



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Tuukka Ristola

# Tekla Structuresin ja Autodesk Revitin vertailu tietomallintamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

24.04.2019

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Tuukka Ristola Tekla Structuresin ja Autodesk Revitin vertailu tietomallintamisessa</p> <p>42 sivua 24.04.2019</p>
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Osastopäällikkö Sami Suomela, Ramboll Finland Oy BIM Development Manager Kim Vikki, Ramboll Finland Oy Lehtori Mervi Dragon, Metropolia Ammattikorkeakoulu Lehtori Riikka Jääskeläinen, Metropolia Ammattikorkeakoulu
<p>Ramboll Finland Oy on lisännyt voimakkaasti panostusta tietomallinnusohjelmiin. Erityisesti rakennesuunnittelussa Autodesk Revitin käyttö on lisääntynyt Tekla Structuresin lisäksi. Tässä insinöörityössä oli tavoitteena saada näkemystä siitä, kuinka Tekla Structures ja Autodesk Revit soveltuvat eri tietomallinnustehtäviin, sekä niiden oppimishelpouteesta ja muuntojoustavuudesta. Työssä keskityttiin rakennesuunnittelun tietomallintamiseen teräs- ja teräsbetonirakenteilla.</p> <p>Insinöörityössä dataa kerättiin pääasiassa opettelemalla käyttämään molempia mallinnusohjelmia ja suorittamalla näillä eri tehtäviä. Ohjelmistojen käytön harjoittelukohteina olivat teräsrakenteinen IV-konehuone, asuinkerrostalo sekä erään pysäköintilaitoksen perustukset ja pohjarakenteet. Lisäksi apuna käytettiin kirjallisuutta, haastatteluita ja koulutuksia tiedonlähteinä. Näistä opittujen tietojen perusteella saatiin vahva kuva ohjelmien oppimishelpouteesta sekä muista vahvuuksista ja heikkouksista. Lisäksi molemmilla ohjelmilla opitut asiat täydensivät toisiaan.</p> <p>Työssä saatiin kerättyä tutkimukseen perustuvia todisteita ohjelmien soveltuvuudesta eri osa-alueilla. Molemmilla ohjelmilla on omat vahvat ja heikot osa-alueensa. Jokainen, joka aikoo työskennellä tietomallintamisen parissa, voi käyttää tämän tutkimuksen tietoa suuntaa antavana tietona.</p>	
Avainsanat	tietomallintaminen, Tekla Structures, Autodesk Revit, BIM

Author Title	Tuukka Ristola Comparison Between Tekla Structures and Autodesk Revit in Information Modeling
Number of Pages Date	42 pages 24.04.2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Sami Suomela, Department Manager, Ramboll Finland Oy Kim Vikki, BIM Development Manager, Ramboll Finland Oy Mervi Dragon, Lecturer Riikka Jääskeläinen, Lecturer
<p>Ramboll Finland Oy has strongly increased its focus on information modeling programs. Particularly in structural design, the use of Autodesk Revit has increased in addition to Tekla Structures. The aim of this thesis was to get an insight into how Tekla Structures and Autodesk Revit are suitable for different information modelling tasks, as well as, their learning potential and flexibility. The work focused on information modelling of structural engineering with steel and reinforced concrete structures.</p> <p>In this engineering thesis, data was mainly collected by learning to use both modelling programs and performing different tasks. The learning progress with the software was completed by modelling a steel-construct-ventilation-engine room, an apartment block, and foundations of a parking facility. In addition, literature, interviews, and training were used as sources of information. Based on the information learned from these, a strong picture of the learning potential of the programs and other strengths and weaknesses was obtained. In addition, the lessons learned with both programs complemented each other.</p> <p>The thesis gathered evidence based on research on the suitability of programs in different areas. Both programs have their own strong and weak areas. Anyone who intends to work on information modelling can use the information in this research as indicative information.</p>	
Keywords	information modeling, Tekla Structures, Autodesk Revit, BIM

## Sisällys

### Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	3
1.1	Tausta	3
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	3
1.3	Tutkimusmenetelmät	4
2	Tietomallintaminen	5
2.1	Tietomallintaminen yleisesti	5
2.2	Yleiset tietomallivaatimukset	6
3	Tekla Structures & Autodesk Revit	8
3.1	Tekla Structures	8
3.2	Autodesk Revit	9
3.3	Yhteensopivuus	11
4	Yleiset erot ohjelmistojen välillä	15
4.1	Oppimishelppons aloittelevalla mallintajalla	15
4.2	Ohjelmistojen yleisiä eroja	17
4.3	Tulosteiden hallinta	18
4.4	Muutosten hallinta	22
5	Teräsbetonirakenteiden mallintaminen	25
5.1	Tekla Structures	25
5.2	Autodesk Revit	28
6	Teräsrakenteiden mallintaminen	32
6.1	Tekla Structures	32
6.2	Autodesk Revit	35
7	Yhteenveto	39
8	Pohdinta	40

## Lyhenteet ja termit

2D	<i>Two Dimensional</i> , Kaksiulotteinen
3D	<i>Three Dimensional</i> , Kolmiulotteinen
BIM	<i>Building Information Modeling</i> , Rakennuksen tietomallintaminen
FEM	<i>Finite element method</i> , Elementtimenetelmään perustuva laskelmamenetelmä
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> , Tietomallipohjaisessa rakennussuunnittelussa käytettävä tiedonsiirtomuoto
Makro	Ryhmä tietokoneen suorittamia komentoja, jotka toteutuvat yhdellä komennolla

# 1 Johdanto

Tietomallintaminen on olennainen osa 2000-luvun rakentamista. Tietomallit auttavat maallikoiden lisäksi myös hankkeen parissa työskenteleviä alan ammattilaisia hahmotamaan yksittäisiä rakenteita ja suurta kokonaisuutta. Ne ovat myös oiva työkalu eri alojen suunnittelijoiden väliseen kommunikointiin ja eri suunnitelmien ristiriitojen havainnointiin. Niitä voi myös hyödyntää hankkeen määrälaskennassa, mikäli ne ovat toteutettu tarpeellisella tarkkuudella.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan kahta rakennesuunnittelun tietomallintamisen markkinoiden hallitsevaa tietomallinnusohjelmaa: Tekla Structuresia ja Autodesk Revittiä. Työn tarkoituksena on selvittää näiden kahden ohjelman vahvuudet ja heikoudet sekä soveltuminen eri osa-alueilla.

## 1.1 Tausta

Tämä insinöörityö tehdään Ramboll Finland Oy:lle, joka toimii suunnittelu- ja konsultointitehtävissä muun muassa rakennusallalla. Ramboll on panostanut vahvasti tietomallintamiseen ja Rambollilla käytetään pääsääntöisesti Tekla Structuresia. Kehityksen myötä Ramboll on alkanut myös panostamaan muihin mallinnusohjelmiin, kuten Autodesk Revittiin. Tähän insinöörityöhön johtanut syy on se, että Ramboll halusi tarkempaa tutkimukseen perustuvaa tietoa siitä, että kumpi mainituista tietomallinnusohjelmista sopii paremmin ja mihin suunnittelutehtävään.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on saada vahva käsitys siitä, että mille osa-alueille kumpikin ohjelmisto sopii paremmin. Työn sisältöön kuuluu selvittää ohjelmien oppimiskynnykset, käyttämisen helppous, eri materiaalien suunnittelun joutuisuus ja suunnitelmien muuntojoustavuus. Tässä työssä keskitytään teräs- ja betonirakenteisiin.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Työn tutkimusmenetelmiin kuuluvat henkilöhaastattelut, käyttökokemukset ja koulutukset ohjelmille, ohjelmilla mallinnetut mallikohteet sekä kirjallisuustutkimukset. Ohjelmien käyttökokemusten erot tullaan havainnoimaan suorittamalla erilaisia mallinnustehtäviä molemmilla tietomallinnusohjelmilla. Työhön haastatellaan pääsääntöisesti Rambollilla työskenteleviä suunnittelijoita, joilla on käyttökokemusta ohjelmien käytöstä.

Työn tutkimusprosessi kulkee niin, että ensiksi tutustutaan Tekla Structuresiin mallintamalla sillä erilaisia betonirakenteita raudoituksineen. Tämän jälkeen tutustutaan teräspuoleen ja sen liitosten mallintamiseen. Samalla käydään myös Rambollin Tekla-kurssi. Opittua tarpeeksi Tekla Structuresin käytöstä siirrytään Autodesk Revittiin ja suoritetaan tällä samantyyppisiä mallintamistehtäviä Rambollin Revit-kurssin lisäksi.

## 2 Tietomallintaminen

Tietomallintamisen tavoitteena on tukea kiinteistöjen ja rakennuksien suunnittelun, turvallisuuden, tehokkuuden ja kestävä kehityksen mukaisia hanke- ja elinkaari prosesseja. Tietomalleja voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan aina suunnittelusta ja rakennuksen tuotannosta sen ylläpitotoimenpiteisiin ja purkuun. Kuvassa 1 rakennetietomalli. [1. s. 5.]



Kuva 1. IFC-tiedostomuodossa oleva 3D-malli. [8.]

### 2.1 Tietomallintaminen yleisesti

Tietomallintaminen (BIM, *Building Information Modeling*) on kehityksen myötä 2000-luvulla yleistynyt tapa suunnitella eri rakennuskohteita 3D-malleina. Tietomallintamisen



tavoitteena on parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua sekä sillä pyritään tehostamaan toimintaa kiinteistö- ja rakennusallalla. Pääsääntöisesti tietomallit edesauttavat suunnittelijoiden tiedonhallintaa ja parantavat eri määrälaskelmien hallintaa rakennushankkeessa sekä auttavat hankkeen hahmottamista. Tämä hahmottaminen voi varsinkin olla hyvä jollekin, joka ei vielä tunne alaa hyvin. [5. s.106.]

Tietomallintamiseen lähtiessä on syytä pohtia mihin kyseistä mallia käytetään ja täten tehdä päätös siitä, että miten tarkkaa mallinnustyön tulisi olla. Jotkin vaativat kohteet saavat suuren hyödyn tietomalleista, kun malli tehdään tarpeellisella tarkkuudella. Vaikka tietomallista on mahdollista tehdä hyvin yksityiskohtaisen, ei se ole kannattavaa kaikissa malleissa. Täten suunnittelijan täytyy mallinnustehtävään ryhtyessä todeta, että mikä mallintamistarkkuus on tarpeellista ja mikä ei. Täten pidetään huoli siitä, että mallintamiseen ei kulu turhia työtunteja ja suunnittelu pysyy tehokkaana. [6.]

Parhain hyöty mallipohjaisesta suunnittelusta saadaan, kun siinä on mukana useampi suunnitteluala. Eri suunnittelualan mallit voidaan yhdistää niin sanotuksi yhdistelmämalliksi, josta voidaan helposti havaita ristiriidat suunnitelmien välillä. Tällaisia ristiriitatilanteita voi syntyä esimerkiksi, kun pinta-alaltaan suurta talotekniikan järjestelmää menee kantavan rakenteen läpi. Tämänkaltaisen ongelmatilanne tulee helposti esille jo suunnitteluvaiheessa, mikäli suunnittelijat tekevät yhteistyötä ja yhdistelevät mallejansa. Tämän avulla voidaan taata asiakastyytyväisyyttä ja säästää kustannuksia toisin kuin tilanteessa, jossa ristiriita olisi huomattu vasta rakennushankkeen ollessa käynnissä. [4.]

## 2.2 Yleiset tietomallivaatimukset

Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, eli YTV2012 on 14-osainen ohje, jonka tarkoituksena on ohjeistaa jokaista tietomallien parissa työskentelevää henkilöä. YTV:n ensimmäiset yhdeksän osaa on alkujaan Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 teettämä ohje. Nämä ohjeet kuitenkin päivitettiin ja laajennettiin vuonna 2011-2012 Rakennustietosäätiön vetämässä COBIM-hankkeessa. Hankkeeseen osallistui usea Suomessa rakennusallalla työskentelevä yritys. [1, 2, 3.]

Jokaisen tietomallien parissa työskentelevän osapuolen on tutustuttava oman alansa vaatimusten lisäksi ainakin yleiseen osuuteen (osa 1) sekä laadunvarmistuksen peri-

aatteisiin (osa 6). YTV:n ohjeiden mukaan mallinnusohjelmilla, joita käytetään, tulee olla IFC 2x3 sertifikaatti. Sertifiointi takaa ohjelmien oikeellisuuden sekä yhdistelmämallien toimivuuden. Suomessa sertifikaatteja myöntää BuildingSmart-organisaatio. Tämän lisäksi voidaan hankekohtaisesti asettaa erityisvaatimuksia käytetyn IFC-version tai erityisominaisuuksien suhteen. Suunnittelijan on tuotava esille käyttämänsä mallinnusohjelma versioineen sekä sen tukeman IFC-muotoisen tiedoston versio jo tarjoustä tehdessään. [1, 6.]

Suunnittelijoiden jakaessa malleja projektin muille osapuolille on mallien oltava IFC-tiedostomuodossa. Tämän IFC-tiedostomuodon tarkoitus on pienentää eroavaisuuksia eri ohjelmistoilla tehtyjen mallien välillä. Tämän ansiosta tietomalleja voi standardisoida käytetystä ohjelmasta huolimatta. Projektin tullessa päätökseen kaikki mallit ja sähköiset dokumentit on luovutettava ja siivottava tilaajalle. Mallin siivoamisella tarkoitetaan siitä kaiken varsinaiseen omiin lopullisiin suunnitelmiin kuulumattomien komponenttien poistamista. Tämä tehdään tietomallinnusvaatimusten laadunvarmistusosan mukaisesti. [1, 20.]

Jokaisessa tietomalleja käyttävässä hankkeessa olisi hyvä olla tietomallikoordinaattori. Tietomallikoordinaattorina on hyvä toimia joku hankkeen ulkopuolinen taho puolueettomuuden takia. Tietomallikoordinaattorin toimii osin samoin kuin pääsuunnittelija, mutta tehtävät ovat usein luonteeltaan teknisempiä. Tietomallikoordinaattorin tärkein tehtävä on kasata yhdistelmämalli ja raportoida tästä havaitsemansa virheet ja ristiriidat pääsuunnittelijalle ja muille suunnittelijoille. [1, 20.]

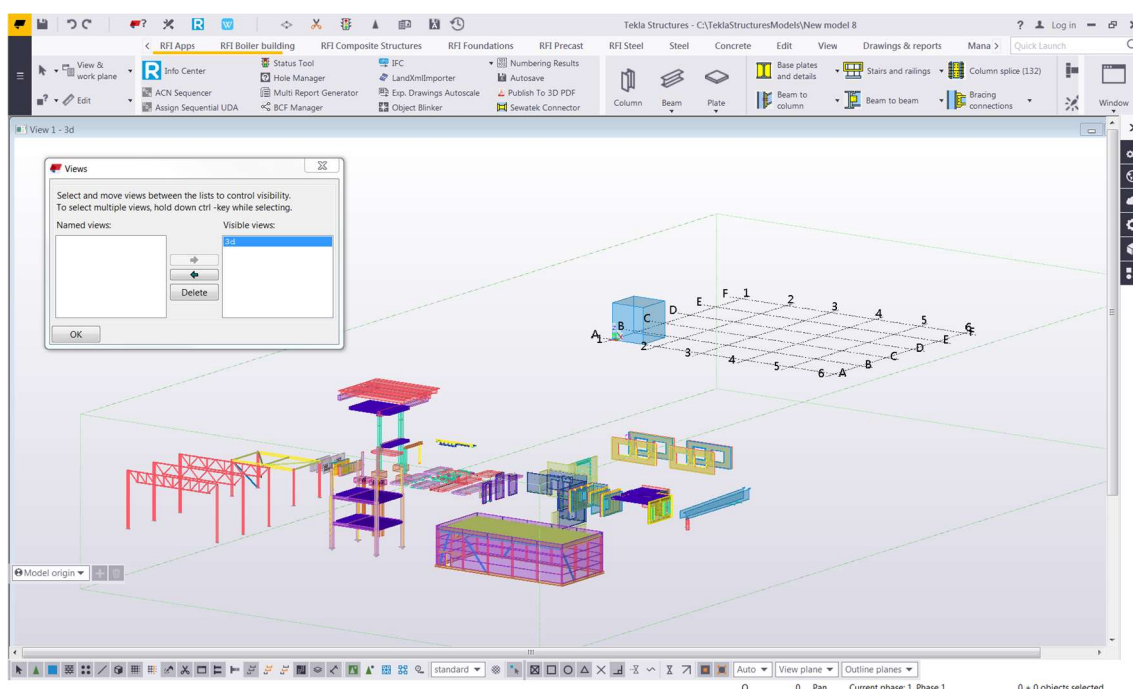
Jokaisella tietomallilla on oltava tietomalliselostus. Se määrittää muun muassa mallin sisällön, tarkkuuden ja poikkeukset yleisistä vaatimuksista. Selostus auttaa muita osapuolia tulkitsemaa mallia, sen tarkoitusta ja käytäntöjä. Mallin käyttötarkoituksesta riippumatta sen tietomalliselostus on aina päivitettävä, kun se julkaistaan muiden osapuolten käytettäväksi. [1.]

### 3 Tekla Structures & Autodesk Revit

Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi Tekla Structuresia ja Autodesk Revittiä yleisellä tasolla. Lisäksi käsitellään ohjelmien yhteensopivuutta.

#### 3.1 Tekla Structures

Tekla Structures on alkujaan suomalaisen Tekla Oyj:n kehittämä rakennesuunnittelussa käytettävä tietomallinnusohjelmisto. Nykyään sen omistaa Yhdysvaltalainen Trimble Inc. Alla olevassa kuvassa 2 on nähtävissä Teklan päänäköymä. [7.]

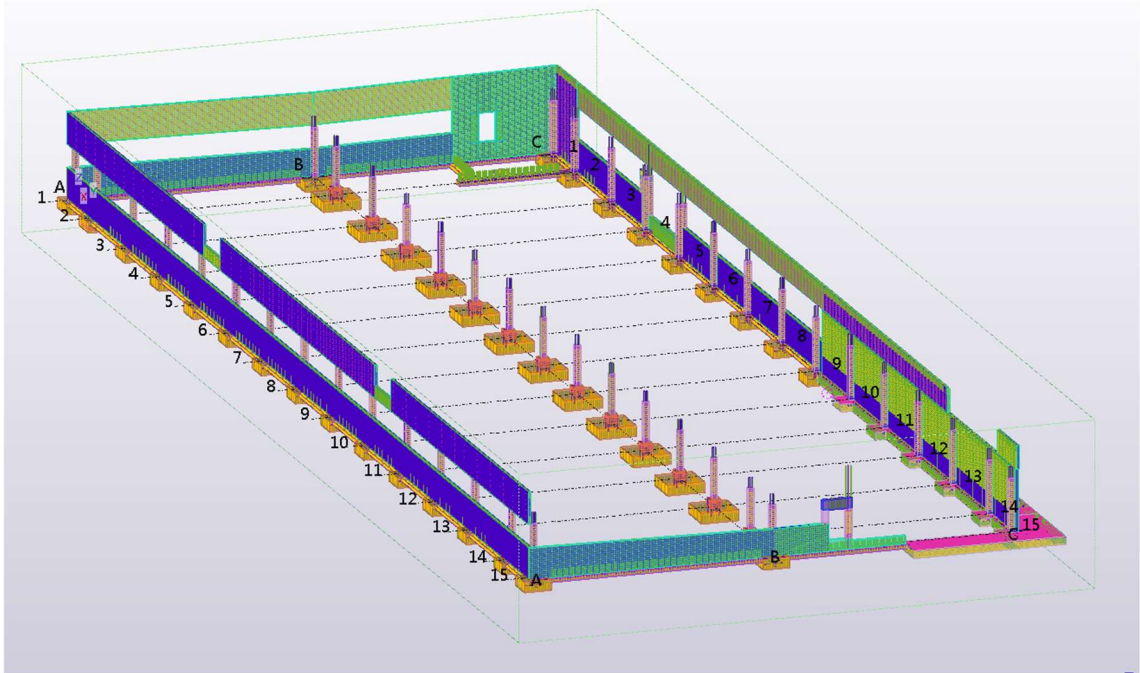


Kuva 2. Päänäköymä Tekla Structuresissa. Kuvassa myös valmiita rakenneosia, kuten teräsristikko. [8.]

Tekla Structuresin toimintamalli perustuu pitkälti makrojen käyttöön. Makrot ovat sarja komentoja, jotka voidaan suorittaa yhdellä komennolla. Nämä makrot mahdollistavat valmiiden liitos- ja raudoitustyyppien toiminnan ohjelman sisällä, jotka mukautuvat rakenteiden mittaparametrien mukaan.

Tekla Structuresilla mallinnettaessa jokaisella eri rakenneosalla on oma värinsä ja numerokoodinsa. Eri numerokoodien käyttäminen eri rakennetyypeille on tärkeää, sillä se

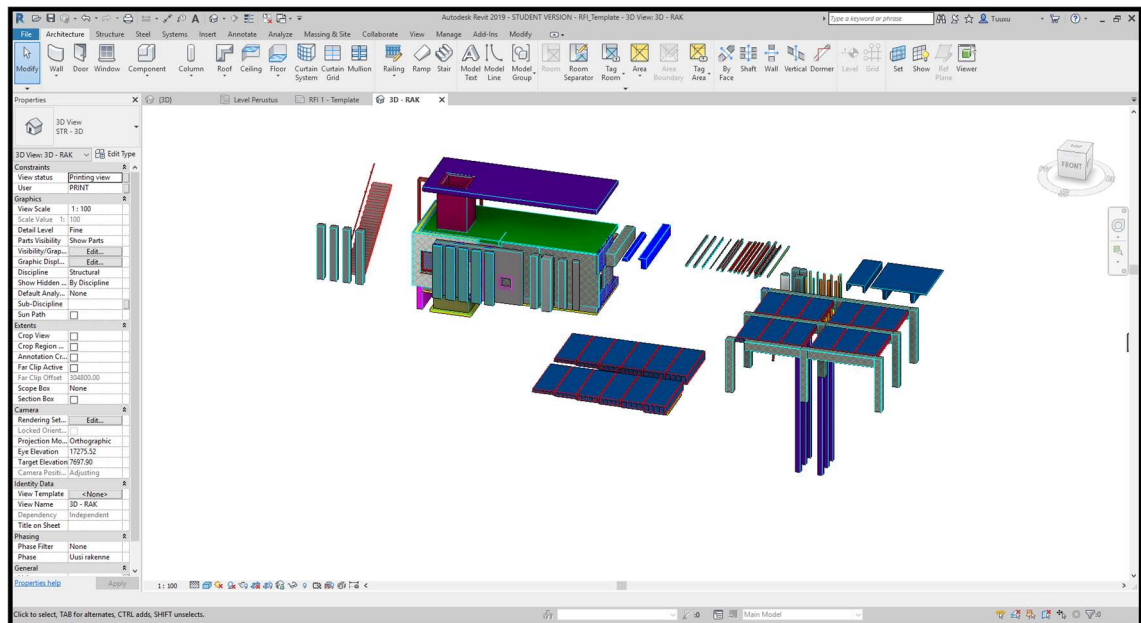
auttaa erottamaan eri rakenneosat ja kokoonpanot toisistaan. Rambollilla näitä numerokoodeja käytetään eri rakenneosien tunnistamisessa määrälaskennassa sekä filte-  
röinnissä, eli valikoimalla kaikki kyseistä numerokoodia edustavat objektit ja muuttaa  
näiden parametrejä samaan aikaan. Alla olevassa kuvassa 3 on tutkimusta varten Tek-  
lalla mallinnettuja teräsbetonirakenteita. [13.]



Kuva 3. 3D-näkymä osasta erään pysäköintilaitoksen perustuksista ja pohjarakenteista Tekla Structuresilla mallinnettuna. [8.]

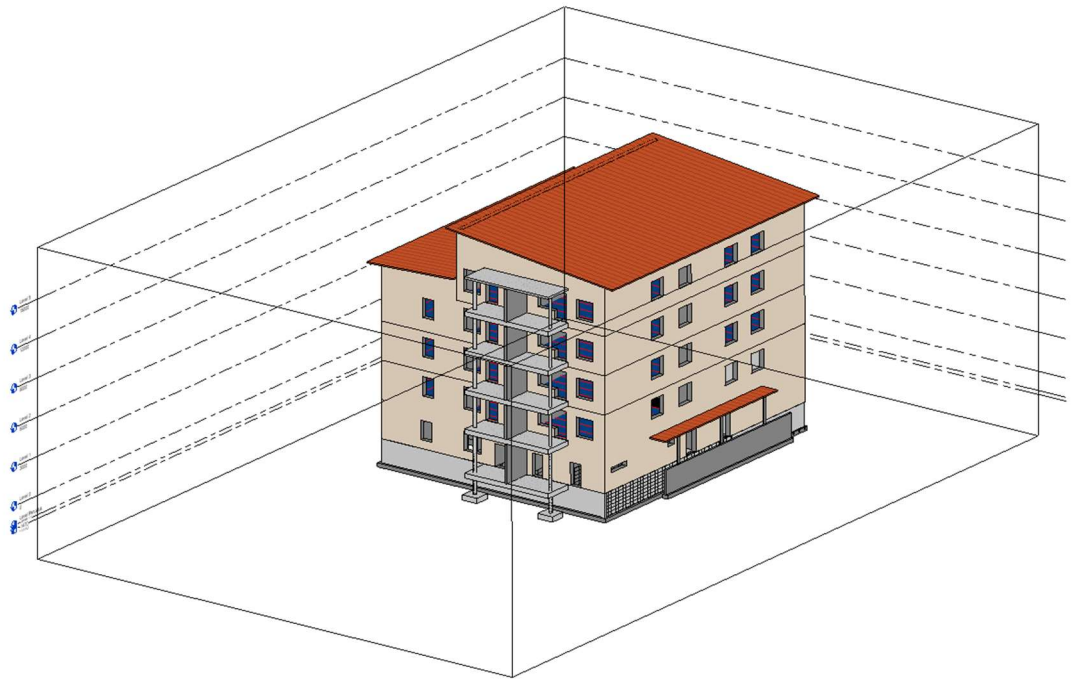
### 3.2 Autodesk Revit

Autodesk Revit on kansainvälisen pörssiyhtiön, Autodeskin omistama tietomallinnusohjelmisto. Alun perin ohjelmisto kuului Revit Technology Corporationille. Revitillä on mahdollista teettää tietomalleja arkkitehti-, rakenne- ja talo-tekniikkasuunnittelussa. Tämä eri suunnittelualojen yhdistäminen samalle ohjelma-alustalle vähentää mahdollisia virheitä suunnittelijoiden välisten tietojen muuntamisen ohella ja sujuvoittaa mallintamisprosessia. Tässä työssä kuitenkin keskitymme Structure, eli rakennepuoleen. Alla olevassa kuvassa 4 on esitetty Revitin päänäköymä. [6, 11, 20.]



Kuva 4. Päänäkymä Autodesk Revitissä. Kuvassa myös valmiita rakenneosia, kuten ontelolaatta. [8.]

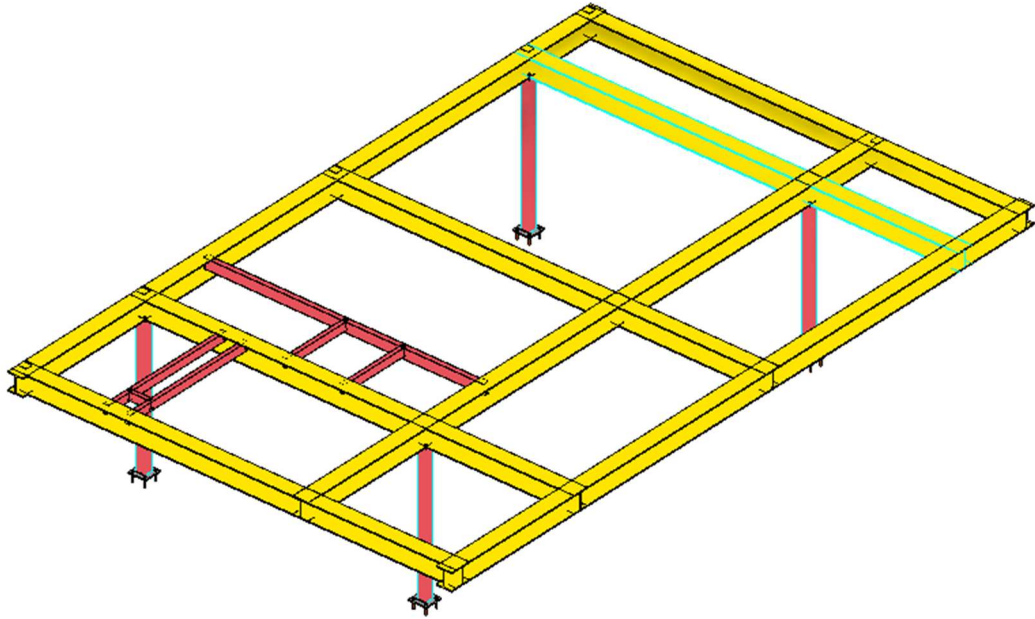
Autodesk Revitissä eri rakennetyypeille on eri värisävyt, kuten Tekla Structuresissa. Revit toimii myös numerokoodeja käyttäen rakenteiden erottelussa. Toisin kuin Teklassa, niin Revitissä jokainen uusi rakenneprofiili vaatii uuden rakennetyypin luonnin mittoineen rakennetyyppiluetteloon. Tämä on helppo tehdä kopioimalla esimerkiksi aikaisempi seinä ja muuttamalla sen mittoja halutunlaisiksi. Muutoksia tehdessä voidaan jokainen rakennetyyppi valikoida erikseen *filter*-komentoa käyttäen. Kuvassa 5 tutkimusta varten Revitillä mallinnettu asuinkerrostalo.



Kuva 5. 3D-näkymä asuinkerrostalon rakennetietomallista Revitissä. [8.]

### 3.3 Yhteensopivuus

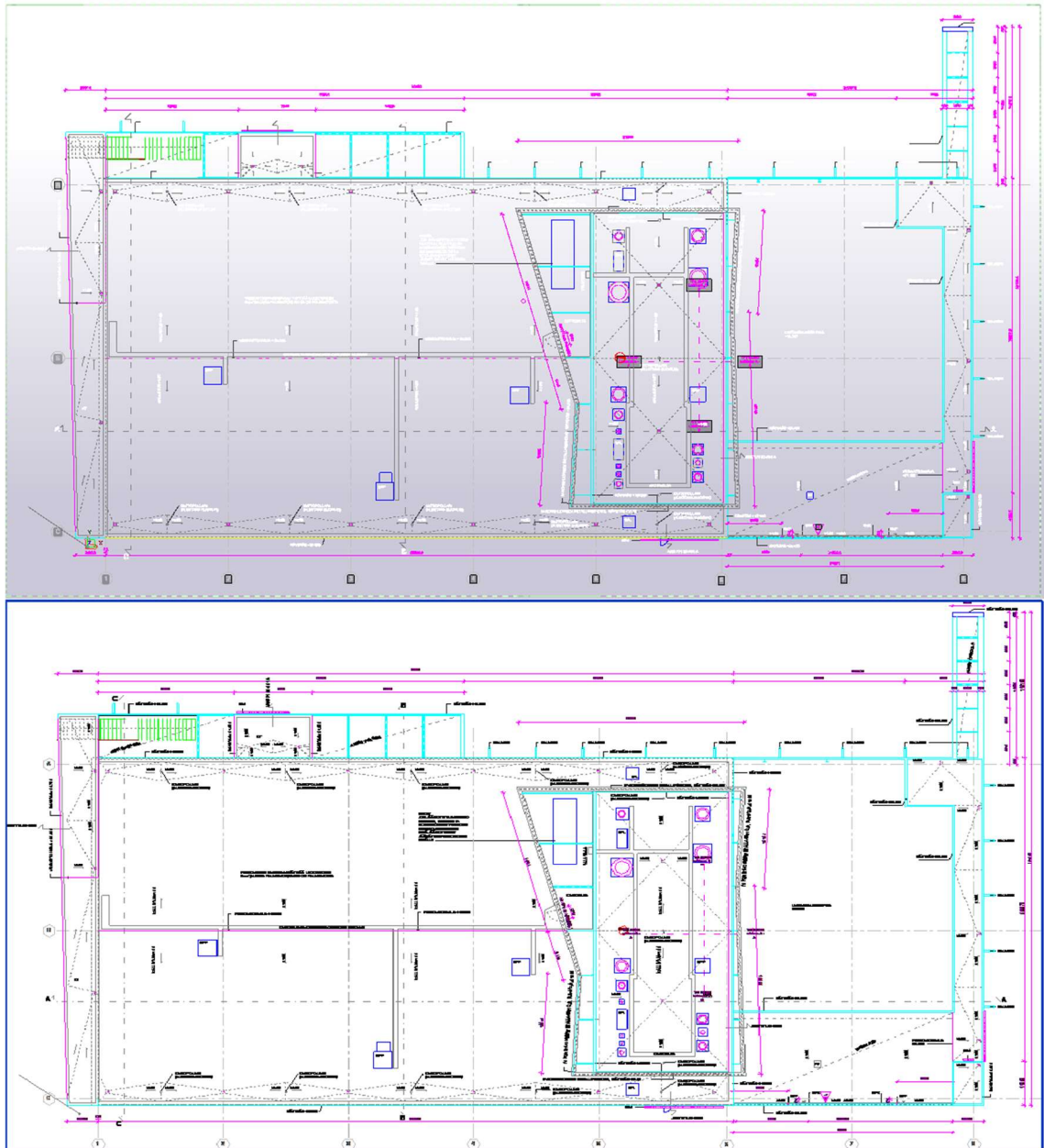
Tekla Structures ja Autodesk Revit tarjoavat mallintajalle ilmaiset työkalut ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon. Täten dataa voidaan siirtää ohjelmien välillä esimerkiksi siten, että malli viedään IFC-tiedosto formaattiin, joka sitten tuodaan haluttuun ohjelmaan. Kuitenkin haittapuolena tässä on se, että tämänlaisessa tiedonsiirrossa voi tapahtua ”käännösvirheitä”. Tästä seuraa ylimääräistä työtä suunnittelijalle virheellisesti siirtyneiden rakenteiden korjaamiseen. Tämä johtaa siihen, että tulee ylimääräistä työtä. Tämän takia ei ole suositeltavaa työskennellä kahdella eri mallinnusohjelmalla saman projektin parissa. [14, 16, 19, 20.]



Kuva 6. Tekla Structuresista Autodesk Revittiin tuotu malli. [8.]

Tekla Structuresiin ja Autodesk Revittiin on mahdollista tuoda referenssinä 2D ja 3D-malleja (kuva 6). Referensseinä voivat esimerkiksi toimia arkkitehti- tai rakennekuvat tai 3D-malli. Referenssimallien tavoitteena on sujuvoittaa mallintamisprosessia ja hahmottamista. Tämän lisäksi Teklalla ja Revitillä on mahdollista tuottaa eri formaatissa olevia piirustuksia, 3D-malleja sekä muita oheistiedostoja, joita voi viedä ohjelmien lisäosaohjelmistoihin tai muihin ohjelmiin, kuten FEM-laskentaohjelmistoihin. [10.]





Kuva 7. AutoCadista tuotu 2D-malli referenssimallina Tekla Structuresissa ja Autodesk Revitissä. Ylempi referenssipiirustus on Teklasta ja alempi Revitistä. [8.]

Kuten kuvassa 7 näkyy, molemmat ohjelmat kykenevät halutessa erottelemaan eri viivatyytit näiden ominaisvärillänsä. Tämä on suositeltavaa, sillä se auttaa erottamaan eri rakenteita ja muuta dataa edustavat viivatyytit.

Molemmat ohjelmat kykenevät tuottamaan huomattavan määrän dataa eri rakennesista. Tekla Structuresissa numeroinnin yhteydessä se kerää kaiken datan rakennesista/kokonaisuudesta. Kuten osien määrän, koon, painon ja käytettyjen materiaalien laadun. Revitillä datan kerääminen, varsinkin suurissa määrissä on helpointa tehdä

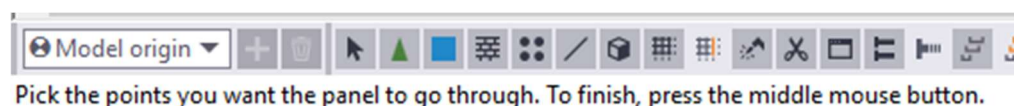


jollakin lisäosaohjelmistolla. Molemmilla ohjelmilla on myös mahdollista laskea muun muassa elementtirakenteille nostolenkkien paikat painopisteiden perusteella. [19, 20.]

Tekla Structuresin ja Autodesk Revitin ominaisuuksiin kuuluu opastusteksti, kun jokin komento on käynnissä (kuvat 8 ja 9). Tämän opasteen tarkoituksena on pitää käyttäjä tietoisena siitä, että mikä vaihe komentoa on meneillään ja mitä pitäisi tehdä seuraavaksi. Molemmissa ohjelmissa tämä opastusteksti löytyvät vasemmasta alanurkasta. Esimerkiksi seinää alettaessa mallintaa komennot kuuluvat seuraavasti:

Tekla Structures:

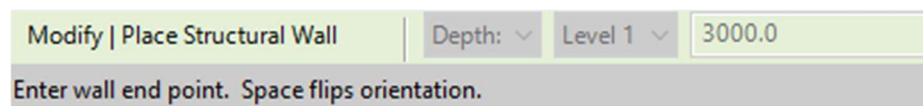
- *Pick the points you want the panel to go through. To finish, press the middle mouse button.*
- *Pick polygon position.*



Kuva 8. Opasteteksti Tekla Structuresissa. [8.]

Autodesk Revit:

- *Click to enter wall start point.*
- *Enter wall end point. Space flips orientation.*



Kuva 9. Opasteteksti Autodesk Revitissä. [8.]

Tekla ohjeistaa tässä komennossa enemmän, sillä se kertoo, että miten komento saadaan päätökseen. Revitillä komento viedään loppuun tässä tilanteessa joko painamalla esc-näppäintä tai piirtämällä kyseinen seinäkehä umpeen.

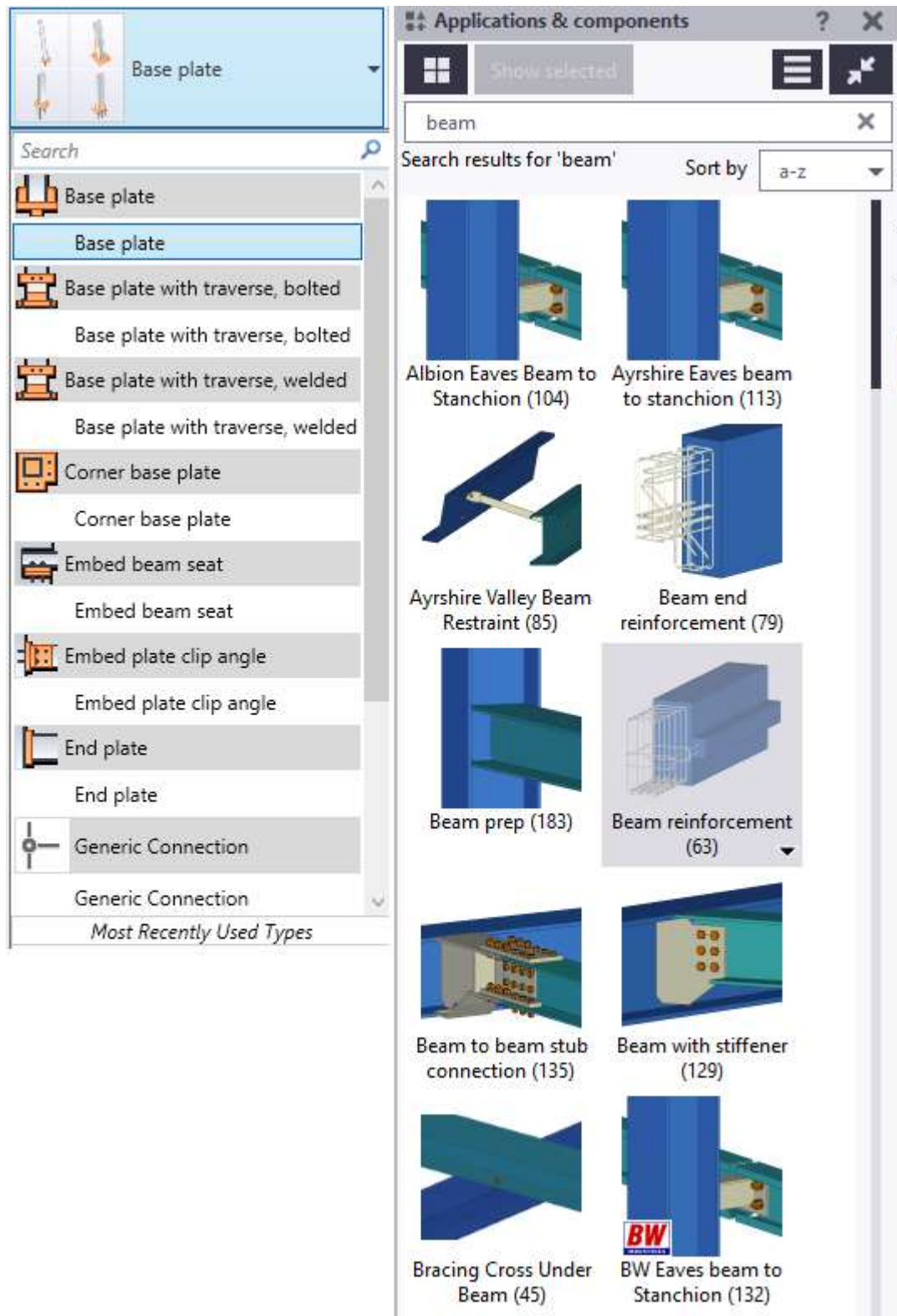
## 4 Yleiset erot ohjelmistojen välillä

Tässä luvussa käydään läpi Tekla Structuresin ja Autodesk Revitin välisiä yleisiä eroavaisuuksia.

### 4.1 Oppimishelppeus aloittelevalla mallintajalle

Tietomallintaminen voi olla hyvin haastavaa aluksi, varsinkin henkilölle, joka ei ole kovin hyvä tietokoneiden kanssa. Lisäksi ohjelmien valikoista voi löytää kymmeniä eri valikoita, joiden sisältä vielä sitäkin enemmän valikoita ja eri työkaluja. Kuitenkin todellisuudessa mallintaja voi pärjätä hyvin opettelemalla vain murto-osan näistä työkaluista aloittaessaan ohjelmiston käytön.

Autodesk Revit on yksinkertaisempi ja nopeammin opittava ohjelma, kuin Tekla Structures. Tähän edesauttaa kokemus muista Autodeskin ohjelmista, kuten AutoCadista, sillä ohjelma toimii osittain samalla logiikalla. Tekla Structures taas on yleisellä tasolla monimutkaisempi, sillä siinä tukeudutaan enemmän makrojen käyttöön, kuin piirtämiseen. Manuaalisella piirtämisellä nimittäin ymmärtää paremmin, mitä tekee. Lisäksi Tekla vaatii huomattavasti enemmän työtunteja sen käytön oppimiseen, mutta se voi taas olla nopeampi mallintamistyökalu riittävällä osaamisella, varsinkin yksinkertaisia rakenteita mallinnettaessa sen makrojen ansiosta. Revitissä makroja on yleisesti vähemmän, joka saattaa teettää enemmän työtä mallintajalle, mutta samalla helpottaa ymmärrettävyyttä ja käyttämistä. Tämä makrojen vähäisyys johtuu siitä, ettei Rambollilla ole vielä ehditty panostamaan Revitin tuotekehitykseen yhtä paljon, kuin Teklan. Huomion arvoinen seikka on se, että Revitillä pärjää hyvin ilmankin makroja, kun taas Tekla on todella raaka työkalu ilman makroja. Yleisellä tasolla voimme siis olettaa, että aloittavalle tietomallintajalle voi olla helpompi lähteä mallintamaan Autodesk Revitillä jo hyvin pienellä koulutuksella. [16.]



Kuva 10. Kuvakaappaus Tekla Structuresin ja Autodesk Revitin makropohjaisista komponentti-kirjastoista. [8.]

Molemmat ohjelmat omaavat komponenttikirjaston makroillensa ja rakennetyypeille, kuten kuvassa 10 näkyy. Revitissä jokaisesta rakenneosasta tehdään oma tyyppinsä ja sitä voidaan myöhemmin käyttää seuraavissa rakennuskohteissa. Tämä helpottaa huomattavasti suunnitteluprosessia, kun komponenttikirjastoon on tallennettu joitakin perustyyppirakenteita. Näitä rakenteita on helppo kopioida ja muokata halutunlaisiksi. Tämä edesauttaa huomattavasti esimerkiksi perusdetaljien käyttöä, jotka ovat valmiiksi luotu ja joita voidaan käyttää ilman muokkaamista. Teklassa on myös mahdollista tallentaa ja kopioida rakennetyyppejä myöhempää käyttöä varten. Tämä on tehtävä jo kaista rakennetyyppejä luodessa tallentamalla siihen sidotut parametrit tiedostoon, joka sitten ladataan käytetylle rakenteelle. Huonona puolena on se, että joku voi muokata vahingossa jo luotua komponenttia asetuksia muokatessaan. [20.]

#### 4.2 Ohjelmistojen yleisiä eroja

Autodesk Revit antaa laajemmat mahdollisuudet tehdä sama mallinnettava objekti, toisin kuin Tekla Structures. Tämä voi aiheuttaa hankaluuksia, kun saman mallin ääressä työskentelee useampi henkilö. Tämänkaltaisen ongelma voi olla esimerkiksi se, että kaksi eri mallintajaa on mallintanut ikkuna-aukkoja. Toinen käyttää reikätyökalua ja toinen taas arkkitehdin ikkunatyökalua ja täten ilmestyy sama asia, mutta eri logiikalla. Tämä voi luoda ongelmia, esimerkiksi mikäli mallista halutaan jotain tietoa ulos. Revitissä on myös rajalliset mahdollisuudet käyttöliittymä muokkaamiseen, toisin kuin Teklalla. Revitissä kuitenkin piirustusohjelmien muokkaaminen on helppoa, ja tehtävä, jonka kuka tahansa voi helposti tehdä. Teklalla tämä vaatii jo syvällisempää osaamista. [20.]

Tekla Structuresilla mallinnettaessa käytetään eriarvoisia työskentelylisenssejä. Nämä lisenssit jakaantuvat aina tarkastelijasta eri materiaalin parissa työskentelevään henkilöön ja täyteen lisenssiin, jolla voi käyttää kaikkia Teklan ominaisuuksia. Teklalla mallintaa on siis hyvä olla tietoinen, mitä lisenssiä tarvitsee käyttöönsä, ettei ota turhaan täydempää lisenssiä käyttöönsä näiden hintaerojen takia. Autodesk Revitillä lisenssit vaihtelevat tarkastelijasta eri suunnittelualojen lisensseihin ja täyteen lisenssiin. Rambollilla käytetään aina täyttä lisenssiä Revitin parissa työskenneltäessä.

Autodesk Revitillä tietomalli kulkee yhdessä tiedostossa, toisin kuin Tekla Structuresilla. Teklalla malli on liitetty kansioon, jossa on mukana kaikki malliin liittyvät parametrit, kuten rakenneosien tiedot ja referenssimallit (kuva 11). Kuitenkin itse raakamalli ilman

mitään älykkäitä attribuutteja voidaan löytää tiedostopäätteellä *.db1* ja numerointi *.db2*. Nämä erilaiset malliin linkitetyt tiedostot tarkoittavat sitä, ettei Tekla-mallia voi uudelleennimetä vain vaihtamalla kansion nimi. Teklalla mallitiedoston uudelleen nimeäminen täytyy tehdä ohjelman sisällä sitä tallennettaessa. Mikäli mallin nimeää uudelleen, tulee se sotkemaan kaikki malliin kiinnitetyt nimeämiset ja numeroinnit ja täten sitä ei suositella. Lisäksi malliin linkitetyt käyttäjät täytyy liittää uusiksi uudelleen nimettyyn malliin. [12, 16.]

Name	Date modified	Type	Size
Analysis	22.1.2019 10:32	File folder	
attributes	22.1.2019 17:17	File folder	
DataStorage	1.2.2019 14:37	File folder	
drawings	22.1.2019 10:32	File folder	
logs	23.1.2019 12:18	File folder	
ShapeGeometries	22.1.2019 10:32	File folder	
Shapes	22.1.2019 10:32	File folder	
UI	22.1.2019 17:17	File folder	
ComponentCatalog	11.3.2019 19:31	XML Document	1 KB
drawing_history	25.1.2019 11:13	Text Document	1 KB
environment	7.2.2019 9:28	Data Base File	64 KB
environment.db.bak	7.2.2019 9:24	BAK File	63 KB
history	7.2.2019 9:28	Data Base File	1 852 KB
New Model 6.db1	7.2.2019 9:28	DB1 File	834 KB
New Model 6.db1.bak	7.2.2019 9:24	BAK File	834 KB
New Model 6.db2	7.2.2019 9:28	DB2 File	1 KB
New Model 6.db2.bak	7.2.2019 9:24	BAK File	1 KB
options	7.2.2019 9:28	Configuration settl...	1 KB
options_drawings	7.2.2019 9:28	Data Base File	15 KB
options_drawings.db.bak	7.2.2019 9:24	BAK File	15 KB
options_model	7.2.2019 9:28	Data Base File	27 KB
options_model.db.bak	7.2.2019 9:24	BAK File	27 KB
save_history	7.2.2019 9:28	Text Document	12 KB
TeklaStructuresModel	7.2.2019 9:28	XML Document	1 KB
TURI_ComponentCatalogUIModelSettings	7.2.2019 9:28	XML Document	1 KB
TURI_ComponentCatalogUserSettings	7.2.2019 9:28	XML Document	2 KB
tuukka_ComponentCatalogUIModelSetti...	11.3.2019 19:31	XML Document	1 KB
tuukka_ComponentCatalogUserSettings	11.3.2019 19:33	XML Document	1 KB
tuukkajr_ComponentCatalogUIModelSett...	30.1.2019 13:16	XML Document	1 KB
tuukkajr_ComponentCatalogUserSettings	30.1.2019 13:20	XML Document	1 KB
xs_user.TURI	7.2.2019 9:28	TURI File	1 KB
xldb.xs	7.2.2019 9:28	XS File	0 KB
xslib.db1	7.2.2019 9:28	DB1 File	4 KB
xslib.db1.bak	7.2.2019 9:24	BAK File	4 KB

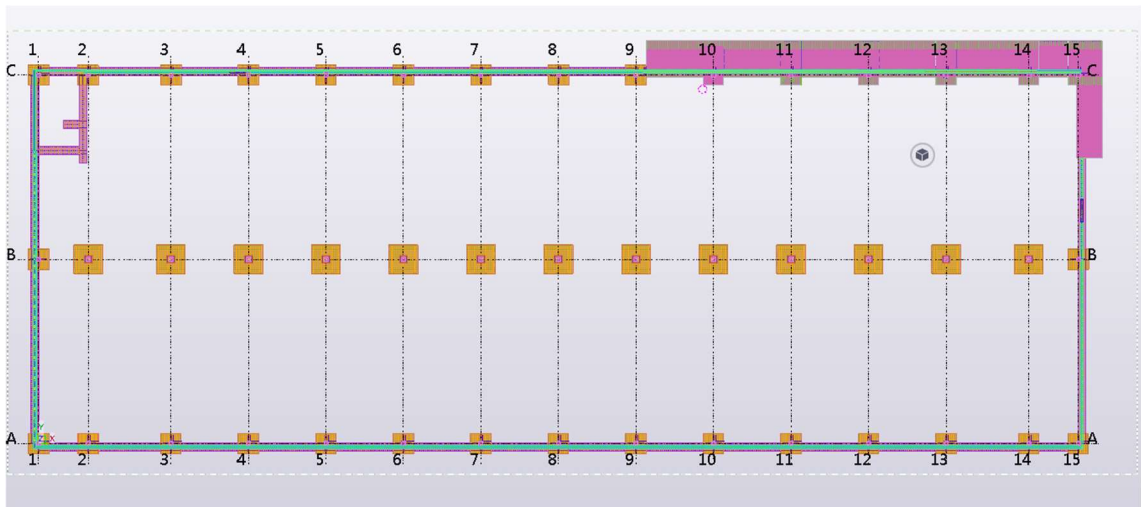
Kuva 11. Tekla Structuresilla teetetyn mallin tiedostokansio. [8.]

Huomion arvoinen seikka on myös se, että Tekla Structures vaatii enemmän suorituskykyä koneelta kuin Autodesk Revit. Tämä asettaa vaativammat vaatimuksen tietokoneen suorituskyvylle ja voi teettää ongelmia suurien mallien tarkastelussa, mikäli kone on vanhempi. Lisää tietoa laitteistovaatimuksista voi löytää Teklan ja Autodeskin verkkosivuilta. [17, 18.]

#### 4.3 Tulosteiden hallinta

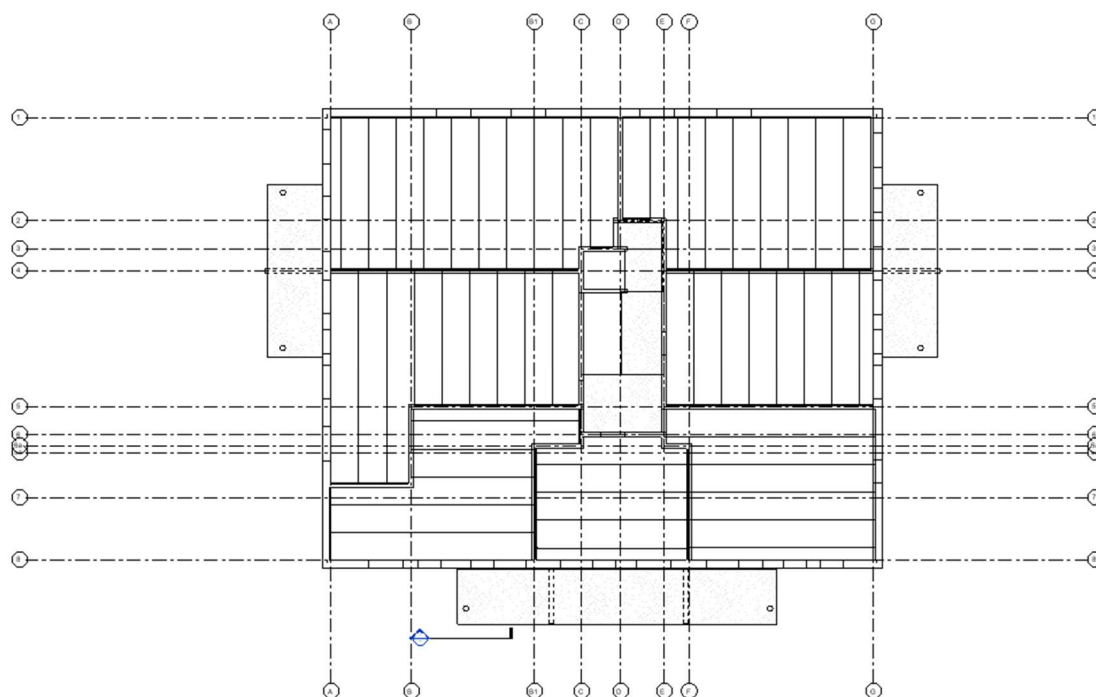
Tekla Structuresilla noudatetaan moduulijärjestelmän mukaan piirtämistä, kuten rakentamisessa käytettävissä piirustuksissa (kuva 12). Nämä moduulilinjat helpottavat ra-

kennuksen eri osien paikantamista. Ensisijaisesti moduulilinjojen laatiminen ja nimeäminen on pääsuunnittelijan tehtävä, mutta voivat nämä myös laatia rakenteiden pääsuunnittelija. Moduulilinjat sijoitetaan kantavien rakenteiden kohdalle, jotta rakenteet ovat kohdennettavissa ja paikannettavissa. Moduulilinjat nimetään yleensä piirustuksen lyhyemmässä suunnassa aakkosilla ja pidemmässä suunnassa numeroilla. Tekla Structuresilla luodaan moduulilinjat syöttämällä halutut kirjaimet ja numeeriset arvot valikkoikkunaan, jonka jälkeen se luo kolmiulotteisen moduulilinjaston. Tästä moduulilinjastosta voi luoda niin taso-, kuin leikkausnäkyymiä, joissa suunnittelija voi työskennellä. [9.]



Kuva 12. Tasoknäköpysäköintilaitoksen perustuksista Tekla Structuresissa. Moduulilinjat kulkevat kantavien rakenteiden poikki. [8.]

Kuten Tekla Structuresissa, niin myös Revitissä käytetään moduulijärjestelmää apuna mallintamisessa (kuva 13). Mikäli jokin mallintaminen vaatii leikkausnäköpysäköintilaitoksen perustuksista Tekla Structuresissa. Moduulilinjat kulkevat kantavien rakenteiden poikki. [8.]



Kuva 13. Tasokuva näkymä kerrostalon kerroksesta Revitissä. [8.]

Minkä tahansa piirustuksen tulostamisessa ja detaljoinnilla on merkittäviä eroja näiden ohjelmien välillä. Autodesk Revitillä voidaan ottaa pikaisia tasokuva- tai leikkaustulosteita muutamalla hiiren painalluksella, kun taas Tekla Structuresilla joudutaan käyttämään enemmän aikaa. Lisäksi Revitillä muutokset päivittyvät suoraan tulosteisiin. Teklalla taas joudutaan aina suorittamaan rakennneosien numerointi, mennä tulostusnäkömään ja säätämään sieltä asetukset, ennen kuin saadaan piirustukset päivitettyä ja tulostettua.

Teklalla tulosteet tehdään valmiiden makrojen avulla, joihin syötetään vain arvot. Nämä arvot luovat halutessa taulukoita, joissa esimerkiksi on laskettuna tarvittavat rakenneosat materiaaleineen ja mittoineen sekä painoineen. Lisäksi nämä taulukot sijoittuvat oikeille paikoilleen automaattisesti halutulla piirustustyyppillä. Kuvassa 14 nähtävissä tulostusnäkömästä Teklalla.







- Vihreä – lisätty osa
- Harmaa/väritön – ei muutosta

Changes list					
Status	Type	Name	GUID	Material	Profile
Deleted	IFCPLATE		1LRfyc000Oap4qCpCpCZ...	STEEL/S235JR	PL10*90
Deleted	IFCPLATE		1LRfyc000OGZ4qCpCpC...	STEEL/S235JR	PL10*90
Deleted	IFCPLATE		1LRfyc000OhZ4qCpCpCZ...	STEEL/S235JR	PL10*90
Deleted	IFCPLATE		1LRfyc000ONJ4qCpCpCZ...	STEEL/S235JR	PL10*90
Deleted	IFCPLATE		1LRfyc000OU34qCpCpC...	STEEL/S235JR	PL10*90
Deleted	IFCPLATE		1LRlnS000EJ34qCpCoCp...	STEEL/S355J2	PL15*224
New	IFCANNOTATION		0S2VqIHqP4qvMpeRvW...		
New	IFCANNOTATION		02rk\$vb_PCKwohWIECuZ96		
New	IFCANNOTATION		05QySfRATD7R55IRT5Gk...		
New	IFCANNOTATION		08xhENOB9FxCAXfyuhy...		

☐ Select objects in the model
 ☐ Get selected objects from model
 ☐ Zoom to selected

Kuva 16. Muutoslistaus-ikkuna Tekla Structuresissa. [8.]

Näin värikoodoja silmäilevällä toinen mallintaja huomaa helposti, että mitä mallissa on muuttunut ja kenen toimesta. Tämä on erittäin hyvä ominaisuus erityisesti Revitissä, koska sillä voi suoraan nähdä, jos esimerkiksi arkkitehti haluaa sijoittaa aukon johonkin kohtaa rakennetta. Tämän jälkeen rakennesuunnittelija voi huomioida asian suunnittelmissaan hyväksyen/hyläten ehdotuksen. [15, 19, 20.]







Changes ↓ 🔍 ✕

14  
Added

78  
Removed

308  
Modified

Disciplines affected      Modification type

Search + Filter

Flat Result List      Result as Tree

- 367b [7599399]
- 394 [7600550]
- 395 [7600556]
- Basic Wall [7499433]
- Basic Wall [7603012]
- Basic Wall [7603013]
- Basic Wall [7603019]
- Basic Wall [7603020]
- Basic Wall [7603040]
- Basic Wall [7603041]
- Basic Wall [7603047]
- Basic Wall [7603118]
- Basic Wall [7603119]
- Basic Wall [7603120]
- Basic Wall [7603126]
- Cast-In-Place Stair [7250738]
- Cast-In-Place Stair [7304959]

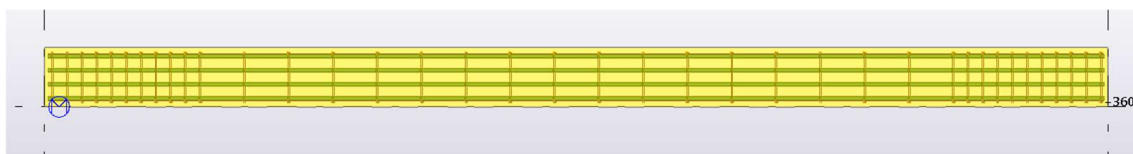
Kuva 17. Muutoslistaus-ikkuna Autodesk BIM 360 Design pilvipalvelussa. [20.]

## 5 Teräsbetonirakenteiden mallintaminen

Tässä kappaleessa keskitytään vertailemaan teräsbetonirakenteiden raudoituksen mallintamista Autodesk Revitin ja Tekla Structuresin välillä.

### 5.1 Tekla Structures

Tekla Structuresilla raudoitteen mallintaminen löytyy laaja kirjasto erinäisiä makroja, joita on kehitetty eri rakennetyypeille. Nämä makrot mallintavat suoraan esimerkiksi teräsbetonipalkille pääteräkset ja hakaraidoituksen (kuva 18). Tämän jälkeen käyttäjälle jää tehtäväksi määrittää raudoitteen tiedot halutulla tavalla, kuten suojabetonipeite, teräslaatu ja teräskoko. Nämä makrot voivat huomattavasti nopeuttaa kokeneen käyttäjän mallintamisprosessia, mutta aloittelevalle käyttäjälle ne voivat olla monimutkaisia ja viedä oman aikansa niiden opetteluun. Makrojen lisäksi raudoite on mahdollista mallintaa piirtämällä tai valitsemalla yksittäinen teräsmuoto ja muokkaamalla sen ominaisuuksia. Teklassa raudoitusta voi helposti mallintaa makrojen avulla 3D- ja 2D-näkymässä.



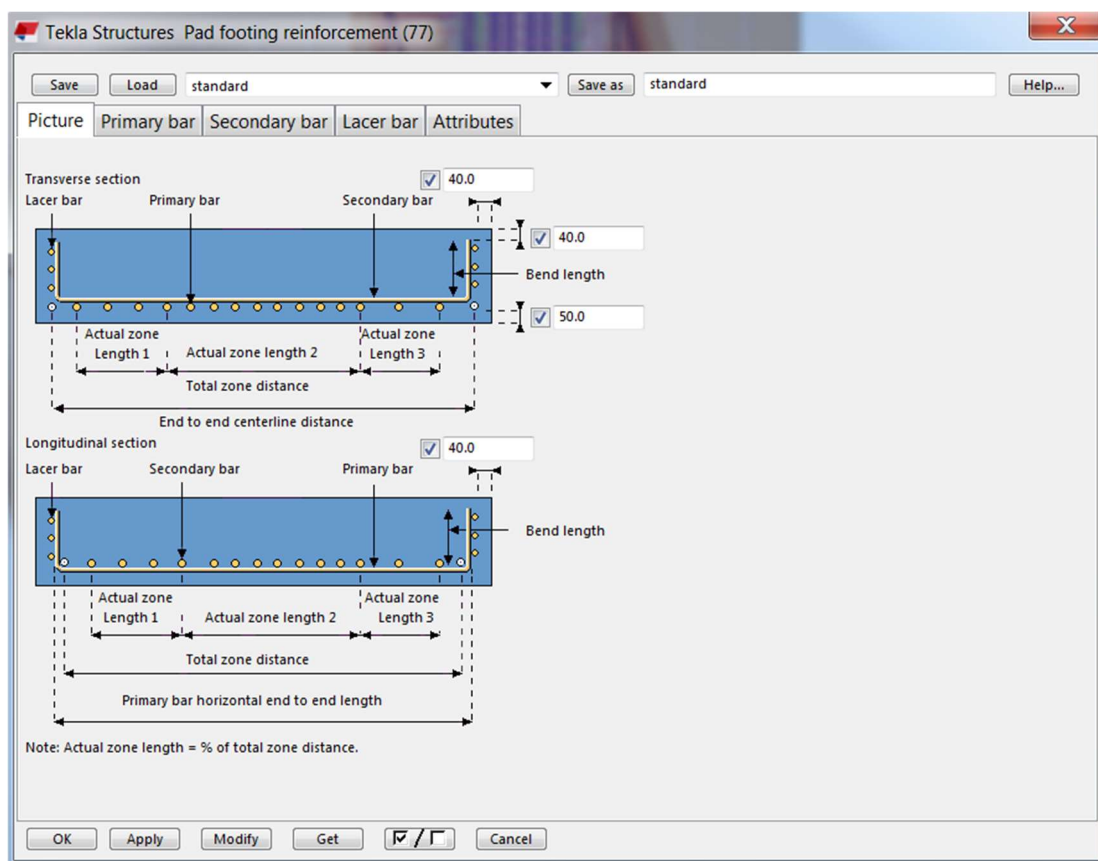
Kuva 18. Teräsbetonipalkki on raudoitettu palkin raudoitusmakroa käyttäen. Makro on jakanut raudoitteen eri komponentteihin rakenteen pituus- ja korkeussuunnan mukaisesti. Kuten kuvassa näkyy, hakaraidoitus on jaettu automaattisesti tiheimmin palkin päissä, jonne tulee suurin leikkausjännitys. [8.]

Kun Tekla Structuresilla ollaan mallintamassa raudoitusta makrolla, niin voidaan raudoitusvalintaikkunassa (kuva 19) säätää raudoituksen tiedot halutunlaiseksi. Tässä ikkunassa voidaan määrittää muun muassa:

- Suojabetonipeitteen paksuus
- Käytettyjen terästen laatu ja koko (jokaiselle raudoituskomponentille oma)
- Terästen muoto ja taivutuspituus säteineen

- Terästen sijoittumisen logiikka
- Terästen jakautumisväli

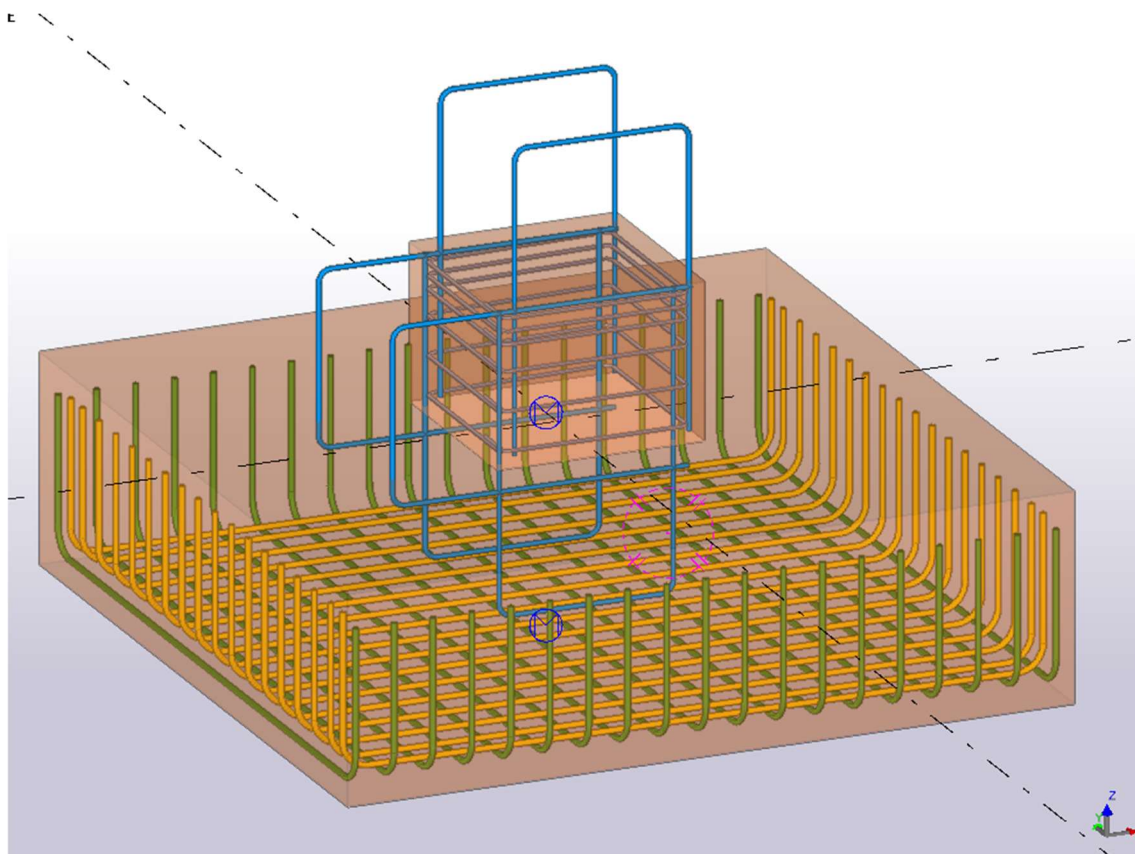
Ja monia muita hienosäätöjä makrosta riippuen.



Kuva 19. Raudoitusikkuna Tekla Structuresissa. [8.]

Rakenteen raudoitusta lähdettäessä mallintamaan Tekla Structuresilla on ensiksi mietittävä raudoitteen muotoa ja toimintaa. Tämän perusteella valitaan rakenteen tyyppiin sopiva raudoitusmakro. Mikäli valitaan vääränlainen raudoitusmakro, voi raudoitusta mallinnettaessa tulla ongelmakohtia ja ylimääräistä työtä. Makroiin on rakennettu aina tietynlaisen raudoitetyypin teräkset. Vääränlaisella makrolla mallinnettaessa joudutaan ehkä poistamaan turhia teräksiä pois ja lisäämään manuaalisesti sijoittamalla puutteelliset teräkset. Toinen ongelma voi olla se, että vaikka raudoite olisi halutun näköinen, se voi mallintua väärin vääränlaiseen rakennetyyppiin tai jäädä kokonaan mallintumatta.

Alla olevan kuvan (kuva 20) mukaisessa tilanteessa on ongelmana se, ettei kyseinen raudoite tahdo mallintua halutulla tavalla. Tässä tilanteessa on käytetty väärää raudoitusmakroa, johon ei ole rakennettu tartunta/sidonta raudoitetta. Tästä syystä ne joudutaan lisäämään yksittäisinä objekteina kyseisen rakenteen sisään. Manuaalisesti sijoittamalla taas raudoitus ei jatku alempaan rakenneosaan ja se sijoittuu vinosti. Tässä ratkaisuna on raudoituksen muokkaaminen joko siirtelemällä sitä tai venyttämällä tätä ja muokkaamalla betonin suojakerrospaksuuksia. Tästä taas seuraa ongelma, ettei raudoite enää mukaudu betonin mittojen mukaan, vaan on itsenäinen objekti. Tämä ongelma ilmenee tilanteessa, jossa rakenteen mittoja joudutaan muuttamaan suunnitelmamuutosten takia siten, ettei raudoitus enää josta rakenteen mittojen mukaan, vaan jää siihen sijoilleen mihin se on sijoitettu.

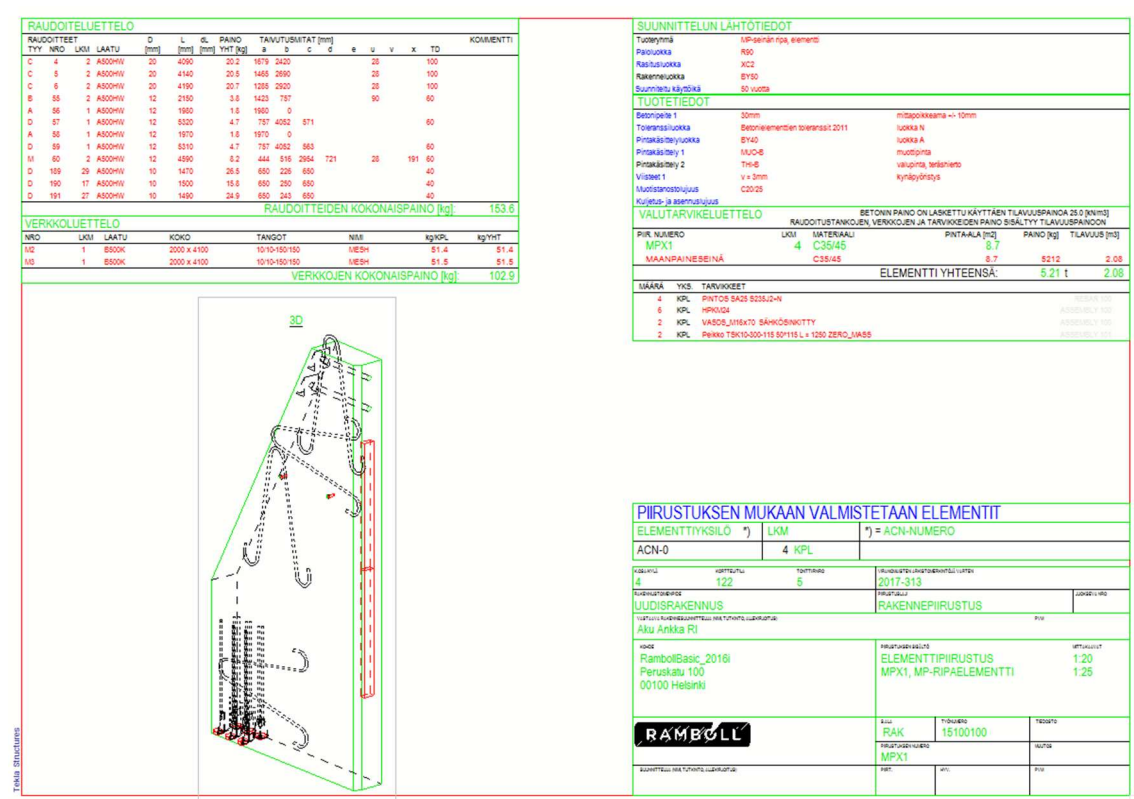


Kuva 20. Ongelmatapaus Tekla Structuresilla raudoitusta mallinnettaessa. Tartuntaradoite ei tahdo mallintua oikein mitenkään päin. [8.]

Tekla Structuresilla manuaalisesti raudoittaminen on haasteellista raudoitusta mallinnettaessa. Ohjelmasta löytyy monta eri raudoituskomponenttia eri tyyppisille rakenteille, mutta monimutkaisemmat raudoitustilanteet voivat vaatia manuaalista raudoittamis-

ta. Kuten kuvassa 20 näkyy, manuaalinen raudoittaminen voi olla välillä hyvin ongelmallista ja sitä tulee välttää. [16.]

Tekla Structures on hyvä työkalu mallintamaan elementtirakenteita. Teklalla nimittäin löytyy Rambollilla laaja kirjo työkaluja elementtirakenteiden mallintamista varten laajemman tuotekehityksen takia. Myös Teklan kyvystä laskea jokainen objektiin kuuluva osa komponentteineen ja niiden numerointi sekä painojen laskenta on eduksi. Nämä ominaisuudet helpottavat elementtitulosteiden teossa (kuva 21).



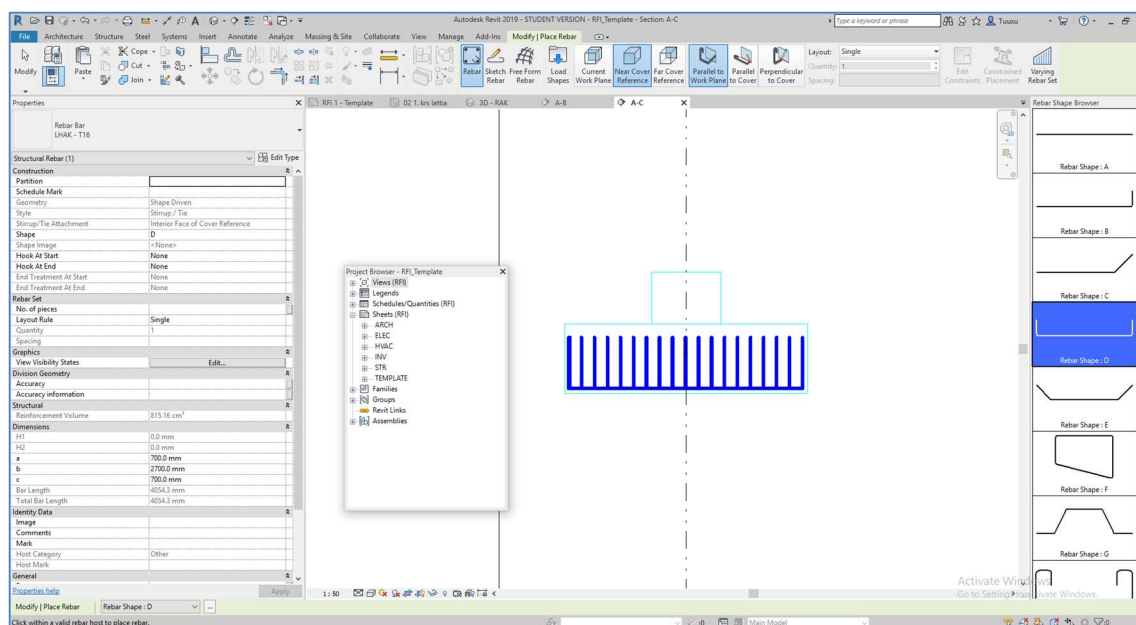
Kuva 21. 3D-piirustysnäkömä elementtirakenteesta Tekla Structuresissa. [8.]

## 5.2 Autodesk Revit

Toisin kuin Tekla Structures makroineen, Autodesk Revit mallintaa aina yhden terästyyppin kerrallaan. Revitillä raudoituksen mallintaminen on suositeltavaa suorittaa poikkeileikkausnäkömässä (kuva 22). Tämä johtuu siitä, ettei Revitillä ole samanlaisia makroja kuin Teklalla raudoitusta mallinnettaessa. Täten kaikki raudoittaminen täytyy suorittaa sijoittamalla se paikoilleensa manuaalisesti. Raudoitusta mallinnetaan sijoittamalla halutun mallinen teräs kuvassa olevaan objektiin halutun suuntaisesti. Tämän jälkeen määrite-



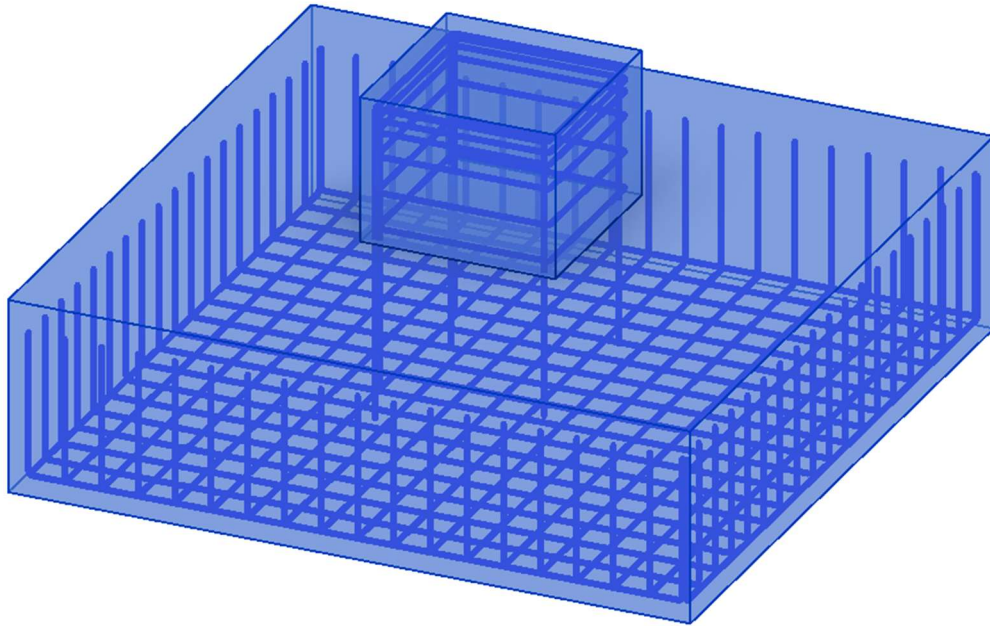
tään asetukset, kuten käytettyjen terästen mitta ja jako. Revitissä suojabetonipaksuus on määritettävä raudoitettavalle objektille, eikä raudoitetta lisätessä toisin kuin Teklalla. Ohjelma estää raudoitteen sijoittamisen siten, että suojabetonipaksuuden minimiarvo vahingossa ylittyisi. Revitillä voi myös piirtää raudoitteen muodon kuten Teklalla, mutta Rambollilla käytetään vain valmiiksi määritettyjä teräsmuotoja ensisijaisesti.



Kuva 22. Raudoituksen mallintamista Autodesk Revitillä 2D-näkymässä. [8.]

Revitillä raudoitteen mallintaminen on helpompaa, kun mallintajalla on suurempi kontrolli raudoitteen oikeinsijoittamisella. Revitillä ei tarvitse miettiä sitä, että käyttäkö oikeaa makroa niin kuin Teklalla. Toisaalta se taas ei välttämättä ole ongelma kokeneelle mallintajalle, vaan enemmän aloittelevalle. Alla olevassa kuvassa (kuva 23) nähdään, miten sidonta/tartuntaraudoitus on tunnistanut automaattisesti alemman rakenneosan ja jatkuu sinne, kun näin on määritetty asetuksissa raudoitteen pituudeksi.

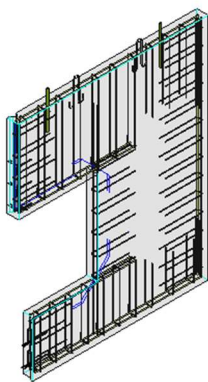




Kuva 23. Autodesk Revitillä mallinnettu pilarianturan raudoitus tartuntoineen. [8.]

Autodesk Revit on parempi mallinnustyökalu paikallavalurakenteiden mallintamiseen raudoitteen mallintamishelpouden ansiosta. Kuitenkin Revitilläkin löytyy tarvittavat työkalut elementtirakenteiden mallintamiseen, aina painopisteiden määrittämisestä nostolenkkejä varten muuhunkin detaljointiin (kuva 24). [20.]

RAUDOITUSLUETTELO																			
TYV	NRO	LKM	LAATU	D	L	H	Päivä	Paina	a	b	c	d	e	u	v	x	y	TD	KOMMENTTI
A	007	2	85008	12	1315		2.6	0.0	1315									30	
A	008	2	85008	12	2600		5.2	0.0	2600									30	
A	009	2	85008	12	1525		3.0	0.0	1525									30	
A	010	2	85008	12	2950		5.9	0.0	2950									30	
A	015	2	85008	20	500		1.0	0.0	500									240	
B	012	2	85008	12	1785		3.6	0.0	805	1000								30	
D	001	3	85008	8	1675		5.0	0.0	800	100	800							16	
D	002	3	85008	8	1075		3.2	0.0	500	100	500							16	
D	005	6	85008	8	1065		6.4	0.0	500	90	500							16	
D	006	21	85008	8	1060		22.2	0.0	500	85	500							16	
D	011	2	85008	12	3440		6.9	0.0	640	2190	640							12	
D	013	2	85008	12	4400		8.8	0.0	1020	2390	1020							12	
E	014	4	85008	10	815		3.3	0.0	115	500	205	0	0	45	45	0	0	20	
U	003	7	85008	8	1625		11.4	0.0	95	100	650	100	650					16	
U	004	7	85008	8	2385		16.7	0.0	95	100	1030	100	1030					16	

Kunta/kaupunki	Korttelin nimi	Tontin/alue	Vieromiesin merkintä
Borough	City block	Site	
Rakennuslupa			Projekti
Construction operation			Projekti
Rakennuslupa			Projekti
Project name			Projekti
Project name 2			Projekti
Address 1, 00000			Projekti
Town			Projekti
RAMBOLL	Ramboll Finland Oy Rakennus 8 00000 puh. 020 785 811 etunimi.suominen@ramboll.fi	Suunnitelma	Projekti
Suunnitelma (nimi, koodi, alku)		Projekti	Projekti
Designer		Author	Checker
			07/23/18

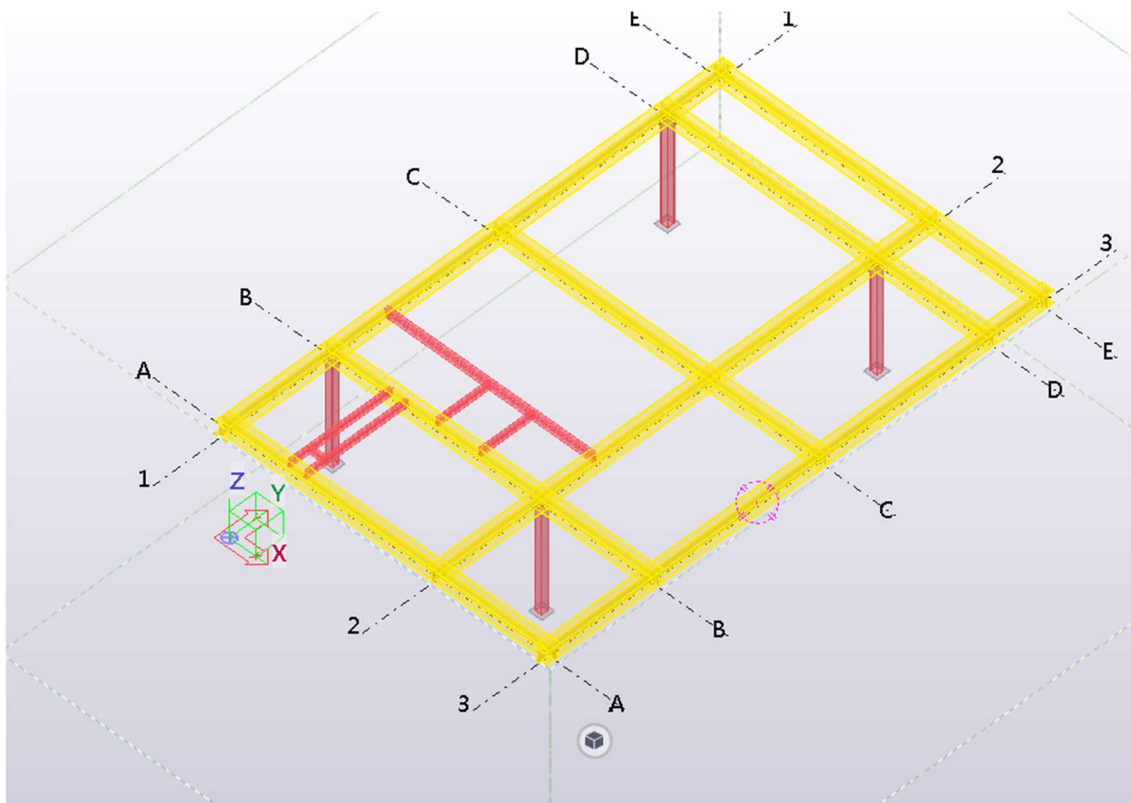
Kuva 24. 3D-piirustysnäkö elementtirakenteesta Autodesk Revitissä. [8.]

## 6 Teräsrakenteiden mallintaminen

Tässä luvussa vertaillaan teräsrakenteiden mallintamista Tekla Structuresilla ja Autodesk Revitillä.

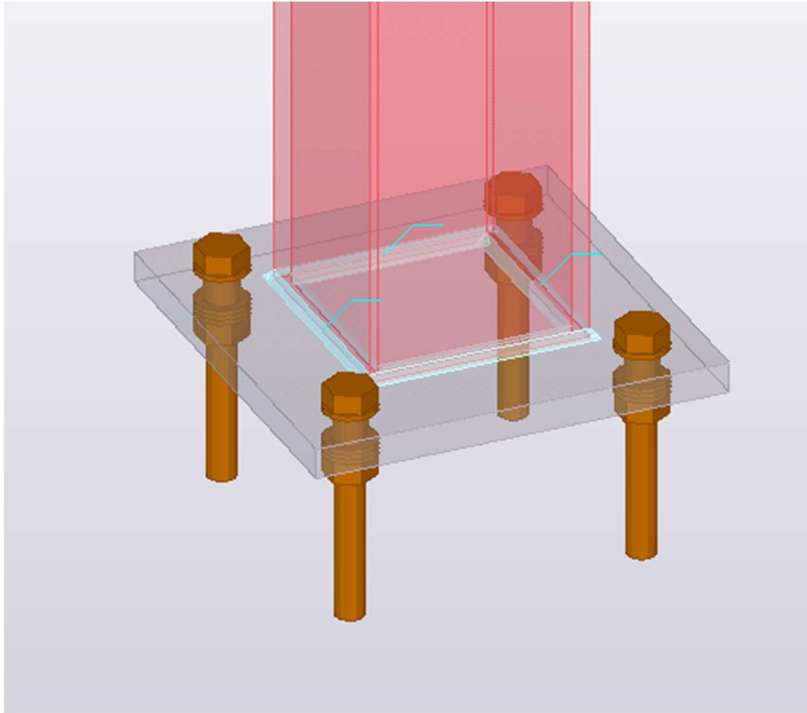
### 6.1 Tekla Structures

Tekla Structuresin yksi ylivoimainen vahvuusalue on teräsrakenteet. Teklasta löytyvät kaikki tavallisimmat teräsrakenteiden detaljointiin tarvittavat komponentit aina liitosratkaisuista vakioprofiileihin. Lisäksi mikäli ohjelman piirustusohjat ovat kunnossa, niin kaikki osa- ja kokoonpanokuvat tulevat automaattisesti valmiina piirustuksiin, eli käyttäjän ei juuri tarvitse tehdä paljoa muokkauksia näihin. Tässä tulee esiin Teklan ylivoimaisuus komponenttien numerointikyvyssä. Yleispiirustuksissa kuitenkin vaaditaan manuaalista muokkaamista, kuten eri näkymien tuomista piirustusikkunaan. Alla olevassa kuvassa 25 on mallinnettu teräsrakenne Teklalla tutkimusta varten.



Kuva 25. Teräsrakenne Tekla Structuresissa. [8.]

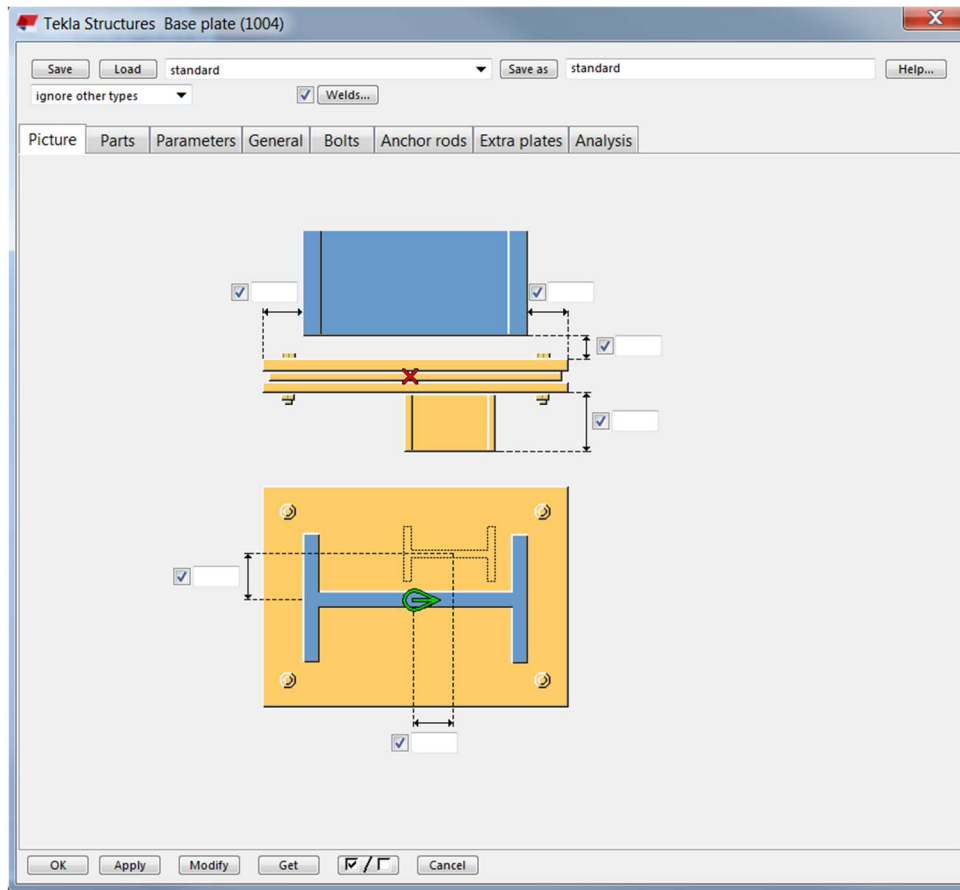
Tekla Structuresilla mallinnettaessa teräsrakenteiden pulttiliitoksia niihin haetaan ratkaisuja komponenttikirjastosta (kuva 10). Kirjastosta löytyy useita makroja, joilla näitä liitoksia voidaan mallintaa. Nämä liitokset ovat hyvin yksityiskohtaisia ja havainnollistavia (kuva 26). Tässä hyöty tulee siinä, että konepajalle menevät kuvat voidaan suoraan ottaa mallista. Tässä suunnittelijakin voi huomioida mallia katsomalla ja havainnoida, ovatko hänen suunnittelemansa liitokset toteutuskelvollisia.



Kuva 26. Tekla Structuresilla mallinnettu pultti-levyliitos hitseineen. [8.]

Tekla Structuresilla teräsrakenteen liitoksia mallinnetaan pääasiallisesti makroilla, kuten betonirakenteiden raudoitusta. Tässä liitosmakrossa (kuva 27) määritetään liitoksen ominaisuuksia, kuten:

- Pulttityypit ja niiden koko ja pituus
- Levyjen mitat ja määrät
- Käytetty teräslaatu
- Pulttien reunaetäisyydet



Kuva 27. Pultti-levyliitos ikkuna Tekla Structuresissa. [8.]

Teklalla on myös työkalu hitsiliitosten mallintamiseen. Tällä työkalulla määritetään hitsin ominaisuuksia kuten, kuten kuvassa 28 näkyy.

**Weld (1 selected)**

Common attributes

Edge/Around	Edge
Workshop/Site	Workshop
Position	-y
Shape	Continuous
Connect as	As secondary part
Placement:	Auto
Preparation:	None

Above line

Prefix	
Type	Fillet
Size	5.0 mm
Angle	0.000
Contour	None
Finish	None
Root face	0.0 mm
Effective throat	0.0 mm
Root opening	0.0 mm
# of incr.	0
Length	0.0 mm
Pitch	0.0 mm

Below line

Tail information

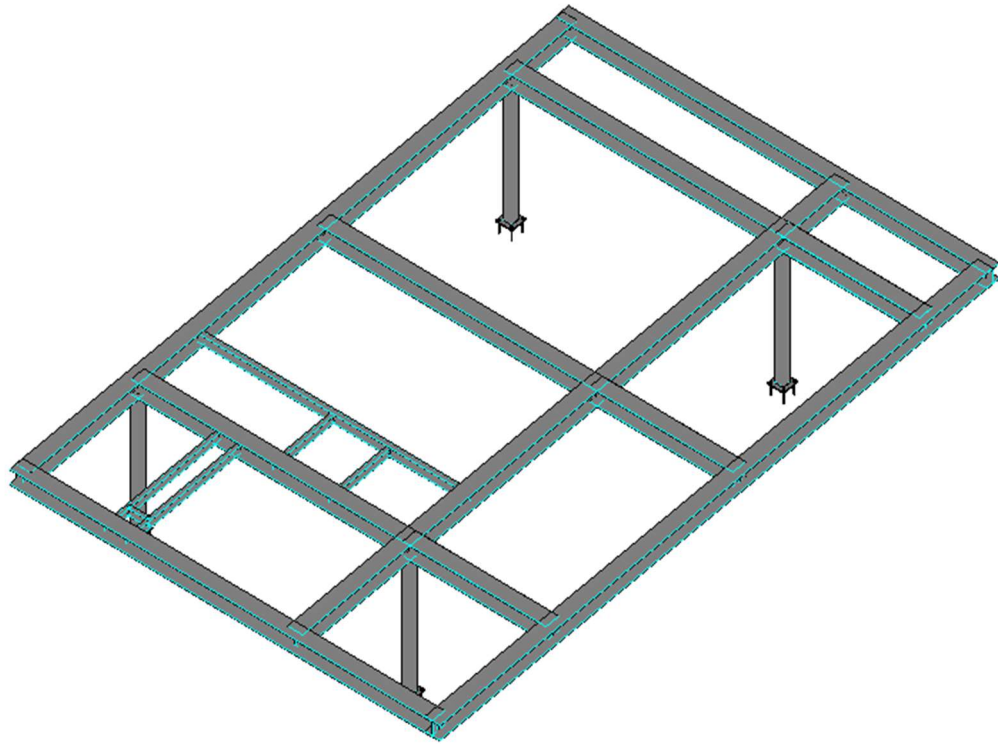
Custom properties

Modify

Kuva 28. Hitsaus dialogi Tekla Structuresissa. [8.]

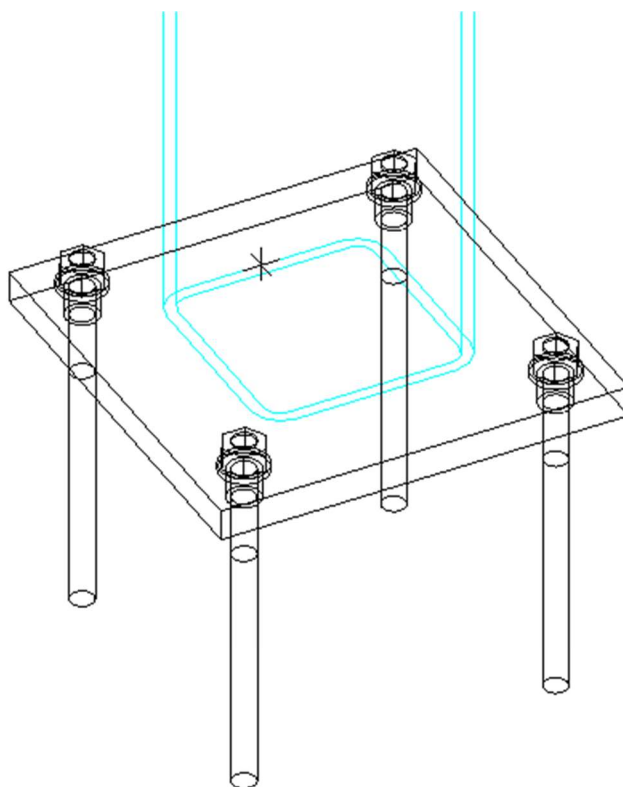
## 6.2 Autodesk Revit

Autodesk Revit ei ole vielä yhtä pitkällä teräsrakenteiden mallintamisessa kuin Tekla Structures. Tämä heijastuu varsinkin siinä, kun ruvetaan vertailemaan ohjelmien kykyä luoda eri liitosratkaisuita. Teklalla tämän tuotekehitys on viety huomattavasti pidemmälle ja täten sieltä löytyy enemmän työkaluja ja älykkyyttä liitosten mallintamiseen. Alla olevassa kuvassa 29 on mallinnettu teräsrakenne Revitillä tutkimusta varten.



Kuva 29. Teräsrakennelma Autodesk Revitissä. [8.]

Kuten Tekla Structuresissa, niin myös Autodesk Revitissä on laaja kirjo eri teräsprofiileja ja liitosratkaisuja saatavilla. Toisin kuin Teklalla, niin Revitissä liitokset voivat vaatia enemmän manuaalista työskentelyä. Revitissä ei ole yhtä paljon älykkyyttä, kuin Teklassa, joka taas näkyy liitoksia mallinnettaessa. Tämä tulee kuitenkin muuttumaan Rambollilla tulevaisuudessa kehitystyön myötä. Kuvassa 30 on havaittavissa pultti-levyliitos Revitillä mallinnettuna. [20.]





Kuva 30. Pultti-levyliitos Autodesk Revitissä rautalankamalli näkymässä. [8.]

Kuten Teklalla, niin myös Revitiltä löytyy työkalut hitsiliitosten tekemiseen. Nämä liitokset mallinnetaan ottamalla hitsityökalu käyttöön ja yhdistämällä sillä rakenneosia. Tämän jälkeen voidaan määrittää hitsiin liittyviä tietoja, kuten kuvassa 31 näkyy.



Properties



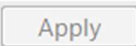
Welds (1)  Edit Type

Structural

Main Type	Fillet weld
Main Thickness	6.35
Length	0.00
Location	Site
Continuous	<input type="checkbox"/>
Pitch	0.00
Main Text	
Surface Shape	Standard
Main Weld prepara...	Standard
Main Root Opening	0.00
Main Effective Throat	0.00
Main Preparation D...	0.00
Double Type	None
Double Thickness	6.35
Double Text	
Double Surface Sha...	Standard
Double Weld prepa...	Standard
Double Root Openi...	0.00
Double Effective Th...	0.00
Double Preparation...	0.00
Text module	
Prefix	

Identity Data

Image	
Comments	
Mark	

[Properties help](#) 

Kuva 31. Hitsiliitoksen parametrien muokkausikkuna Autodesk Revitissä. [8.]

## 7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön aihe sai alkunsa Ramboll Finland Oy:n rakennesuunnittelun tarpeesta laajentaa tietomallintamisosaaamista Tekla Structuresin lisäksi muihinkin ohjelmiin. Insinööriyön tarkoituksena oli saada näkemystä Tekla Structuresin ja Autodesk Revitin heikkouksista ja vahvuuksista. Tutkimukseen kuului selvittää ohjelmien toimivuus teräs- ja teräsbetonirakenteilla, näiden oppimishelppeus sekä muuntojoustavuus.

Oppimishelppeuden suhteen Autodesk Revit oli helpompi sisäistää. Tämä tapahtui lähinnä internetistä opettelemalla, Rambollin sisäistä koulutusta hyödyntämällä, kokeilemalla ja välillä neuvoa kyselemällä, kuten Tekla Structuresinkin kanssa. Revitillä nopean oppimisen avaintekijä on ollut sen yksinkertaisuus ja makrojen vähäisyys, toisin kuin Teklalla.

Autodesk Revitillä tulosteiden tekeminen oli helpompaa ja nopeampaa, sillä asetuksia ei juuri tarvitse määrittää ja tulosteet tehdään raahaamalla näkymiä piirustusnäkymään. Kuitenkin kokeneemman käsissä Tekla Structuresilla tulosteiden tekeminen on myös helppoa, mutta vaatii enemmän asetusikkunoiden parissa työskentelyä ja aikaa.

Tässä työssä käytettiin enemmän resursseja teräsbetonirakenteiden mallintamisen tutkimiseen, kuin teräsrakenteisiin. Tämä johtuu siitä, että raudoituksen kanssa on ollut enemmän haasteita ja havaittuja kehitystarpeita näiden mallinnusohjelmien välillä.

Teräsbetonirakenteiden mallintaminen on suotuisempaa Autodesk Revitillä, mikäli rakenteet ovat erikoisempia, ja niihin ei löydy Tekla Structuresista suoraa raudoitusmakroa. Voimme myös olettaa, että teräsrakenteiden mallintaminen on jouhevampaa tehdä Tekla Structuresilla. Tämä johtuu siitä, että Teklalla rakenteiden väliset liitokset omaavat enemmän älykkyyttä ja ovat muutenkin Revittiä kehittyneempiä. Laajemman tuotekehityksen ansiosta taas elementtirakenteiden mallintaminen on kehitetty pidemmälle Rambollilla Tekla Structuresilla kuin Autodesk Revitillä.

Molemmat tietomallinnusohjelmat kykenevät muutoksiin hyvin niin kauan, kun objektit ovat linkitetty toisiinsa. Hankaluuksia voi teettää tilanteet, joissa on jouduttu mallintamaan jokin objekti siten, ettei se mukaudu jonkin toisen objektin parametrien mukaan.

## 8 Pohdinta

Tämän insinööriyön tarkoitus oli saada näkemystä sille, miten Tekla Structures ja Autodesk Revit mukautuvat eri suunnittelutehtäviin oppimishelpouden lisäksi. Vaikka kolme kuukautta oli lyhyehkö aika opetella näitä ohjelmia, niin voin olettaa tulosten olevan kuitenkin jotenkin suuntaa antavia ja kelvollisia. Tätä työtä toki voisi vielä kehittää pidemmän näytön perusteella, kun molemmista ohjelmista on kerätty kunnolla kokemusta.

Tähän työhön lähdettyäni tietomallinnusosaamiseni oli hyvin vähäinen. En ollut koskaan edes kuullut Autodesk Revitistä ennen tähän työhön paneutumista, ja Tekla Structuresia taas olen käyttänyt vain yhden kurssin verran, jossa keskityttiin teräsrakenteisiin. Tämän lisäksi työssä on syytä huomioida se, että kehityin työn aikana huomattavasti yleisesti mallintamisessa. Tämä johti siihen, että kykenin aloittamaan ja tekemään Revitillä mallintamista sujuvammin, sillä minulla oli Teklasta saatua logiikkaa, jota hyödyntää 3D-mallintamiseen lähtiessä. Vaikka ohjelmat ovat erilaisia, jotkin toiminnot niillä ovat hyvin samanlaisia. Tämä tulee huomioida tehdyn mallintamisen tulosten epätarkkuudessa siten, että Revittiä läpi käydessä osasin jo hypätä suuremman mallintamisprojektin kimppuun. Myös huomion arvoinen seikka on se, että Revitin yksinkertaisuus on auttanut minua ymmärtämään Teklan toiminnallista logiikkaa aivan uudella tasolla.

Työn kannalta oleelliset Tekla Structures ja Autodesk Revit-koulutukset jäivät ohjelmien kannalta myöhäiseen paikkaan. Nämä koulutukset olivat siinä vaiheessa, kun olin ehtinyt käyttää molempia ohjelmia ja opetellut perusasiat jo itse. Kuitenkin sain koulutuksista paljon irti ja hyödynsin niitä tämänkin työn kannalta.

Kokeneemman käyttäjän käsissä Tekla Structures voi olla tehokkaampi ohjelma käyttää laajojen makrojensa ansiosta, sillä näiden avulla mallintamisprosessi on nopeampaa. Autodesk Revit taas pitää kaiken yksinkertaisempana ja helpompana kokemattomankin käyttäjän käsissä. Näiden ohjelmien välillä kuitenkin on yksilöeroja ja jokaiselta löytyy omat mieltymyksensä sille, että kumpaa ohjelmaa mieluummin käyttää.

## Lähteet

- 1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012, Osa 1 Yleinen osuus, luettu 21.01.2019.
- 2 Rakennustietosäätiön verkkosivut, Yleisten tietomallivaatimusten ohjeet, [https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset\\_julkaistu.html.stx](https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx), luettu 21.01.2019
- 3 BuildingSmartin verkkosivut, Tietomallintamisen yhteistyöfoorumi, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>, luettu 21.01.2019
- 4 FCG:n verkkosivut, <https://www.fcg.fi/fin/palvelut/tietomallintaminen/>, luettu 21.01.2019
- 5 Rakentajain kalenteri 2017
- 6 Niiranen Riku. 2018. Autodesk Revit -prosessit korjausrakennesuunnittelussa. Helsinki. Insinööritoimisto. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/142808>
- 7 Teklan verkkosivut, <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>, luettu 31.01.2019
- 8 Tuukka Ristola
- 9 Viitanen Ville. 2012. Rakennusmittaukset ja laadunvarmistus Helsinki. Mestarityö. Saatavissa <https://www.theseus.fi/handle/10024/50400>
- 10 Tekla Structuresin verkkosivut, [https://teklastructures.support.tekla.com/2018i/en/int\\_importing\\_to\\_and\\_exporting\\_from\\_TS](https://teklastructures.support.tekla.com/2018i/en/int_importing_to_and_exporting_from_TS), luettu 15.02.2019
- 11 Autodeskin verkkosivut, <https://www.autodesk.fi>, luettu 26.02.2019
- 12 Mikko Raikaa, BIM Consultant, Rambollin Tekla Structures-koulutus

- 13 Rambollin intra-net
- 14 Teklan verkkosivut  
<https://www.tekla.com/fi/suunnitelmasta-todeksi-teklan-ja-autodesk-revitin-avulla>,  
luettu 31.03.2019
- 15 Rambollin Tekla Structures-koulutuksen materiaali
- 16 Ilkka Vaara, BIM Development Manager
- 17 Tekla Structuresin verkkosivut,  
<https://teklastructures.support.tekla.com/support-articles/tekla-structures-2018-hardware-recommendations>, luettu 09.04.2019
- 18 Autodeskin verkkosivut,  
<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2019-products.html>, luettu 09.04.2019
- 19 Riku Niiranen, Suunnittelija
- 20 Kim Vikki, BIM Development Manager