen Layout Editor-työkalulla. Elementtipiirustukseen tarvitaan seuraavat taulukot, jotta kuvissa 18–20 olevat tietokentät saadaan näkyviin:

- Suunnittelun lähtötiedot: C_Design_input_data
- Tuotetiedot: C_Product_information
- Valutarvikeluettelo: Valutarvikeluettelo-s
- Raudoiteluettelo: Raudoiteluettelo.

Suunnittelun lähtötietojen ja tuotetietojen taulukot löytyvät suoraan Teklan Suomi-ympäristöstä. Valutarvike- ja raudoiteluettelot on muokattu Teklan Suomi-ympäristön vastaavista luetteloista vastaamaan paremmin elementtisuunnittelun tarpeita. Kaikki nämä luettelot esittävät vain ne tiedot, jotka kyseiselle elementille on syötetty. Kun luettelot sitoo piirustuksen yläreunasta lähtien toisiinsa, niin ovat ne aina siististi päällekkäin riippumatta annettujen tietojen määrästä. Raudoiteluettelo sijoitetaan omalle sivulleen, koska sen pituus riippuu elementissä olevien raudoitteiden määrästä.

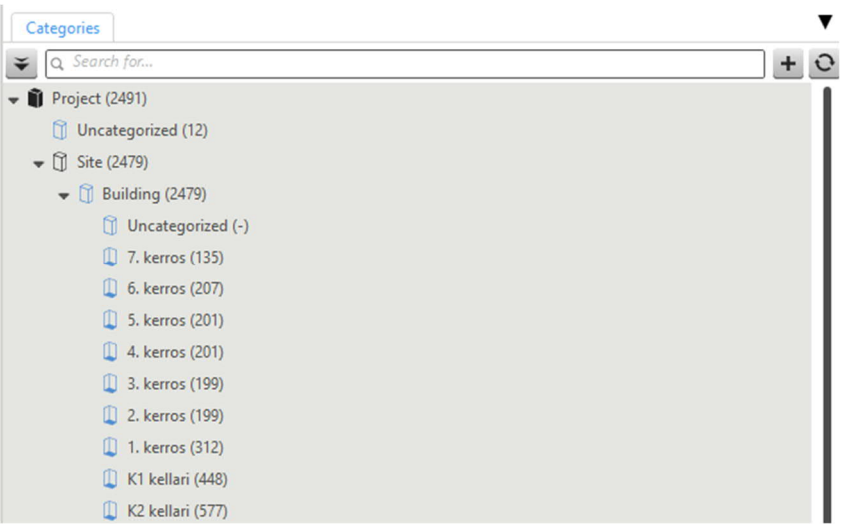
Piirustuksessa kuvallisesti esitettävä tieto on kirjoitetusta tiedostosta poiketen elementtityyppikohtaista ja vaatii siten elementtityyppi- ja näkymäkohtaiset View Properties-asetukset. Nämä asetukset on tehty pitkälle yrityksessä aikaisemmin ja niihin on lisätty myös automaattisia mitoitusasetuksia. Nämä asetukset oli tehty käyttäen lisäävää ajattelumallia, jossa jokainen näkymään haluttu asia pitää lisätä näkyviin erikseen. Lisäksi automaattimitoituksen käyttäminen on osoittautunut erittäin huonoksi tavaksi, koska automaattimitoitus ei toimi kuin hyvin yksinkertaisissa tapauksissa. Paremmin toimiva tapa on lisätä ensimmäiseen piirustukseen mitoitukset manuaalisesti ja kopioida ne vastaavaan elementtiin piirustusten kloonaamiseen tarkoitetulla Clone-toiminnolla.

Kun piirustusasetukset oli osittain kehitetty oikeaan suuntaan, niin siirryttiin tyyppielementtipiirustusten varsinaiseen tekemiseen. Heti voitiin todeta, että järkevien piirustusten aikaansaaminen Teklalla vaatii merkittävää panostusta edellä mainittujen piirustusasetusten tekemiseen. Asetusten tekeminen ja muokkaaminen on tietoa ja osaamista vaativaa työtä, jonka tekeminen osana projektia ei ole järkevää.

3.5.2 Määräluettelot ja Tekla Organizer

Yksi selkeimmistä eduista, joka saadaan mallintamalla tehtävällä suunnittelulla, on määräluettelojen tekemisen helppous. 2D-suunnittelussa määrät jouduttiin laskemaan käsin tai juuri kyseisen asian määrien laskemiseen kehitetyllä makrolla. Mallinnuksessa määrien laskenta onnistuu varsinaisen suunnitteluohjelman osana olevilla työkaluilla. Teklassa tämä määrälaskentaan käytettävä työkalu on Organizer. Organizer-työkalulla voidaan tehdä määräluetteloita kaikista mallinnetuista kokoonpanoista tai osista. Luetteloon saadaan näkyviin kaikki ne ominaisuudet, jotka ohjelma osaa mallista ottaa tai laskea elementtiin mallintamalla annetuilla tiedoilla. Yleisimpiä elementeistä määräluetteloihin otettavia tietoja ovat elementtien lukumäärät, mitat, tilavuudet ja painot. Näiden lisäksi määräluetteloissa on yleensä mukana myös elementtitunnukset ja elementin sijaintiin liittyvät tiedot, kuten kerros ja lohko.

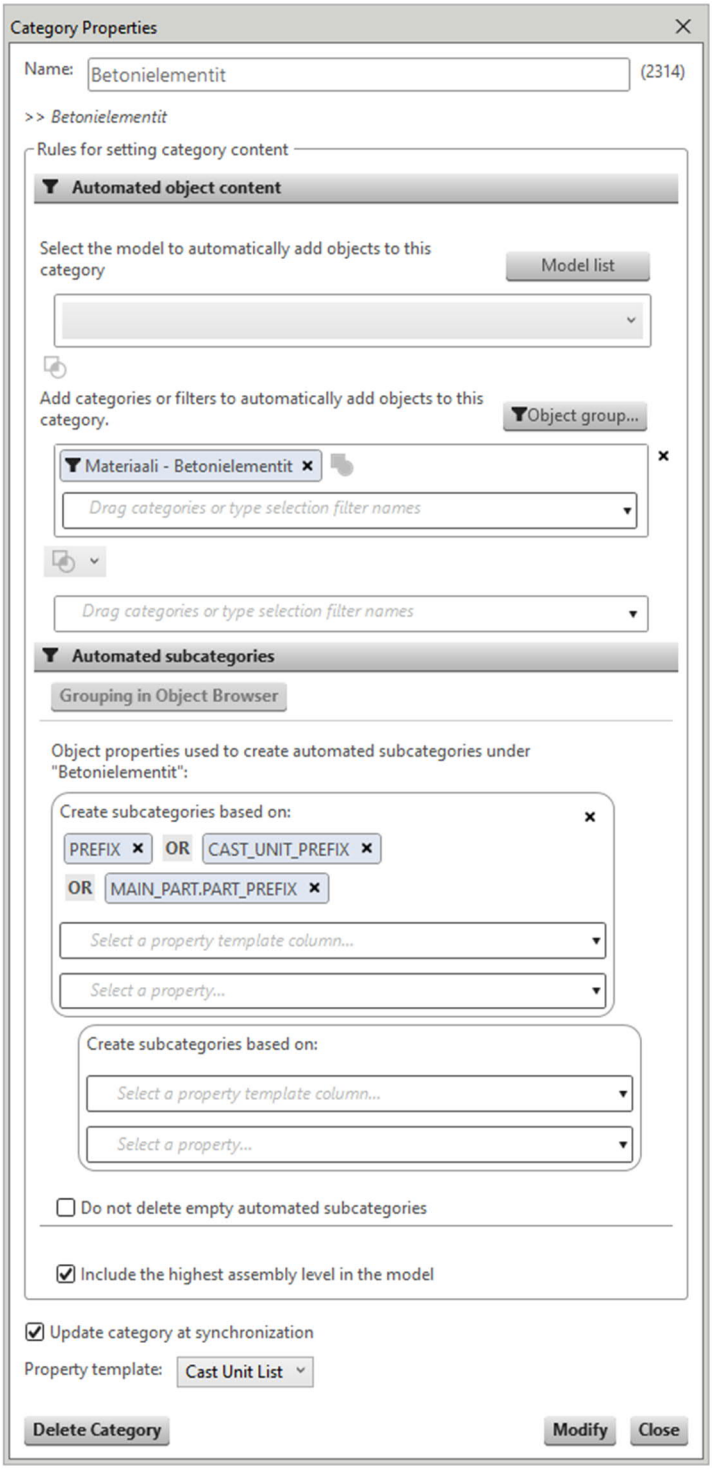
Organizerin käyttö aloitetaan aina rajaamalla rakennuksen alue, kerrokset ja lohkot. Kun kerrokset on määritetty tätä kautta, siirtyy kerrostieto elementtien IFCfloor-tietoon, jolloin kerroksia ei tarvitse syöttää käsin jokaisen elementin tietoihin. Kuvassa 23 on esitetty kohteen Organizerin projektipuu, josta kerrokset löytyvät Project → Site → Bulding-tason alta.



KUVA 23. Teklan Organizerin projektipuu kerrosten lisäämisen jälkeen.

Teklan Organizer-työkalu on yhteydessä Teklaan synkronoinnin kautta eli tiedot eivät päivity reaaliaikaisesti. Jos malliin tehdään muutoksia, ja tiedot halutaan päivittää, tulee Organizer synkronoida uudelleen mallin kanssa. Kuten kuvasta 23 huomataan, elementit jakautuvat kerroksiin synkronoinnin jälkeen. Projektipuussa olevat Uncategorized-kohdat kertovat, että mallissa on osia, joita ei ole nimetty oikein tai niitä ei ole liitetty osaksi mitään kokoonpanoa. Kuvasta huomataan myös, että perustuksia ei ole merkattu projektipuuhun erikseen, vaan ne ovat osana kellareita. Tämä johtuu siitä, että Organizerin ominaisuus, jolla rakennuksen alueet, kerrokset ja lohkot määritetään, on tässä suhteessa vajavainen ja samassa tasossa rakennuksen eri kohdassa olevien kerrosten määrittäminen ei onnistu.

Seuraavaksi Organizeriin määritellään Property Category -kohdassa ominaisuudet, joilla mallissa olevia elementtejä haluttaan hakea ja järjestellä. Teklan Suomi-ympäristössä on valmiina mukana kategoriat betonielementeille, paikallavaluille, puukokoonpanoille ja teräskokoonpanoille. Ainut, jota tässä vaiheessa tarvitsimme, oli betonielementit, joten selvitän sen toimintaperiaatteen. Muut kategoriat toimivat samalla periaatteella.



KUVA 24. Betonielementtien Category Properties

Kuvassa 24 on esitetty Teklan Organizer-työkalun Betonielementit-kategorian ominaisuudet. Rules for setting category content-kohdassa määritellään, mitä kategoriassa halutaan näyttää. Jos haluamme esittää referenssi tietoja toisesta mallista, ne pystyy laittamaan näkyviin valitsemalla referenssimalli Select the model to automatically add objects to this category-kohdasta. Tässä kohteessa kaikki betonielementit olivat yhdessä mallissa, joten tätä ominaisuutta ei tarvinnut käyttää. Add categories or filters to automatically add objects to this category-kohdasta valitaan joko Object group-tieto tai Teklassa tehty suodatin, jonka avulla valitaan elementit tai osat, jotka tässä kategoriassa esitetään. Betonielementtien tapauksessa valitaan Object group kohdasta ”Materiaali-Betonielementit”, jonka avulla tähän kategoriaan saadaan mukaan vain betonielementit.

Betonielementit-kategorian alla on alakategoria, joksi tässä tapauksessa valittiin elementtien tunnuksen alkuosa eli prefix. Tunnuksen alkuosa valittiin, koska tällä tavalla elementit jakautuvat kerroksittain. Elementit voitaisiin jakaa myös esimerkiksi elementtien nimen mukaan, mutta silloin samassa ryhmässä olisi huomattavasti enemmän elementtejä. Object propertien used to create automated under ”Betonielementit”-kohtaan valittiin Select a property -kohdasta PREFIX-, CAST_UNIT_PREFIX- ja MAIN_PART.PART_PREFIX-tiedot. Alakategorioita voi tehdä tarvittaessa useita. Nyt tehdyn kategorian alla on kaikki betonielementit jaoteltuna prefix-tiedon mukaan.

Tehdystä kategoriasta ja/tai sen alakategorioista voi nyt tehdä luetteloita eri tarkoituksiin. Luettelot tehdään Object Browser-ikkunan kautta ja ne voidaan viedä valmiiseen Excel-pohjaan. Luetteloiden tietoja saadaan muokattua Organizerin Settings-kohdassa, jossa voidaan muokata olevia luettelopohjia ja tehdä uusia. Määräluetteloiden lisäksi Organizer toimii myös osana yrityksen sisäistä laadunvarmistusta, koska sillä saadaan tehtyä tarkastusluetteloita. Tässä projektissa ei tehty työmaan käyttöön määräluetteloita rakennesuunnittelijan toimesta, joten Organizeria käytettiin lähinnä elementtien tietojen tarkastukseen.

Vastaavalla periaatteella kuin yllä tehtiin kategoria määrittelyt, voidaan Organizer-työkalulla tehdä myös luokitteluja, jotka voidaan siirtää IFC-malliin. Näiden luokittelujen avulla tilaaja voi tehdä erilaisia määrälaskentaan ja työmaatoimintoihin liittyvä asioita esimerkiksi Solibri Officella. Teklassa tehdyt ja IFC-malliin tuodut luokittelut näkyvät Solibrissa automaattisesti informaation talteenottovälilehdellä.

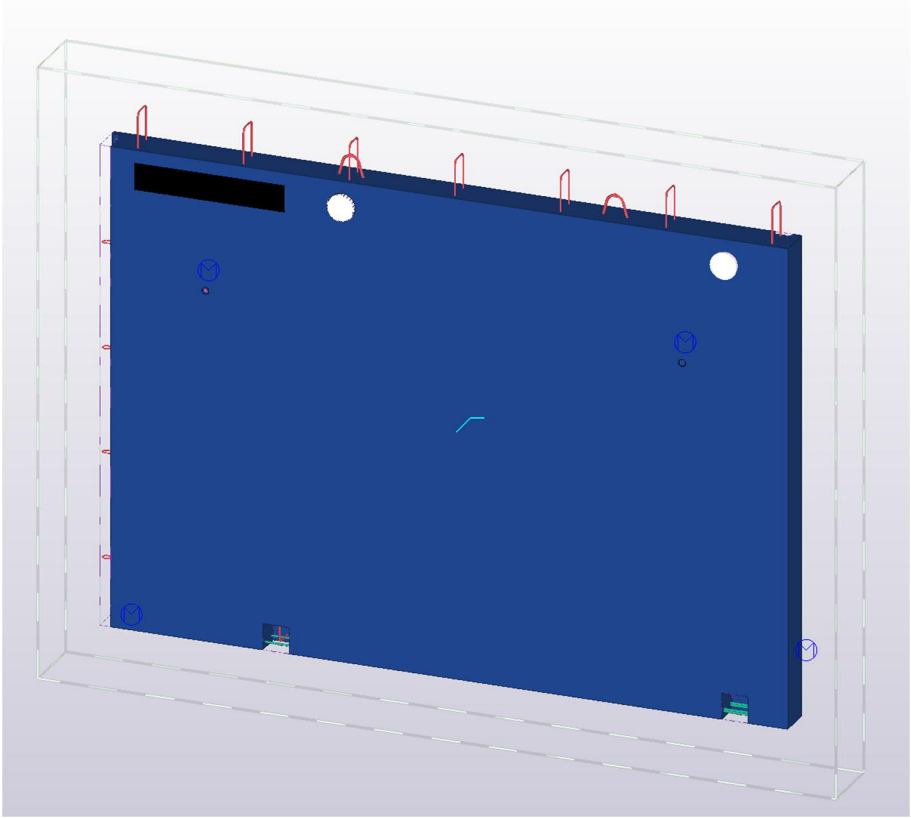
3.5.3 Reikä- ja varauskierto

Kohteen reikä- ja varauskiero toteutettiin tietomallipohjaisesti aikaisemmin tässä opinnäytetyössä esitetyllä YTV2012:sta vaihtoehdolla 2. Reikäkierto aloitettiin tekemällä kohteen sen hetkisestä rakennemallista IFC-malli, joka ladattiin projektipankkiin. Vaihtoehdon 2 ohjeistuksesta poiketen TATE-suunnittelijoiden kanssa sovittiin, että rakennesuunnittelija ei tee kerroskohtaisia tietomalleja. Tämä tehtiin lähinnä sen vuoksi, että TATE-suunnittelijoiden on helpompi hahmottaa järjestelmät kerroksittain, kun mallissa on mukana sekä kerroksen katto, että lattia. Toki tämä helpotti myös rakennesuunnittelijan työskentelyä, kun jokaisesta kerroksesta ei tarvinnut tehdä erillisiä IFC-malleja.

TATE-suunnittelijat käyttivät tässä kohteessa järjestelmäsuunnitteluun Suomessa yleisesti käytettävää MagiCAD-ohjelmistoa, jossa on laajat mallinnus- ja laskentaominaisuudet LVIS-järjestelmille. MagiCAD-ohjelmaan on saatavana laaja valikoima eri laitevalmistajien BIM-objekteja, joiden avulla järjestelmät voidaan mallintaa tehokkaasti. Kohtiin, joissa MagiCAD-ohjelmalla suunniteltu objekti leikkaa rakennesuunnittelijan mallissa olevaa osaa, saadaan ohjelmalla tehtyä reikä tai syvennys. Reiät voi tehdä automaattisesti ennakkoon syötettyjen raja-arvojen puitteissa tai manuaalisesti yksi reikä kerrallaan. Suunnittelu toteutetaan kerroskohtaisesti, ottaen huomioon kerrosten läpi menevät virtausjärjestelmät. Lopullisessa koko rakennusta koskevassa tietomallissa virtausjärjestelmien tulee YTV2012:sta mukaan olla katkottomia. Kun TATE-suunnittelijat olivat tehneet reiät malliinsa, he latasivat projektipankkiin vain reikäobjektit sisältävät reikämallit. (MagiCAD 2021)

Tässä kohteessa LVI- ja sähkösuunnittelijat toimittivat lopulliset reikämallinsa kahdella eri tavalla. Sähkösuunnittelijan reikämalli oli yksi malli, jossa oli mukana rakennuksen kaikkien kerrosten reiät.

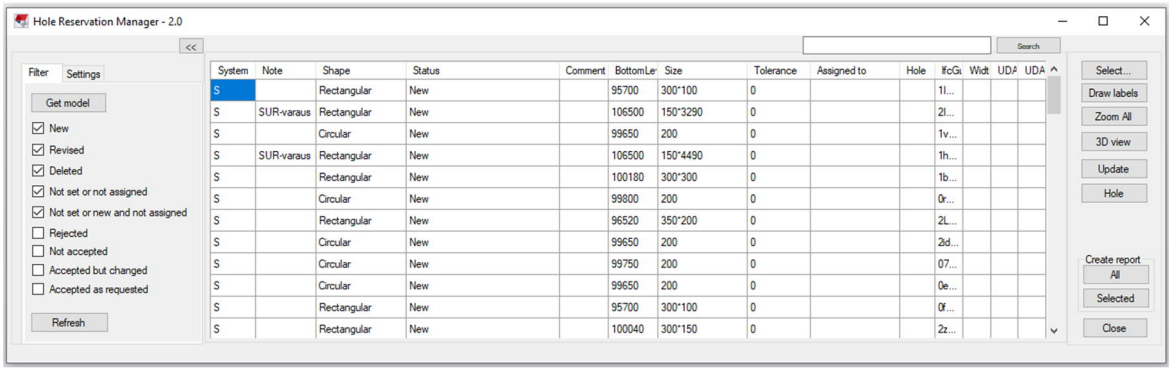
LVI-suunnittelijan reikämallit taas olivat kerroskohtaisia, jotka oli tehty rakennesuunnittelijan kerrosajattelua noudattaen. Näin tehdyillä kerroskohtaisilla reikämalleilla rakennesuunnittelija pystyy siirtämään kerroksen kaikki reiät- ja varaukset sujuvasti rakenteisiin. Jos kerroskohtaiset reikämallit olisi ollut tehty käyttäen arkkitehdin kerrosajattelua, niin reikien siirtämisessä rakennemalliin olisi ollut paljon virheen mahdollisuuksia. Sähkösuunnittelijan käyttämä koko rakennuksen sisältävä reikämalli on yleisempi toimintatapa, mutta on verrattavissa LVI-suunnittelijan tässä kohteessa käyttämään kerrosten jakotapaan. Molemmissa tapauksissa Teklassa kerrosnäkymästä saadaan näkyviin vain siinä kerroksessa esiintyvät reikäobjektit.



KUVA 25. TATE-suunnittelijoiden reikäobjekteja väliseinäelementissä.

Kuvassa 25 on esitetty TATE-suunnittelijoiden reikäobjekteja alimman kellarin väliseinäelementissä. Musta suorakaiteen muotoinen reikäobjekti vasemmalla on sähkösuunnittelijan reikävaraus ja kaksi valkeaa pyöreää reikävarausta on LVI-suunnittelijan reikävarauksia. Nämä reikäobjektit eivät ole vielä lopullisia reikiä, vaan lopulliset reiät tehtiin Teklan Hole Reservation Manager-työkalulla.

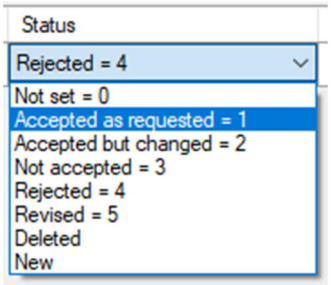
Hole Reservation Manager-työkalu on ladattavissa Teklan Warehousesta ja sen tarkoitus on helpottaa reikäobjektien käsittelyn lisäksi rakennesuunnittelijan ja TATE-suunnittelijoiden välistä kommunikointia reikiin mahdollisesti kohdistuvista muutoksista.



KUVA 26. Hole Reservation Manager -työkalun käyttöliittymä

Kuvassa 26 on Hole Reservation Manager-työkalun käyttöliittymä. Kuvassa esitetyssä tilanteessa on valittu sähkösuunnittelijan reikämalli Teklassa ja painettu ”Get model” -painiketta. Työkalu hakee kaikki valitussa mallissa olevat varausobjektit luetteloon. Työkalun vasemmassa reunassa olevilla valinnoilla voidaan vaikuttaa luetteloon tuleviin varauksiin. Kuvassa 26 esitetyillä valinnoilla luetteloon saadaan kaikki uudet (New), muutetut (Revised), poistetut (Deleted) ja sellaiset reiät, joiden status ei ole vielä muuttunut (Net set...). Kun kaikki yhden kerroksen reiät on käsitelty, voidaan valitsemalla luetteloon hylätyt (Rejected) ja hyväksytyt mutta muutetut (Accepted but changed) varaukset tehdä niistä raportti TATE-suunnittelijalle.

Lopullinen reikä tehdään valitsemalla Teklassa reikä tai reiät, jotka halutaan tehdä, jonka jälkeen valitaan Hole Reservation Manager-työkalun oikeasta reunasta ”Select”. Luetteloon jää vain valitut reiät, joiden statuksen voi muuttaa kuvassa 27 esitettyjen vaihtoehtojen mukaisesti. Kun objektin status on muutettu, niin valitaan objekti luettelosta ja painetaan käyttöliittymän oikeasta reunasta ”Update” -painiketta. Jos varaus hyväksyttiin millään muotoa, sen reikäobjekti muuttuu Teklan natiiviobjektiksi, jossa on samat tiedot kuin reikämallin objektissa. Jos objekti on reikä, niin objekti valitaan luettelosta ja painetaan työkalun ”Hole”-painiketta.



KUVA 27. Hole Reservation Manager -työkalun objektille valittavissa olevat statukset.

Hole Reservation Manager-työkalulla voidaan tuoda reikämallista myös muita kuin reikäobjekteja Teklan natiiviosiksi. Yksi tällainen osa Sewatek Oy:n palokatko-osat, joille löytyy valmiit osat Teklan Warehousesta. Objektia käsitellään aivan samalla tavalla kuin reikiä tehdessä, mutta viimeinen vaihe, jossa tehdään varsinainen reikä ”Hole”-painikkeella jätetään pois. Kun varausobjektit on muutettu Teklan natiiviobjekteiksi, käynnistetään Teklan Warehousesta ladattavissa oleva Sewatek Connector-työkalu, jolla saadaan Teklan natiiviosat muutettua varsinaisiksi Sewatek-palokatko-osiksi.

Jotta näin voidaan toimia, tulee LVI-suunnittelijan nimetä Sewatek-osia kuvaavat objektit oikein. Nimeämiseen on kaksi eri vaihtoehtoa, joissa toisessa jokainen objekti nimetään erikseen tai toinen, jossa ryhmän ensimmäiseen objektiin merkataan kaikkien Sewatek-osien tunnukset.

Reikä- ja varauskierron lopuksi rakennesuunnittelija teki 2D-reikäpiirustukset mitoilla varustettuna. Nämä reikäpiirustukset sisältävät ne reiät mitoitettuna, joita ei tehdä elementteihin tehtaalla. Tällaisia reikä ovat pääsääntöisesti välipohjiin tulevat halkaisijaltaan alle 150 millimetriset reiät. Tätä suuremmat välipohjien reiät ja kaikki seinien ja palkkien reiät esitetään elementtisuunnitelmissa ja tehdään siten elementtitehtaalla valmiiksi. Jos rakennuksessa on paikalla valettavia seiniä, joihin tuleevarauksia, niin ne esitetään lopullisessa reikäpiirustuksessa. Tässä kohteessa alimman kellarin katto oli paikalla valettava ja porrashuoneen ja käytävän välisen oven yläpuolinen osa tehtiin osana holvia. Tämän vuoksi reikäpiirustukseen merkattiin kyseiseen kohtaan tulevien reikien lisäksi myös Sewatek -palokatko-osat.

Reikä- ja varauskierron toteuttaminen tässä opinnäytetyössä esitetyllä tavalla on ainakin rakennesuunnittelijan kannalta melko suoraviivaista. Aikaisemmin 2D-suunnittelussa reiät ja varaukset siirrettiin elementteihin 2D-reikäpiirustuksesta, johon TATE-suunnittelijat olivat ne merkanneet. Reikien koot ja sijainnit oli suhteellisia rakennuksen moduuleihin ja kerroksen kattoon ja lattiaan. Reikien siirtäminen vaati hyvää keskittymistä sekä ymmärrystä tasopiirustuksessa esitettyjen elementtien keskinäisistä sijainneista. Mallintamalla tehdyssä reikä- ja varauskierrossa ei ole näitä ongelmia, vaan reikien ja varausten siirtäminen elementteihin onnistuu käytössä olevilla työkaluilla, kunhan TATE-suunnittelijat ovat ottaneet huomioon rakenteiden toteuttamismahdollisuudet ja varausten merkintään liittyvät yksityiskohdat.

3.6 Toteutussuunnittelu

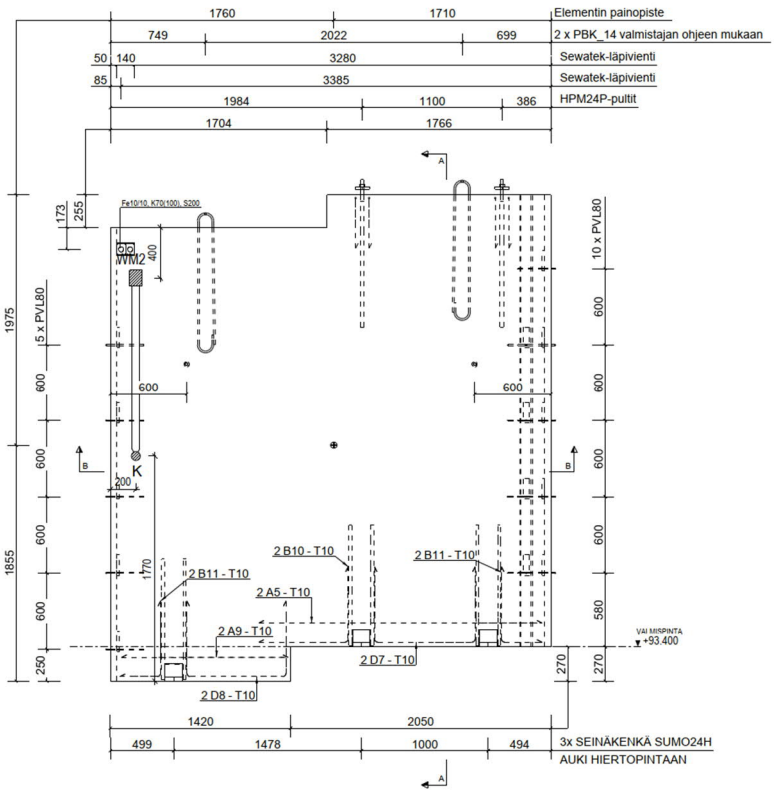
Toteutussuunnittelu aloitettiin, kuten jokaisessa aikaisemmassakin vaiheessa, päivittämällä rakennepohjat vastaavaan rakennussuunnittelijan pohjia. Pohjissa ei ollut merkittäviä muutoksia edellisiin päivityksiin. Näiden pohjien perusteella todettiin, että rakenne- ja elementtisuunnittelua voitiin jatkaa nykyisillä rakennesuunnitelmilla. Elementtisuunnittelu aloitettiin kellareiden elementeistä, joiden geometrian ja raudoituksien mallinnusperiaatteet olen kuvannut aikaisemmin tässä opinnäytetyössä. Merkittävimmät muutokset tapahtuivat seinäelementtien liitoksissa perustuksiin.

Alimmassa kellarissa sijaitseva väestönsuoja päätettiin suunnitella muiden tasopiirustusten ja leikkausten tapaan AutoCAD-ohjelmalla. Väestönsuoja mallinnettiin geometrialtaan jo yleissuunnitteluvaiheessa. Ainoat muutokset, jotka malliin tarvitsi tehdä, oli oviaukkojen sijaintien päivitykset. Väestönsuojan raudoitusten mallintaminen ilman sitä varten tehtyjä työkaluja ja piirustusasetuksia olisi ollut hyvin hidasta. Se että väestönsuojasta olisi saatu tehtyä taso- ja leikkauspiirustukset, olisi vaatinut piirustusasetusten tekemistä juuri tätä tarkoitusta varten. Mallinnuksen suurin etu paikallavalu rakenteissa tulee olemaan raudoitusluetteloiden saaminen suoraan Teklasta. Jos rakennusosalle ei ole tehty toimivia piirustuspohjia, ei niille saada tehtyä toimivia raudoiteluetteloitakaan. Väestönsuojien raudoitusten mallintamisesta ja piirustuksista tehdään erillinen kehitysprojekti yrityksen sisällä.

Osana toteutussuunnitteluvaiheen elementtisuunnittelua toteuttiin elementtien sähkövarauskiero, jossa sähkösuunnittelija lisäsi tarvittaviin elementteihin sähkövaraukset, kuten kojerasiat ja putkitukset. Sähkösuunnittelija ei mallinna johdotuksia ja putkituksia, joten sähkövarauskierto joudutaan toteuttamaan samoilla periaatteilla, kuin aikaisemmin tehtiin AutoCAD-ohjelmalla elementtejä suunniteltaessa.

Teklalla suunnitelluista elementeistä tehtiin ensin lähes valmiit piirustukset, joissa oli esitetty kaikki elementtien valmistukseen tarvittavat asiat. Tämän jälkeen elementtipiirustuksista tehtiin DWG-tiedostot, jotka lähetettiin sähkösuunnittelijalle sähkövarausten siirtämistä varten. Tässä vaiheessa on tärkeää tiedostaa, että piirustusta ei saa muuttaa enää merkittävästi sähkösuunnittelijalle lähettämisen jälkeen, koska sähkömerkinnät on tehty niille paikoille, joissa elementti on ollut tässä vaiheessa. Yleensä sähkövarausten lisääminen tehdään kerroksittain eli yhdessä lähetyksessä lähetetään yhden kerroksen elementit joihin sähköjä voi tulla. Yleensä tällaisia elementtejä ovat väliseinä- ja ulkoseinäelementit.

Kun sähkösuunnittelija oli lisännyt merkintänsä DWG-tiedostoon omille tasoilleen, hän lähetti tiedostot takaisin elementtisuunnittelijalle. Tämän jälkeen elementtisuunnittelija poimii tiedostoista vain sähkösuunnittelijan tekemät merkinnät ja teki niistä erilliset tiedostot. Tämä tiedosto tuotiin Teklan piirustuksiin referenssiksi samalle paikalle missä se oli DWG-tiedostossa. Varaustietojen lisäksi sähkösuunnittelija lisäsi piirustukseen oman nimiönsä, josta ilmenee suunnittelijan yhteystiedot. Elementteihin, joihin ei tule sähkövaruksia, sähkösuunnittelija lisää vain nimiönsä ja tekstin ”Ei sähkövarauksia”.



KUVA 28. Sähkömerkintöjä väliseinäelementissä.

Kuvassa 28 on esitetty sähkömerkintöjä eräässä väliseinäelementissä. Sähkösuunnittelija on laatinut sähkömerkinnöistä elementtitehtaalle lukuohjeen, jossa kerrotaan eri merkintöjen ja kirjainten merkitykset.

Edellä kuvattu toimintatapa on mallintamisen kannalta hyvin kankea ja lisää suunnitteluun tahdistavia työvaiheita. Jos sähkösuunnittelija mallintaisi kaikki rasioinnit ja putkitukset yms., voitaisiin elementtien suunnittelua lähestyä eri tavalla. Yhtenä vaihtoehtona silloin olisi, että sähkösuunnittelija tekisi sähkövarauksista vastaavan IFC-mallin, kuin on tehty reikien osalta. Elementtisuunnittelija siirtäisi tästä IFC-mallista varaukset Teklassa oleviin elementteihin ja mitoittaisi ja nimeäisi ne piirustuksessa. Tarvittaessa lisävaiheena voisi olla tarkastuskierros, jossa sähkösuunnittelija tarkastaisi sähkövarukset valmiista elementtipiirustuksista.

4 YHTEENVETO

Rakennushanke jakautuu vaiheisiin, joissa rakennesuunnittelijan tehtävät vaihtelevat avustavista tehtävistä rakennuksen lopulliseen suunnitteluun. Suunnittelun osalta talonrakennushanke jakautuu yleensä ehdotussuunnitteluun, yleissuunnitteluun ja toteutussuunniteluun. Projektin sisällä vaiheiden rajaaminen ei ole aivan näin yksinkertaista, vaan vaiheet saattavat limittyä projektin eri osien suunnittelussa.

Talonrakennushankkeessa on mukana osapuolia, jotka määräytyvät maankäyttö- ja rakennuslain mukaan. Rakennuksella tulee aina olla rakennushankkeeseen ryhtyvä, joka talonrakennushankkeissa toimii usein myös tilaajana ja rakennuttajana. Vaikka rakennushankkeeseen ryhtyvä on juridinen henkilö, on hän yleensä osa tilaaja- tai rakennuttajaorganisaatiota. Hankkeen suunnittelua johtaa rakennuttajaorganisaatioon kuuluva henkilö, jonka nimike voi olla esimerkiksi projektipäällikkö.

Rakennushakkeen suunnittelua hoitaa suunnitteluryhmä, jota johtaa pääsuunnittelija. Pääsuunnittelijan lisäksi talonrakennushankkeen suunnitteluryhmään kuuluu ainakin rakennussuunnittelija, rakennesuunnittelija, LVI-suunnittelija ja sähkösuunnittelija. Heidän lisäkseen hankkeella voi olla muitakin erikoissuunnittelijoita, kuten maisemasuunnittelija tai palosuunnittelija. Jos kyseisiä suunnittelijoita ei ole mukana hankkeessa, heidän suunnitteluvastuunsa jaetaan muiden suunnittelijoiden kesken. Suunnitteluryhmän tehtävä on tilaajan antamien lähtötietojen perusteella suunnitella kokonaisratkaisu, jossa huomioidaan muun muassa toiminnalliset ja taloudelliset näkökohdat sekä terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät asiat.

Rakennesuunnittelijan tehtävänä talonrakennushankkeessa on laatia yhteistyössä hankeen muiden osapuolien kanssa rakennesuunnitelmat ja muu tieto, jolla hanke pystytään toteuttamaan. Rakennesuunnittelijan tehtävät yksittäisessä hankkeessa määräytyvät suunnittelusopimuksen mukaan. Rakennesuunnittelijan suunnittelutehtäviin kuuluu ainakin tarvittavien laskemien, piirustusten ja tekstiasiakirjojen laadinta, sekä niiden laadunvarmistus. Päärakennesuunnittelijalla on yhteensovittamisvastuu erikois- ja tuoteosasuunnittelijoiden rakennesuunnitelmien osalta. Rakennesuunnittelija tarkastaa urakoitsijan käyttämät työmenetelmät niiltä osin, mitä suunnittelusopimus määrää ja suunnittelee ja valvoo omalta osaltaan rakentamisen turvallisuutta.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky:n rakennesuunnitteluosaston mallintavaa suunnittelua. Kehityskohteita havainnoitiin todellisen hankkeen kautta, jossa Turunen & Räisänen toimi rakenne- ja elementtisuunnittelijana. Havainnot dokumentointiin ja niiden perusteella tehtiin pohdintaa mallinnuksen eduista ja haitoista verrattuna 2D-suunnitteluun, mallinnuksen työkaluista sekä suunnittelun työtavoista. Havaintoja tutkittiin toiminta- ja tapaustutkimuksen keinoin. Toimintatutkimuksen periaatteilla tutkitut havainnot siirrettiin osaksi suunnittelutyötä projektin aikana, kun taas tapaustutkimuksen keinoin tutkitut asiat siirrettiin jatkokehitykseen.

Tutkimuksen pohjana toimivaksi kohteeksi valittiin kahdesta asuinkerrostalosta ja yhteisistä kellaritiloista koostuva kokonaisuus. Kohteen pääsääntöinen rakennusmateriaali oli teräsbetoni ja pääsääntöinen rakentamistapa elementtirakentaminen. Kohteessa on kaksi kellarikerrosta ja seitsemän

maanpäällistä kerrosta. Alimpaan kellariin tuli kohteen väestönsuojat, varastot ja tekniset tilat, ylempään kellariin kohteen autohalli ja erikseen myytäviä varastoja. 1. kerroksessa sijoittuu liiketiloja ja asuintiloja ja 2.–7. kerroksiin asuintiloja.

Kohteen tietomallinnuksessa noudatettiin tilaajan tekemiä ohjeita, jotka pohjautuvat pitkälti yleisiin tietomallivaatimuksiin, BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohjeeseen sekä Talo2000-nimikkeistöön. Näiden ohjeiden lisäksi rakenneosien nimeämisessä noudatettiin Tekla Structures-ohjelman Suomi-ympäristöstä löytyvää numerointisuositusta sekä yrityksen sisäisiä ohjeita.

Rakennesuunnittelu aloitettiin ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennetyyppien, alustavien mittapiirustusten ja alustavien rakenneleikkausten laadinnalla AutoCAD-ohjelmalla. Tässä vaiheessa rakennesuunnittelijalle ei ollut mallinnusvaatimusta ja muutenkin tehtävät painottuivat rakennussuunnittelijan avustamiseen ja suunnitelmien kommentointiin. Edellä mainittujen suunnitelmien laadintaa jatketaan lyhyellä tähtäimellä ehdotussuunnitteluvaiheessa AutoCAD-ohjelmalla. Rakennetyyppien laadintaa ei ole järkevää siirtää Teklaan, koska ne ovat 2D-leikkauksia rakenteesta, joissa rakenne on selitetty myös tekstimuodossa. Alustavat rakenneleikkaukset ovat järkevää laatia ennen mallintamisen aloittamista, jotta kuka tahansa yrityksen suunnittelijoista pystyy tekemään kohteen mallintamista olevilla lähtötiedoilla. Mittapiirustusten tekeminen mallista ehdotussuunnitteluvaiheessa vaatii hyviä rakennussuunnittelijan pohjapiirustuksia ja tietomallia, joiden pohjalta voidaan rakenteet mallintaa sujuvasti. Tällaisia tietoja on harvoin käytettävissä ehdotussuunnitteluvaiheessa.

Rakennesuunnittelun yleissuunnitteluvaihe aloitettiin mallikerroksen mallintamisella. Mallintaminen aloitettiin vanhan kohteen pohjalta. Alustavat mittapiirustukset ja rakenneleikkaukset päivitettiin vastamaan rakennussuunnittelijan pohjapiirustuksia. Mallikerrokseen mallinnettiin rakenteiden geometria ilman liitoksia, raudoituksia ja varusteita. Geometrian mallintaminen Teklan omilla työkaluilla onnistui pääsääntöisesti hyvin. Ainoa ongelma oli komponenttien huono toiminta, jonka takia komponentit jouduttiin räjäyttämään niiden mallintamisen jälkeen.

Eri suunnittelualojen mallikerroksilla tehtiin kohteen tietomallien ensimmäinen yhteensovittaminen. Rakennesuunnittelijan osalta yhteensovittamisessa ei havaittu suuria puutteita tai törmäyksiä verrattuna muiden suunnittelijoiden malleihin. Yhteensovittamisen jälkeen mallikerroksen malli laajennettiin koko kohteen rakennusosamalliksi, jossa oli mallinnettu kohteen kaikki betoniosat geometrian osalta. Kun tietomalli on yleissuunnitteluvaiheen tasolla, voidaan siitä tehdä myös mittapiirustuksia ja rakenneleikkauksia. Jatkossa kehitämme mallintamista siihen suuntaan, että saamme siirrettyä kaikki mittapiirustukset ja elementtijakokaaviot Teklaan. Tämä vaatii sen, että jokaiselle piirustustyypille kehitetään piirustusasetukset. Ensimmäisenä askeleena tähän suuntaan tulemme jatkossa suunnittelemaan ontelolaatastot täysin Teklalla.

Hankintoja palvelevan suunnittelun alussa päivitettiin mittapiirustukset AutoCAD-ohjelmalla ja tietomalli vastamaan rakennussuunnittelijan sen hetkisiä suunnitelmia. Tietomallin avulla tehtiin elementtijakokaaviot, jotka kuitenkin viimeisteltiin AutoCAD-ohjelmalla, koska niiden tekeminen Teklassa osoittautui hankalaksi piirustusasetusten puuttumisen vuoksi. Mallista valittiin elementit, joita kehitettiin tyyppielementeiksi. Elementtien väliset liitokset tehtiin yrityksessä kehitetyillä työkaluilla ja

raudoitukset Teklan omilla työkaluilla. Tyyppielementtipiirustukset tehtiin käyttäen yrityksessä aikaisemmin tehtyjä piirustuspohjia. Tämän projektin aikana kehitettiin elementtien liitos- ja raudoitustyökaluja ja piirustusasetuksia vastamaan paremmin yrityksen ja sen yhteistyökumppaneiden tarpeita.

Toteutussuunnitteluvaiheessa toistetaan pitkälti aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa tehtyjä toimintoja, joten tähän vaiheeseen tehtiin kehitystyötä pohjautuen aikaisempiin kokemuksiin. Kehitettyjä kohteita olivat muun muassa liitostyökalujen päivittäminen varsinkin seinäliitosten osalta, seinien raudoitukseen tarkoitetut raudoitustyökalut ja päivitetyt elementtipiirustuspohjat.

Yrityksen tietomallinnuksen ja rakennesuunnittelun osalta tälle opinnäytetyölle esitetyt tavoitteet täyttyivät. Päivittäiseen työskentelyyn tehtiin muutoksia ja lisäyksiä sekä päivitettiin ja yhtenäistettiin työskentelytapoja. Iso osa opittuun teoriaan pohjautuvista kehityskohtaista oli sellaisia, että niitä ei pystytty tekemään varsinaisen työskentelyn ohella. Pyrimme toteuttamaan ne yrityksen sisäisenä kehityksenä tai opinnäytetöinä.

Yhtenä tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua rakennesuunnittelijan tietomallin hyödyntämiseen nyt ja tulevaisuudessa työmaalla ja elementtituotannossa. Opinnäytetyön aktiivinen jakso sijoittui keväästä 2020 kevääseen 2021, jolloin työmaakäynnit ja -kokoukset olivat jäissä koronaviruksen vuoksi. Tämän vuoksi tämä osuus jäi vajaaksi.

5 POHDINTA

Verrattuna siihen, kun aloitin mallintavan suunnittelun vuonna 2012 varsinaisen mallintamisen työkalut ja sujuvuus on edistynyt huomattavasti, mutta piirustuspuolella ei ole tapahtunut merkittävää edistymistä. Vuonna 2012 oli arvio, että mallintava suunnittelu veisi noin 30 % enemmän aikaa, kuin 2D-suunnittelu AutoCAD -ohjelmalla. Oman kokemukseni mukaan tuo arvio pitää edelleen aika hyvin paikkansa. Vaikka varsinainen mallintaminen on kehittynyt merkittävästi kuluneen vuosikymmenen aikana, niin Teklan piirustuspuoli on edelleen aivan samoissa asemissa missä se oli noin vuosikymmen sitten. Tämä johtunee siitä, että jokainen yritys on kehittänyt piirustuspuolen asetuksia itse ja siten varsinaisia yhtenäisiä asetuksia piirustusten tekemiseen ei ole olemassa. Tästä johtuen jokaisen yrityksen piirustukset ovat omanlaisiaan ja jokaisessa piirustuksessa tiedot on esitetty eri tavalla.

Piirustuspuolen vähäistä kehitystä voi vain ihmetellä, koska edelleenkään ei ole suurempia merkkejä siitä, että rakentamisessa oltaisiin siirtymässä piirustuksettomaan rakentamiseen. Lähinnä siltarakentamisessa on ollut kohteita, joissa on tehty kokonaisia siltoja tietomallien avulla ilman piirustuksia, mutta talonrakentamisen puolelta tällaisia tietoja en ole kuullut. Mistä tämä siten johtuu, lienee monisyinen asia, mutta yksi merkittävä asia lienee se, että rakentamisessa ei ole otettu käyttöön riittävän tarkkoja ohjeistuksia mallintamiselle. Luulen myös, että talojen rakentamiseen osallistuvien yritysten kilpailu on huomattavasti kovempaa kuin siltapuolella, jossa on Suomessa vain yksi tilaaja.

Rakennesuunnittelu perustuu lähes poikkeuksetta rakennussuunnittelijan lähtötietoihin. Noiden lähtötietojen muoto ja tarkkuus voivat olla monenlaisia ja niiden tarkoitus myös voi vaihdella. Tärkein asia joka hyvissä lähtötietoissa on aina läsnä, on ymmärrys rakentamisen perussäännöistä; kylmä ja kosteus ovat rakennuksen ulkopuolella, ja kuormien pitää mennä perustuksille saakka. Jos nämä asiat on huomioitu valmiiksi rakennussuunnittelijan suunnitelmissa, on rakennesuunnittelijan työ periaatteiltaan samanlaista, oli kyseessä sitten mallintava suunnittelu tai 2D-suunnittelu.

2D-suunnittelussa suunnittelija miettii jatkuvasti piirustuksen kautta; mikä on piirustuksen mittakaava, mitä värejä käytän mihinkin rakenteeseen, miten esitän tämän asian ja kohdan tässä piirustuksessa yms. Mallinnuksessa mallinnusvaiheessa ei mietitä piirustusta juuri laisinkaan, vaan keskitytään vain rakenneosien, tarvikkeiden ja raudoitusten mallintamiseen. Piirustuksen tekeminen on tässä vaiheessa vielä toissijainen asia, jota mietitään vasta, kun ollaan suunnittelun siinä vaiheessa. Piirustusten tekemisen sujuvuus mallinnusohjelmassa riippuu täysin siitä miten hyvät ovat kyseistä rakenneosaa varten tehdyt piirustus- ja näkymäasetukset. Suunnittelija ei siis omalla tekemisellään voi mallinnusvaiheessa täysin vaikuttaa lopullisen piirustuksen onnistumiseen. Karkeasti sanottuna 2D-suunnittelussa piirustus on suoraan se mitä suunnittelit, mutta mallinnuksessa piirustus on vasta se mitä piirustusasetuksissa sen päätät olevan.

Mielestäni voitaisiin jopa sanoa, että rakennesuunnittelu ei tarvitse tietomallinnusta, mutta tietomallinnus tarvitsee rakennesuunnittelua. Tietomallintamisella haettavat hyödyt; suunnittelun laadun parantaminen, suunnitelmien yhteensovittaminen, prosessien tehostaminen ja päätöksen teon tukeminen ovat kaikki hyviä lähtökohtia, mutta ilman oikeita päätöksiä yhteisten päämäärien puolesta ei asetettuja tavoitteita voida saavuttaa. Yleiset tietomallivaatimukset tulisi päivittää niin, että niissä olisi enemmän yleissitovuutta, jolla päästäisiin todella tehostamaan suunnittelua ja rakentamista.

Niin kauan, kun jokainen suunnittelutoimisto ja rakennusyritys tekevät asioidaan vain itsensä kannalta ja itseään varten, ei tällä alalla mallintamisesta saavuteta kaikkia siltä haettavia hyötyjä.

RALA on vuodesta 2008 lähtien kerännyt tietoa rakennusprojektien onnistumisesta. Vuonna 2014 julkaistusta tiivistelmästä käy ilmi, että projekteissa haastateltujen pääurakoitsijoiden mielestä suunnitelmien virheettömyydessä, kattavuudessa, yhteensovittamisessa ja ristiriidattomuudessa on paljon parantamisen varaa. Lisäksi suunnittelijoiden ajallinen hallinta, sekä suunnittelijoiden välinen yhteistyö ja tiedonkulku eivät ole riittävän hyvällä tasolla. (Junnonen & Kärnä 2014, 1-2)

Tietomallien yhteensovittaminen on nykyisin saatavilla olevilla työkaluilla hyvinkin mahdollista, mutta se vaati, että suunnitelmien yhteensovittamiseen varataan aikaa ja se tehdään tunnistaen se tärkeäksi osaksi projektia. Kirjoitan tätä osaa tekstistä keväällä 2021. Takana on vuosi, jolloin työnteko mullistui monella alalla merkittävästi. Koronaviruksen aiheuttamista muutoksista työelämään tullaan varmasti tekemään tutkimuksia vielä pitkään, kun halutaan selvittää, mitkä olivat sen pitkäaikaiset vaikutukset työskentelyyn eri aloilla. Nykyisen tilanteen vuoksi RALA:n selvityksessä mainittu suunnittelijoiden välinen yhteistyö ja tiedonkulku on kokenut merkittävän muutoksen, kun kokoukset ovat muuttuneet virtuaalikokouksiksi ja viestintä on siirtynyt Microsoft Teamsin kaltaisille alustoille. Se onko nämä muutokset parantaneet viestintää ja tiedonkulkua vai vain muuttaneet niitä, ovat asioita, joita nuo tulevat tutkimukset varmasti selvittävät. Rakennesuunnittelijana voin sanoa yhden asian, joka on muuttunut merkittävästi; kokouksissa ja työmaalla tapahtuvat käynnit eivät tällä hetkellä häiritse muuta työskentely kuten ennen. Onko se sitten hyvä vai huono asia, selviää aikanaan.

LÄHTEET

BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje. Verkkojulkaisu. Betoniteollisuus Ry. Päivätty Toukokuu 2016. Saatavilla: https://www.elementtisuunnittelu.fi. Viitattu 21.11.2020.

Hakkarainen, Pasi 2020. Yhtiömies. Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky. Haastattelu 19.11.2020.

Junnonen, Juha-Matti & Kärnä, Sami 2014. Suunnitelmien virheettömyydellä tehokkaampaan rakentamiseen. Tiivistelmä RALA-projektipalautetiedon suunnittelijapalautteen analyysista. Helsinki: Rakentamisen Laatu RALA Ry.

Kilpeläinen, Minna 2016a. As Oy Kuopion Turonkulma. Valokuva. Paikkakunta: Kuopio.

Kilpeläinen, Minna 2016b. Viihdekeskus Ico-Cee. Valokuva. Paikkakunta: Kuopio.

Kupiainen, Pekka 2020. Toimitusjohtaja/Yhtiömies. Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky. Haastattelu 19.11.2020.

Lassila, Hilkka 2020. Laadullinen (kvalitatiivinen) tutkimus. Laadullisen aineiston hankinta ja analyysi. Moodle-oppimisympäristö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Saatavilla: https://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=6354#section-2. Viitattu 1.4.2020.

MagiCAD 2021. MagiCAD LVIS-suunnitteluun. Verkkojulkaisu. Saatavilla https://www.magicad.com/fi/mita-magicad-tarjoaa-lvis-suunnitteluun/. Viitattu 3.1.2021.

Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2016. Verkkojulkaisu. Saatavilla: http://www.rtrky.fi/. Viitattu 21.11.2020.

Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020a. 6003–123 Rakenneleikkaukset. Päivätty 15.5.2020.

Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020b. Mallikerros. Projekti 6003. Päivätty 18.2.2020.

Rakennussuunnittelutoimisto Turunen & Räisänen Ky 2020e. Rakenteiden ja suunnittelun perusteet. Projekti 6003. Päivätty 25.5.2020. Viitattu 5.1.2021.

Rissanen, Marja-Liisa & Huotari, Nina 2020. Tutkimuksellisesta kehittämisestä ja lähestymistavoista - Tutkimuksellinen kehitystyö. Luento. Tutkimuksellinen kehittäminen. Savonia-ammattikorkeakoulu 20.3.2020.

RIL 229-1-2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa 2013. Helsinki: Tammerprint Oy

RT 10-11105 Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavilla: https://kortistot.rakennustieto.fi/. Viitattu 20.2.2021.

RT 10-11222 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankeen osapuolet 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavilla: https://kortistot.rakennustieto.fi/. Viitattu 29.12.2020.

RT 10-11224 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavilla: https://kortistot.rakennustieto.fi/. Viitattu 28.12.2020.

RT 10-11226 Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavilla: https://kortistot.rakennustieto.fi/. Viitattu 29.12.2020.

RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo RAK18 2019. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavilla: https://kortistot.rakennustieto.fi/. Viitattu 28.12.2020.

Syrjälä, Leena 1994. Tapaustutkimus opettajan ja tutkijan työvälineenä. Rauma: Kirjayhtymä Oy.

Toikka, Timo & Rantanen, Teemu 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy.

Trimble Solutions Oy 2013. Mallinnuskäytäntöjä. Saatavilla: https://teklastructures.support.tekla.com/fi/support-articles/mallinnuskäytäntöjä. Viitattu 21.2.2021.

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 1: Yleinen osuus. Verkkojulkaisu. BuildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf. Viitattu 6.12.2020.

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 3: Arkkitehtisuunnittelu. Verkkojulkaisu. BuildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_3_ark.pdf. Viitattu 28.2.2021

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 4: Talotekninen suunnittelu. Verkkojulkaisu. BuildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf. Viitattu 28.2.2021

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu. Verkkojulkaisu. buildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf. Viitattu 6.12.2020.

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 5: Rakennesuunnittelu. Mallinnustarkkuus. Tilaajan ohje. Verkkojulkaisu. buildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_RAK_Tilaajan_ohje.pdf. Viitattu 4.4.2021.

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 6: Laadunvarmistus. Verkkojulkaisu. buildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012.https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf. Viitattu 30.12.2020.

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012 Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa. Verkkojulkaisu. buildingSMART Finland. Päivätty 27.3.2012. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf. Viitattu 20.2.2021.