

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Marjo Leppänen

TIETOMALLINNUSOHJELMISTON KÄYTTÖÖNOTTO RAKENNE- JA ELE-  
MENTTISUUNNITTELUTOIMISTOSSA

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2021



OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2021  
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Marjo Leppänen

Nimeke  
Tietomallinnusohjelmiston käyttöönotto rakenne- ja elementtisuunnittelutoimistossa

Toimeksiantaja  
Insinööritoimisto Kantelinen Oy

#### Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tehtiin aloituspohja Autodeskin Revit mallinnusohjelmaan. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Insinööritoimisto Kantelisen tietomallinnusvalmiutta. Aloituspohja toimii myös uuden ohjelmiston käyttöönoton aiheuttaman muutosprosessin tukena.

Opinnäytetyössä määritettiin Revit -ohjelman piirustusasetuksia sekä käsiteltiin ohjelman keskeisimpiä toimintoja rakennesuunnittelun kannalta. Lisäksi työn aikana yhteinäistettiin nimeämiskäytäntöjä sekä muokattiin ja luotiin uusia malliobjekteja vastaamaan parempaa mallinnustasoa.

Yrityksen tietomallinnusvalmiutta kehitettiin tämän työn aikana. Työn lopputuloksena saatiin Revit-ohjelmaan aloituspohja muutoksen tueksi sekä palvelemaan rakenne- ja elementtisuunnittelua mallintaen. Kehitettäväksi jäi paljon toistoa vaativien toimintojen automatisointi.

Kieli  
suomi

Sivuja 40

Asiasanat  
Revit, tietomallinnus, aloituspohja



THESIS  
May 2021  
Degree Programme in Construction  
Engineering

Tikkarinne 9  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. + 358 13 260 600

Author  
Marjo Leppänen

Title  
Commissioning of Building Information Modelling Software in Structural Engineering and  
Element Designing Office

Commissioned by  
Insinööritoimisto Kantelinen Oy

#### Abstract

In this thesis, a starting template was made for Autodesk's Revit modeling program. The aim of the thesis was to develop the information modeling skills of the Insinööritoimisto Kantelinen. The starting template also supports the process of change caused by the introduction of new program.

In the thesis, the drawing settings of the Revit -program were determined and the most important functions of the program from the point of view of structural design were discussed. In addition, naming practices were standardized, and new model objects were modified and created to equal the better modeling quality.

The company's information modeling capabilities were developed during this work. As a result of this thesis, the starting template of the Revit -program was made to support change and serve structure and element design by modeling. The automation of repetitive functions, especially export operations, remained to be developed.

Language  
Finnish

Pages 40

Keywords  
Revit, building information modelling, starting template

# Sisältö

1 Johdanto .....	5
1.1 Työn tavoitteet .....	5
1.2 Toimeksiantaja .....	6
2 Tietomallinnus .....	7
2.1 Ohjeet ja vaatimukset .....	8
2.2 Ohjelmistot .....	10
2.2.1 Suunnitteluohjelmat .....	10
2.2.2 Tarkasteluohjelmat .....	12
3 Mallinnusohjelmiston käyttöönotto .....	14
3.1 Mahdollisuudet .....	14
3.2 Haasteet .....	15
3.3 Aloituspohjan merkitys ohjelmiston käyttöönotossa .....	16
4 Autodesk Revit aloituspohja ja keskeiset toiminnot rakennesuunnittelun näkökulmasta .....	17
4.1 Aloituspohjan luominen .....	17
4.1.1 Yleiset asetukset .....	18
4.1.2 Näkökohtaiset asetukset .....	20
4.2 Materiaali- ja rakennetyyppikirjasto .....	21
4.3 Familyt .....	23
4.3.1 System family .....	24
4.3.2 Loadable family .....	25
4.3.3 In-place family .....	27
4.4 Shared parameters .....	28
4.5 Workshare .....	29
4.6 Mallin sisäisten tuplaobjektien tarkistus .....	30
4.7 Tiedonsiirto tietomallista .....	32
4.7.1 DWG export .....	33
4.7.2 IFC export .....	34
4.8 Tulostus .....	35
4.9 DiRoots .....	36
5 Yhteenveto .....	37
6 Pohdinta .....	38
Lähteet .....	40

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tietomallinnusta, mallinnuksessa käytettäviä ohjelmistoja ja siihen liittyviä vaatimuksia. Ohjelmistot jakautuvat suunnittelu- ja tarkasteluohjelmiin, joista suunnitteluohjelmissa keskitytään erityisesti Autodeskin Revit -mallinnusohjelmaan.

Opinnäytetyössä syvennytään myös siihen, mitä vaikutuksia tietomallinnukseen siirtyminen organisaatiossa aiheuttaa. Lisäksi pohditaan muutoksen aiheuttamia haasteita sekä mahdollisuuksia, mitä uuden toimintatavan käyttöönotto voi tarjota.

Työn toiminnallisena tarkoituksena on luoda rakenne- ja elementtisuunnittelua tekevän yrityksen tarpeisiin räätälöity aloituspohja Revit -ohjelmaan, jonka avulla olisi sujuvaa aloittaa mallintaminen uuden projektin parissa. Aloituspohja toimii alustana, kun uusia projekteja aloitetaan mallintamaan. Aloituspohjaan määritetään Revit -ohjelman asetuksia yrityksen standardien mukaisiksi, pyrkimyksenä helpottaa ohjelman käyttöönottoa sekä parantaa tietomallinnusvalmiutta.

## 1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyössä luodaan mallinnuspohjaista rakennesuunnittelua palveleva aloituspohja, jossa perusasetukset ovat määritetty kohdilleen. Tämän perusteella jokaisen suunnittelijan ei tarvitse aloittaa määrittämisestä alusta uuden projektin alkaessa, vaan tämä aika voidaan panostaa itse suunnittelutyöhön. Aloituspohjaan luodaan valmiiksi eri tasomäärittämiä ja näkymiä, joiden pohjalta mallinnus aloitetaan. Rakennetyyppi- ja materiaalikirjastoihin päivitetään yleisimmin käytetyt tyypit, josta ne tarvittaessa vaivattomasti löytyvät. Myös rakennetyyppi- ja materiaalikirjastojen sekä familyjen, eli koko mallin muodostavien objektien, nimeämiskäytännön yhtenäistäminen kuuluu olennaisena osana

aloituspohjan luomiseen. Nimeämiskäytännön yhtenäistäminen helpottaa käyttäjää löytämään tarvittava kohde, joka puolestaan sujuvoittaa ohjelman käyttöä. Mallinnuksen tarkkuustason nostamiseksi päivitetään tarvittavia objekteja sekä luodaan uusia. Näihin objekteihin lukeutuvat esimerkiksi ikkuna-, parvekeovi- ja yhdistelmäaukko objektit. Kyseisten objektien mallinnustarkkuustasoa parannetaan muun muassa niin, että saadaan määräluettelot tarvittavan puutavaran osalta. Yhdistelmäaukolla tarkoitetaan tässä tapauksessa ikkunan ja oven yhdessä muodostamaa aukkoa. Näkymä- ja tulostusasetusten määrittämisen tavoitteena on pyrkiä nostamaan mallista tuotettujen piirustusten esitystapaa vastaamaan toimiston olemassa olevaa laatutasoa.

Tässä työssä käsitellään myös mallinnusohjelmiston käyttöönoton aiheuttamia haasteita sekä mahdollisuuksia. Tutkitaan, kyetäänkö tämän työn avulla vaikuttamaan muutoksen aiheuttamiin haasteisiin.

## **1.2 Toimeksiantaja**

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimii Insinööritoimisto Kantelinen Oy. Yritys tekee rakenne- ja elementtisuunnittelua uudis- ja saneerauskohteisiin. Toimisto on perustettu Joensuussa vuonna 2003 yhden hengen yrityksenä. Vuoden 2019 kesällä yrityksessä tapahtui sukupolvenvaihdos ja henkilöstön koko on kasvanut kuuteen suunnittelijaan.

Ennen opinnäytetyön aloitusta yritys suoritti mallinnettavat kohteet pääasiallisesti 2D-suunnitteluna AutoCAD -ohjelmistolla ja tietomalli luotiin lisänä näiden suunnitelmien pohjalta, koska tilaaja edellytti sen. Mallista suoraan ei saatu tuotettua vaaditun tasoisia PDF-tulosteita. Rakennemallia kuitenkin hyödynnettiin elementtisuunnittelun tarkistuksessa sekä analyyttisen FEM-mallin luonnissa rakennemitoitusta varten. Tavoitteena on kyetä tuottamaan projektien PDF-kuvat mallista suoraan ilman, että jo totutusta tasosta joudutaan merkittävästi tinkimään. Lisäksi pyritään nostamaan yrityksen mallinnuksen tarkkuudentasoa tasolta 2 tasoon 3 (taulukko 1).

Mallinnuksen tarkkuustaso	Mallinnuksen tarkkuustason kuvaus
1	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein.
2	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden kokonaismäärät selviävät mallista. Rakenteet elementoidaan.
3	Mallinnetaan tyyppielementit ja tyyppi paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanoista tehdään betonielementtejä vastaavat mallikokoonpanot liitoksineen (liittopilareihin myös raudoitteet). Muut osat mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen ja valutarvikkeeseen.
4	Mallinnetaan elementit ja paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanot mallinnetaan konepajatasolle (liittopilareihin myös raudoitteet). Paalutarkkeet siirretään malliin ja paalut mallinnetaan toteuman mukaan.

Taulukko 1. Mallinnuksen tarkkuustasot (YTV2012 osa 5. täydentävä liite)

## 2 Tietomallinnus

Tietomalli on tietokoneella luotu kolmiulotteinen malli, josta saadaan geometriatietojen lisäksi myös mallissa esiintyvien objektien ominaisuustietoja. Rakennesuunnittelun näkökulmasta rakennuksen tietomalli koostuu rakennemallista, joka sisältää kantavan rungon geometriatiedon ja kyseisten rakenneosien ominaisuustiedon. Ominaisuustiedot suunnittelija määrittää itse kyseiseen malliin sopiviksi. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 12–13.)

Rakennuksen tietomalli BIM (Building Information Model) koostuu eri suunnitteluhaarojen suunnittelumalleista. Rakennushankkeen edetessä suunnitelmat tarkentuvat ja näin ollen mallin tietosisältö myös täsmentyy. Tätä sisältöä hyödynnetään määrä- ja kustannuslaskennassa. Kustannuslaskennan kannalta on oleellista määrittää halutun tiedon tuomisen aikataulu malliin, koska materiaalitietojen täsmentyessä suunnittelun edetessä myös materiaalien kustannustiedot tarkentuvat. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 15–16.)

Tietomallihankkeissa yhteistyö on avainsana onnistuneeseen lopputulokseen. Kaikille osapuolille tulee olla selvää, milloin ja mitä tietoa mallista on löydyttävä. Esisuunnitteluvaiheessa luodaan tietomallinnussuunnitelma, josta käy järjestelmällisesti ilmi mallissa käytettävät toimintatavat ja siihen kohdistuvat vaatimukset. Tilaajan vastuulla on nimetä tietomallikoordinaattori hankkeeseen heti

hankkeen alkuvaiheessa. Tietomallikoordinaattori on asiantuntija, joka valvoo ja ohjaa tietomallinnusprosessia sekä yhdistää suunnittelijoiden luomat mallit. Eri osapuolilla voi tilaajan tietomallikoordinaattorin lisäksi olla omia tietomalliasiantuntijoita. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 16–17.)

## **2.1 Ohjeet ja vaatimukset**

Rakennesuunnittelun asiakirjaohjeessa on määritelty rakennepiirustusten yleiset ohjeet ja esitystavat. Esitystapojen yksinkertaistaminen voi olla väistämättömyyttä mallipohjaisessa suunnittelussa, mutta tällöin voidaan täsmentää haluttuja asioita tekstiosioilla. Näin piirustusten luettavuus säilytetään hyvällä tasolla. (Aaltonen 2013, 85.)

Tietomallipohjaisen talonrakennushankkeen epävirallisena standardina mallinnukselle voidaan pitää Yleisiä tietomallinnusvaatimuksia 2012 (YTV2012), joista selviää miksi, miten ja mitä mallinnetaan. Mallinnuspohjaisen rakennushankkeen toimivuuden edellytys on yhteiset ohjeet kaikille hankkeen osapuolille, mistä käy ilmi tilaajan mallinnukselle sekä mallien tietosisällölle ja tarkkuustasoille asettamat vaatimukset hankkeen eri vaiheissa. YTV2012 toimii hyvänä ohjenuorana tässä tapauksessa. Niissä on määritelty vähimmäisvaatimukset mallinnuksen suhteen, mutta lisävaatimuksia voidaan tapauskohtaisesti täydentää. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 34.)

Mallinnuksessa noudatetaan julkaisusarjaa *Yleiset tietomallivaatimukset 2012*, jonka osat ovat:

Osa 1. Yleinen osuus (Versio 1.0) (RT 10-11066, LVI 03-10488)

Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus (Versio 1.0) (RT 10-11067, LVI 03-10489)

Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu (Versio 1.0) (RT 10-11068, LVI 03-10490)

Osa 4. Talotekninen suunnittelu (Versio 1.0) (RT 10-11069, LVI 03-10491)

Osa 5. Rakennesuunnittelu (Versio 1.0) (RT 10-11070, LVI 03-10492)

Osa 6. Laadunvarmistus (Versio 1.0) (RT 10-11071, LVI 03-10493)

Osa 7. Määrälaskenta (Versio 1.0) (RT 10-11072, LVI 03-10494)

Osa 8. Mallien käyttö havainnollistamisessa (Versio 1.0) (RT 10-11073, LVI 03-10495)

Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä (Versio 1.0) (RT 10-11074, LVI 03-10496)

Osa 10. Energia-analyysit (Versio 1.0) (RT 10-11075, LVI 03-10497)

Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen (Versio 1.0) (RT 10-11076, LVI 03-10498)

Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana (Versio 1.0) (RT 10-11077, LVI 03-10499)

Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa (Versio 1.0) (RT 10-11078, LVI 03-10500)

Osa 14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa (Versio 1.0) (RT 10-11079, LVI 03-10501)

Kuva 1. Yleisten tietomallinnusvaatimusten 2012 osat 1–14. (Kuva: RT 10-11211, 2016, 1)

Yleisiin tietomallivaatimukseen kuuluu 14 eri osaa (kuva 1), joista osat 1–13 ovat valmistuneet vuonna 2012 ja osa 14 pari vuotta myöhemmin. Vuonna 2016 osia 3, 4 ja 5 on tarkennettu liitteiden muodossa. Building Smart Finland ylläpitää YTV:tä Suomessa ja kyseinen järjestö on myös julkaissut ne liitteineen nettisivuillaan. YTV2012 on julkaistu myös RT-kortistossa kortteina RT10-11066–RT 10-11079. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 34.)

## 2.2 Ohjelmistot

Tietomallinnushankkeissa tarpeellisia ohjelmia itse suunnitteluohjelman lisäksi ovat tarkasteluohjelmat, mallia hyödyntävät projektihallintaohjelmistot sekä simulointi- ja analysointiohjelmat. Alkuperäisistä malleista täytyy olla mahdollista luoda *IFC* (Industry Foundation Classes) -tiedosto, jotta kaikkien osapuolten ohjelmistoilla luodut mallit toimivat mahdollisimman hyvin yhteen. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 38–39.)

### 2.2.1 Suunnitteluohjelmat

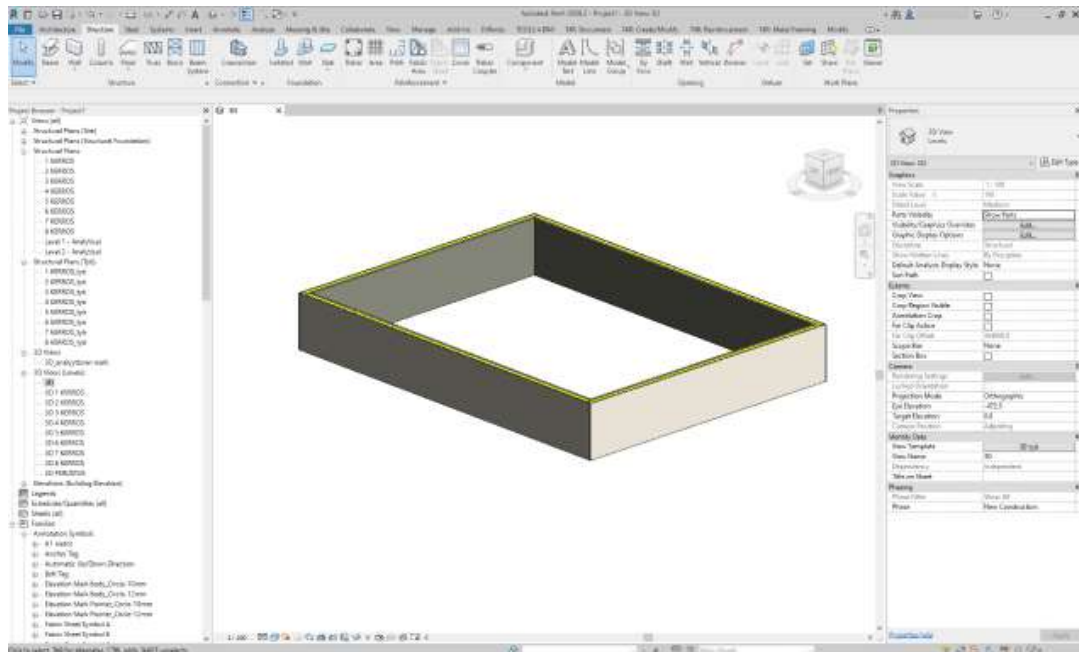
Eri alojen suunnittelijoille on tarjolla useita oman alan suunnitteluohjelmia. Tietomallihankkeissa jokainen suunnittelija luo omalla ohjelmistollaan suunnittelumallin, josta luodaan IFC-malli. IFC-mallin avulla jokaisen suunnittelualan mallit voidaan yhdistää esimerkiksi törmäystarkastelua varten. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 39.)

Rakennesuunnittelussa käytettäviä ohjelmistoja ovat esimerkiksi:

- Tekla Structures
- Revit Structure
- Vertex BD
- CADS Planner House
- Nemetschek Allplan Engineering.

Suomessa suosituimpiin lukeutuvat Tekla Structures ja Revit Structure (kuva 2). Nämä ohjelmistot soveltuvat betoni- ja teräsrakenteiden suunnitteluun sekä jossain määrin puurakenteiden suunnitteluun. Vertex BD- ja CADS House -ohjelmissa on otettu huomioon suomalaisen käyttäjän tarpeet, koska ne ovat suomalaisten ohjelmistotalojen työn tulos. Vertex BD soveltuu puurakenteiden suunnitteluun niin talopaketti kuin hirsitalotoimittajille sekä puukerrostalojen rakennesuunnitteluun. CADS House -ohjelma soveltuu lähinnä pientalosuunnitteluun. Nemetschek Allplan Engineering -ohjelma ei ole Suomessa niin yleinen, kuin

muut mainitut. Tämän ohjelmiston vahvuus on haastavien paikallavalurakenteiden suunnittelu. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 39–41.)



Kuva 2. Esimerkinäkymä Revit -ohjelmasta.

Rakennustuotanto hyödyntää enenevässä määrin rakennemallinnusohjelmistosta saatavaa informaatiota. On mahdollista siirtää tietoa tuotannon- ja resurssisuunnittelujärjestelmiin automaattisesti, joka vähentää työmäärän lisäksi virheiden riskiä. Myös ajantasaiset piirustukset saadaan aina niiden päivittyessä mallin mukana. Mallista saatavat tiedot jouduttavat lisäksi määrälaskentaa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 39–40.)

Detalji- ja komponenttikirjastot ovat tärkeä osa tietomallipohjaista rakennesuunnittelua. Ilman Suomessa käytettävien liitosten ja valmisosien komponentteja suunnittelutyö on tehotonta, erityisesti betonielementtirakenteiden parissa. Nykyisin valmistajilla on tarjolla laajat komponenttikirjastot, erityisesti teräs- ja betonirakenteissa. Puurakenteissa valikoima on rajallisempi, mutta lisääntymään päin. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 40.)

## 2.2.2 Tarkasteluohjelmat

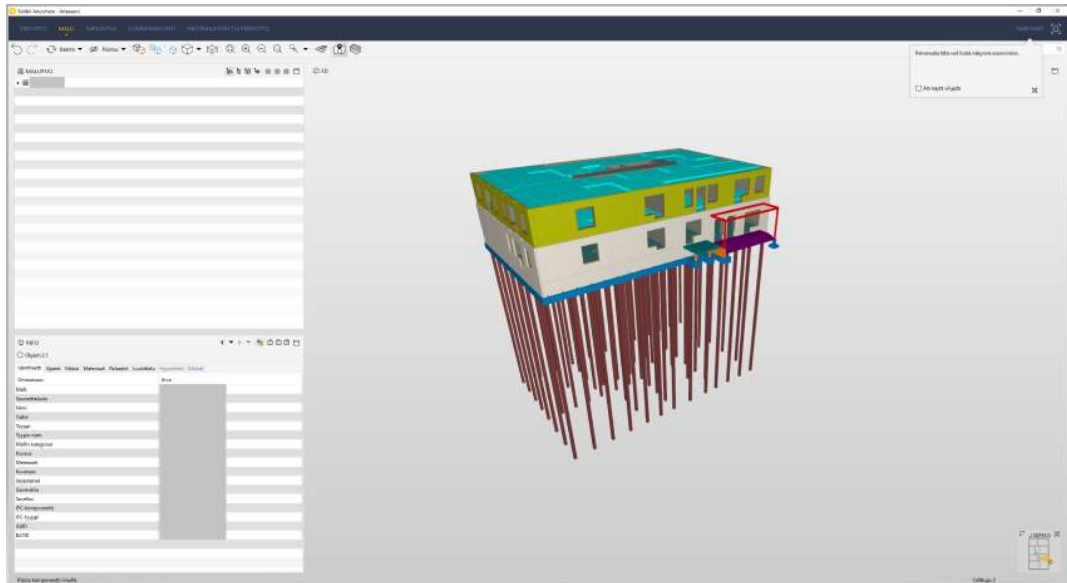
Tarkasteluohjelman avulla voidaan katsoa mallia ja tutkia mallin tietosisältöä. Ohjelmien peruskäytön oppii usein hyvinkin nopeasti, mutta keskinäisiä soveltuvuuseroja löytyy. Ohjelmistoja löytyy maksullisena ja veloituksettomina. Kaikki mainitut ohjelmistot tukevat IFC-tiedonsiirtoa sekä ohjelmistokohtaisesti muita tiedostomuotoja. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 42.)

Esimerkkejä tarkasteluohjelmista:

- Solibri Office (ent. Solibri Model Checker)
- Solibri Anywhere (ent. Solibri Model Viewer)
- Trimble Connect (ent. Tekla BIMsight)
- Autodesk Navisworks.

Solibri Office on maksullinen mallien katseluohjelma, jolla voidaan suorittaa suunnittelumallista tehdyn IFC-tiedoston tarkastus sekä useiden eri mallien välinen törmäystarkastelu. Ohjelmaan on mahdollista ladata myös DWG-tiedostoja (AutoCADin natiivitiedostomuoto). Suunnittelumallien oikeellisuuden sekä keskinäisen yhteensopivuuden tutkiminen ovat tämän ohjelman vahvuudet. Ohjelmasta saadaan myös informaatiota muun muassa määrälaskentaa varten. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 40.)

Solibri Anywhere (kuva 3) on edellä mainitun ohjelman maksuton versio ja näin ollen osaa toiminnosta on rajoitettu. Ohjelma on suunniteltu pääasiassa yhdistelmämallien tarkasteluun ja on tämän vuoksi soveltuva työmaakäyttöön. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 44.)



Kuva 3. Esimerkinäkymä ohjelmasta Solibri Anywhere.

Trimble Connect on ilmainen tarkasteluohjelma, joka on paria poikkeusta lukuun ottamatta Solibri Officeen kaltainen. Trimble Connect kykenee lukemaan useampia tiedostomuotoja kuin Solibri Office, mutta ohjelmasta ei puolestaan saada tietoa määrälaskentaa varten. IFC-mallin mukana tuleva tieto saadaan yksittäisestä mallin osasta, mutta ei esimerkiksi taulukkomuodossa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 45.)

Autodesk Navisworks on useista ohjelmista koostuva tuoteperhe, joiden avulla voidaan luoda yhdistelmämalli, eli yhdistetään useita malleja, sekä tehdä törmäystarkasteluja. Maksuttomalla Freedom -ohjelmalla onnistuu mallien katselu. Tätä ohjelmaa voidaan hyödyntää aikataulujen luomisessa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 45–46.)

Lisäksi suunnitteluohjelmien toimittajilta löytyy omille ohjelmille soveltuvia katse-  
luohjelmia. Myös näissä ohjelmissa on tyypillistä, että maksuttomalla versiolla on mahdollista katsella mallia ja maksullisessa versiossa käyttömahdollisuudet ovat laajemmat. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 47.)

### 3 Mallinnusohjelmiston käyttöönotto

Mallinnusohjelmiston käyttöön siirtyminen aiheuttaa suuren muutoksen organisaatiossa. Muutosprosessin suunnitelmallisuus helpottaa prosessin läpivientiä. Uusi työskentelytapa voi tuoda työhön uutta mielekkyyttä ja innostusta, mutta myös ongelmien ilmaantuessa paluu vanhaan jo opittuun tapaan houkuttelee. Muutoksen läpiviennissä on tärkeää, että kaikki osalliset ovat tietoisia mitä muutos tuo tullessaan ja mikä heidän roolinsa on muutoksen aikana sekä sen jälkeen. Myös mahdollisuus vaikuttaa muutokseen luo motivaatiota päämäärän saavuttamiseksi. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 84.)

#### 3.1 Mahdollisuudet

Tietomalleihin perustuvien ohjelmistojen merkittävä etu on muutosten hallinta. 2D-piirto-ohjelmia käytettäessä yksi muutos voi pahimmillaan vaatia lukuisien eri piirustusten päivittämistä manuaalisesti ja tämä nostaa virheiden mahdollisuutta. Tietomalliin tehtävät muutokset puolestaan päivittyvät automaattisesti kaikkeen informaatioon, mitä kyseinen objekti tuottaa. Näihin lukeutuvat eri näkymät, piirustukset ja luettelot. (Hietanen 2005, 71.) Lisäksi jokaisen mallin objektin sisältämä älykäs data on tilaajan, rakentajan sekä rakennuksen loppukäyttäjän hyödynnettävissä (Kantelinen 2021).

Mallipohjaisessa suunnittelussa eri alojen suunnitelmat voidaan sovittaa yhteen, jolloin vältytään yhteentörmäyksiltä. Myös haastavien kohtien, kuten esimerkiksi liitosten ja detaljien tarkastelu on havainnollisempaa mallista. Tämän seurauksena työmaan sujuvuus paranee ongelmatilanteiden ja jälkitöiden, kuten piikausten ja sahausten, vähetessä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 57.)

Tietomallintavan rakenne- ja elementtisuunnittelun myötä mahdollistuu paremman palvelun tuottaminen asiakkaalle, mikä puolestaan nostaa yrityksen kilpailukykyä. Jo itsessään havainnollinen suunnitelma, jota on helpompi ja nopeampi tulkita, antaa myös asiakkaalle hyvän laatuvaikutelman suunnittelutyöstä.

Paremmen palvelun tuottamiseen sisältyy muun muassa tietomallista saatava informaatio, jonka avulla asiakkaan on mahdollista suorittaa määrälaskentaa sekä kustannusohjausta säästämällä omia resurssejaan. Mallinnuksen avulla mekaanisten toimintojen, kuten rakenteiden elementoinnin ja valutarvikkeiden lisäämisen automatisointi säästää suunnittelutoimiston resursseja. Säästyneitä resursseja voidaan puolestaan keskittää parempien palvelujen tarjoamiseen asiakkaalle. (Kantelinen 2021.)

Kolmiulotteisen mallin avulla on helpompi havainnollistaa suunnitteluratkaisuja, varsinkin jos ei ole harjaantunut lukemaan rakennepiirustuksia. Erityisen haastavien rakenteiden parissa mallista voi olla hyötyä kokeneemmallekin suunnittelijalle. Rakennemalli voi auttaa ja nopeuttaa myös uutta suunnittelija perehtymään rakennesuunnittelijan tehtäviin. (Kantelinen 2021.)

### **3.2 Haasteet**

Mallinnusohjelmiston käyttöönottovaiheessa voidaan usein kokea turhautumista törmätessä ohjelman rajoittuneisiin toimintoihin. Rajoitukset voivat johtua käyttäjän kokemattomuudesta ohjelman parissa. Käyttäjä ei osaa suorittaa ohjelmalla oikeita komentoja päästäkseen haluttuun lopputulokseen. Uuden ohjelmiston parissa työskennellessä tulee myös varautua muutoksiin jo totutuista toimintatavoista. Ohjelmiston toimintaperiaate tulisi ymmärtää, jotta osataan lähestyä ongelmakohtia oikealta kantilta. Täysin käyttäjälle valmista mallinnusohjelmistoa, kun ei ole olemassa. (Hietanen 2005, 84.)

Kuitenkin yhtenä suurimpana haasteena ainakin pienelle yritykselle ilmenee uuden työskentelytavan vaatima aika- ja rahapanos, joita siirtymä edellyttää tutkimustyön ja koulutuksen osalta. Mallinnuspohjaisen suunnitteluprosessin läpivientiin sisältyy ohjelmiston asetusten määrittäminen niin, että ohjelmistolla työskentely on mahdollisimman tehokasta lopputuloksen laadusta tinkimättä. Tämä on merkittävin tekijä ajallisesti, mutta myös kaikkien suunnittelijoiden kouluttaminen työskentelemään tuottavasti ohjelmiston parissa vaatii oman osuutensa. Etenkin pienessä yrityksessä siirtymävaihe näkyy tuottavan työn

merkittävänä laskuna. Muutaman suunnittelijan organisaatiossa yhden työntekijän keskittyminen kehitystyöhön laskee laskutettavan työn osuutta prosentuaalisesti suuren osan merkittävän pitkäksi aikaa. On kuitenkin haastavaa rakentaa uutta täysin mallinnuspohjaista työskentelyprosessia yhden hengen voimin, vaan muutoksen läpiviennissä tulisi hyödyntää useamman henkilön vahvuuksia, osaamista ja työkapasiteettia sekä edetä pienempien osatavoitteiden kautta lopputulokseen. (Kantelinen 2021.)

Kustannuksiltaan mallinnusohjelmistojen ylläpitokustannukset voivat olla jopa kymmenkertaiset verrattuna 2D-suunnitteluohjelmistoihin, riippuen ohjelmistomittajista ja -tuotteista. Tähän on huomioitu myös mallinnukseen liittyvät oheisohjelmat, kuten IFC-mallien tarkastelu- sekä raportointiohjelmat. Mallintavaan suunnitteluun siirryttäessä tulee asiakkaiden kanssa käydä läpi kasvaneet menot sekä vastuut kattavamman tiedon oikeellisuudesta, joiden vastineeksi voidaan tilaajalle tarjota uudistuneita etuja. (Kantelinen 2021.)

### **3.3 Aloituspohjan merkitys ohjelmiston käyttöönotossa**

Aloituspohjan luominen ja ylläpito on yksi tärkeimmistä asioista mallinnusohjelmiston käyttöönoton yhteydessä. Aloituspohjan avulla lisätään tehokkuutta ja ylläpidetään organisaation omia standardeja esitystavoissa, kuten esimerkiksi viiva- ja tekstityyleissä. (Massey 2016, 1–4.) Aloituspohjan käyttö voi myös mataltaa uuden käyttäjän kynnystä aloittaa mallinnusohjelmalla työskentely, koska kaikkia asetuksia ei tarvitse itse alusta asti muokata vaan ne ovat valmiiksi määritetty.

Aloituspohjaan määritetään kullekin näkymälle omat asetukset, jotka osaltaan lisäävät tehokkuutta suunnittelutyön osalta. Myös käytettävien objektien nimeämistavalla voidaan vaikuttaa tehokkuuteen. Nimeämistapa tulisi miettiä niin, että se kuvastaisi hyvin kyseistä objektia, mutta mahdollisimman lyhyesti. Näin vältetään etsimiseen käytettyä turhaa ajankäyttöä. Yleisimmin käytetyt objektit sisällytetään aloituspohjaan, jolloin niitä ei tarvitse jokaiseen projektiin erikseen

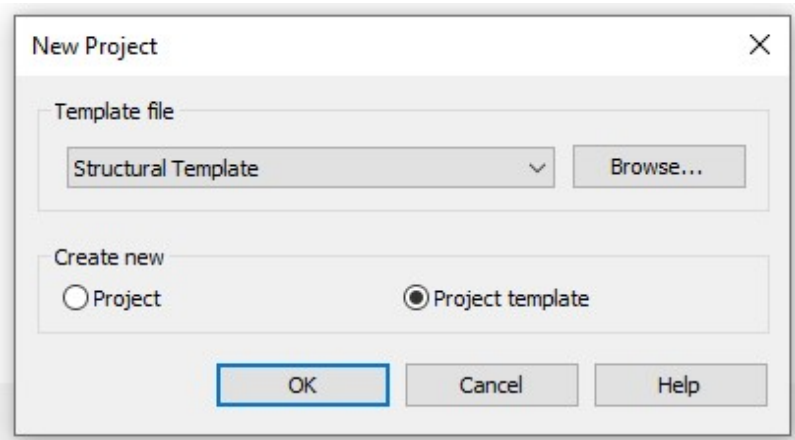
hakea. Harvemmin käytettävät objektit arkistoidaan tyypeittäin niin, että ne on helppoa etsiä ja ladata tiedostosta. (Massey 2016, 5–6.)

## 4 Autodesk Revit aloituspohja ja keskeiset toiminnot rakennesuunnittelun näkökulmasta

Autodeskin Revit -mallinnusohjelmalla on mahdollista aloittaa työskentely valmiilta pohjalta, johon voi valita sopivan arkkitehti-, rakenne- tai LVIS-suunnittelun pohjan. Jokaisessa pohjassa asetuksia on määritelty niin, että ne palvelevat yleisesti kunkin suunnittelualan tarpeita. On mahdollista aloittaa myös täysin tyhjältä pohjalta tai luoda omiin tarpeisiin sovellettu aloituspohja. Seuraavaksi käsitellään rakennesuunnittelua sekä organisaation tarpeita palvelevan aloituspohjan tekoa sekä sen käyttöön liittyviä keskeisimpiä toimintoja.

### 4.1 Aloituspohjan luominen

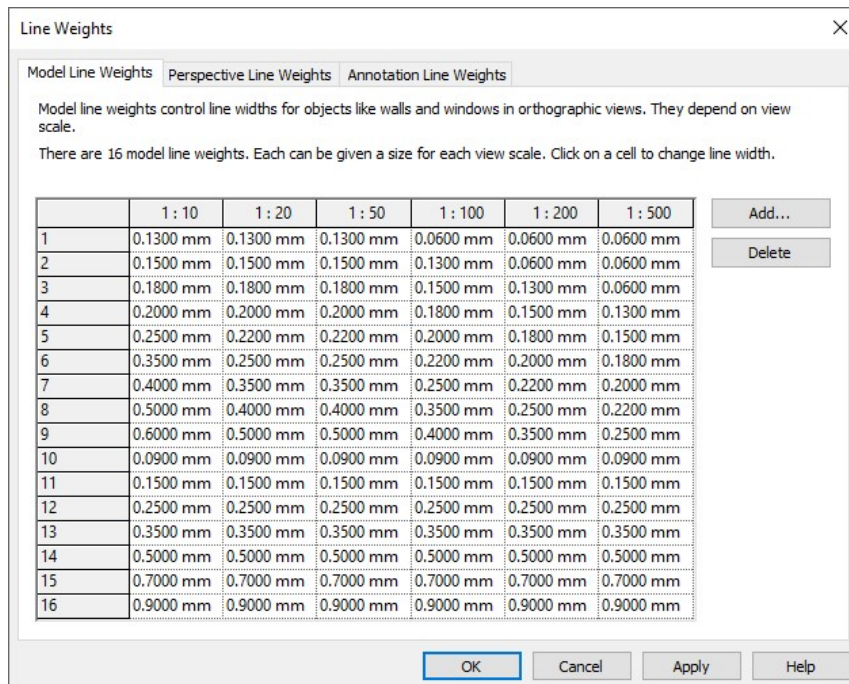
Uuden aloituspohjan eli templatien luominen aloitetaan avaamalla uusi projekti. Valitaan pohjaksi Structural Template ja luodaan siitä uusi Project Template (kuva 4). Kun uusi template on avattu, tallennetaan tiedosto valitulla nimellä valittuun sijaintiin.



Kuva 4. Uusi template.

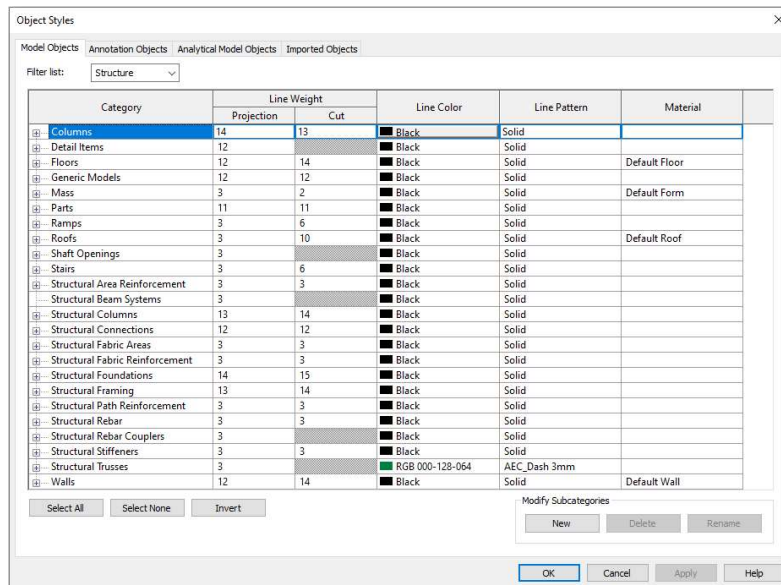
### 4.1.1 Yleiset asetukset

Aluksi aloituspohjaan määritetään Manage -välilehdeltä Additional Settingsin kautta viivapaksuudet- ja tyypit vastaamaan haluttua esitystapaa. Numeroille 1–16 voidaan määrittää eri viivapaksuudet eri mittakaavoissa (kuva 5).



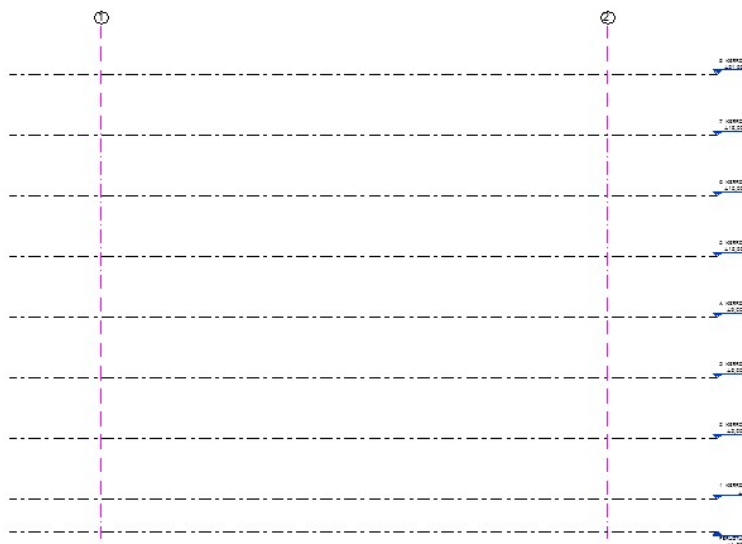
Kuva 5. Viivapaksuudet.

Tämän jälkeen samaiselta välilehdeltä Object Styles -ikkunan Model Objects -välilehdeltä voidaan säätää viivatyytit, -paksuudet sekä värit kategorioittain. Viivatyytin paksuutta on mahdollista eritellä leikkaus- ja projektiönäkymän kesken (kuva 6). Object Stylesin kautta säädetään myös Annotation Objects -viivatyytit, joihin lukeutuvat muun muassa erilaiset tagit ja symbolit. Analytical Model Objects -viivatyytit vaikuttavat analyttisen mallin viivoihin. Imported Objects -viivatyytit vaikuttavat ulkopuolisista tiedostoista malliin tuotujen objektien viiva-asetuksiin.



Kuva 6. Object Styles.

Aloituspohjaan asetetaan valmiiksi myös moduuliverkko ja tasot (kuva 7), joita uuden projektin aloittaja voi säätää halutusti projektin mukaan. Moduuliverkon moduuliviivoja lisätään jokaiselle kantavalle seinälinjalle sekä tasot asetetaan kerroslukumäärän ja -koron mukaan oikeille paikoilleen.



Kuva 7. Tasot ja moduuliviivat.

Mittaviivojen asetuksia voidaan myös muuttaa organisaation tai asiakkaan toiveiden mukaisiksi, editoimalla mittaviivan tyyppiä. Visuaalista esitystä on mahdollista muokata Type Propertiesin kautta.

#### 4.1.2 Näkymäkohtaiset asetukset

Yleisten asetusten lisäksi aloituspohjaan tehdään useita näkymäkohtaisia malleja eli View Templateja. Rakennesuunnittelun kannalta katsottuna näitä tehdään omansa 3D-mallille, tasokuville, perustuskuvalle ja eri leikkauksille. Selkeyden vuoksi tehdään jokaiselle oma näkymämalli työskentelyä sekä tulostusta varten. Syynä tähän on esimerkiksi, se että työskentelynäkymässä halutaan nähdä referenssikuva, jota puolestaan ei kaivata tulostusnäky-mään. Tässä työssä luodaan näkymämallit myös elementtikuvia varten. Yhteensä View Templateja tehdään 15 kappaletta ja tulevaisuudessa tarpeen mukaan lisää.

Näkymämalleissa voidaan korostaa tai häivyttää haluttuja asioita V/G Overrides valikkojen kautta. Nämä säädöt yliajavat Objects Stylesin kautta tehdyt asetukset ja näistä valikoista V/G Overrides Filters on hallitsevin. Mikäli tiettyjä näkymäasetuksia halutaan muokata projektiympäristössä, mutta silti käyttää näkymämallia, voidaan vapauttaa Include -valinta näkymämallin asetuksista (kuva 8). Tämän jälkeen kyseistä asetusta on mahdollista säätää projektiympäristössä. Tässä työssä View Range -asetus vapautetaan Include -valinnasta, jolloin tasokuvan katselusyvyyttä voidaan säädellä projektiympäristössä.

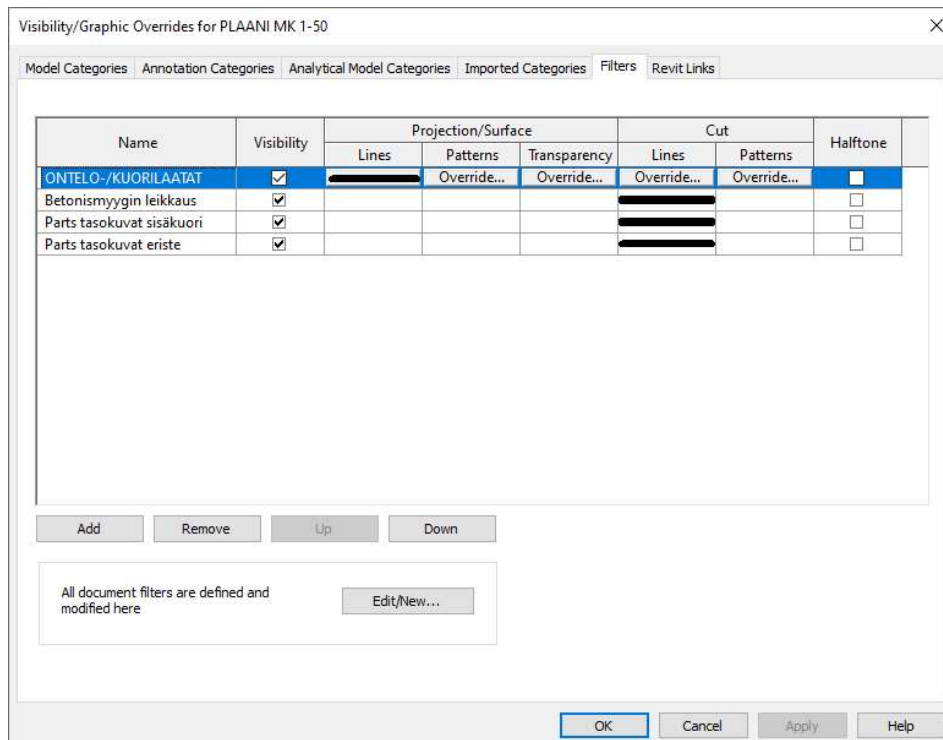
View properties

Number of views with this template assigned: 8

Parameter	Value	Include
View Scale	1 : 50	<input checked="" type="checkbox"/>
Scale Value 1:	50	
Display Model	Normal	<input checked="" type="checkbox"/>
Detail Level	Medium	<input checked="" type="checkbox"/>
Parts Visibility	Show Parts	<input checked="" type="checkbox"/>
V/G Overrides Model	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
V/G Overrides Annotation	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
V/G Overrides Analytical Model	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
V/G Overrides Import	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
V/G Overrides Filters	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
Model Display	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
Shadows	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
Sketchy Lines	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
Lighting	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
Photographic Exposure	Edit...	<input checked="" type="checkbox"/>
Underlay Orientation	Look up	<input checked="" type="checkbox"/>
View Range	Edit...	<input type="checkbox"/>
Orientation	Project North	<input checked="" type="checkbox"/>
Phase Filter	Show All	<input checked="" type="checkbox"/>
Discipline	Structural	<input checked="" type="checkbox"/>
Show Hidden Lines	All	<input checked="" type="checkbox"/>
Depth Clipping	No clip	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 8. View Templaten eli näkymämallin asetukset.

V/G Overrides Filters eli suodattimet (kuva 9) mahdollistavat jonkin tietyn tai tiettyjen kategorioiden näkyvyyden säätelyn eri parametrien perusteella. Suodattimien sääntöjen perusteella valituille objekteille on mahdollista säätää omat viivapaksuudet ja -tyypit sekä objektin pinnan kuviointi leikkaus- ja projektiönäkymissä. Objektien näkyvyyden saa myös päälle/pois päältä tai siihen voi asettaa läpinäkyvyyttä asteikolla 1–100.

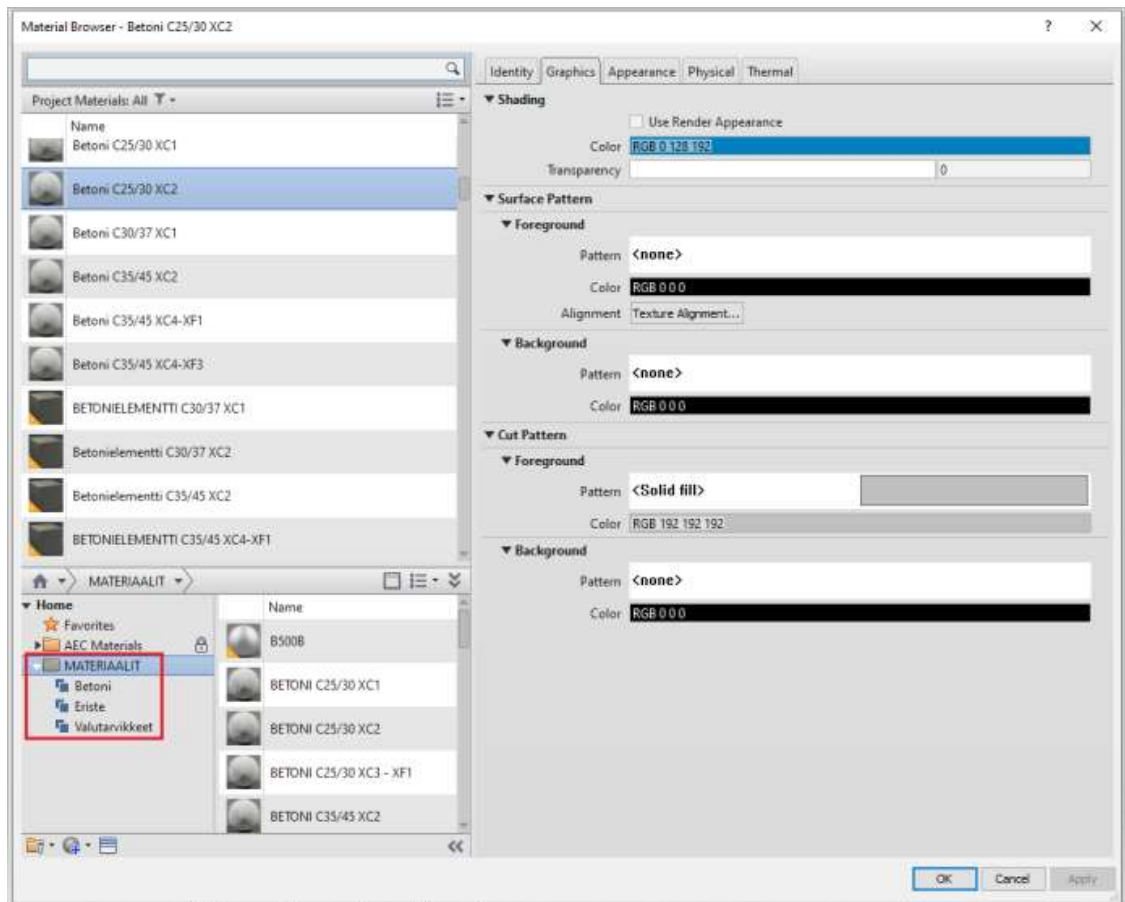


Kuva 9. Templateen tehdyt suodattimet.

## 4.2 Materiaali- ja rakennetyyppikirjasto

Organisaatiolle luodaan oma materiaalikirjasto, johon sisällytetään projekteissa käytettävät materiaalit. Materiaalikirjastoa varten luodaan tekstitiedosto, jonne materiaalit nimetään halutulla tavalla. Tekstitiedoston ansiosta materiaalit ovat vaivattomasti haettavissa uusiin projekteihin. Materiaaleille määritetään graafiset asetukset sekä fysikaaliset ominaisuudet kohdilleen. Kirjaston luokittelu on järkevää tehdä esimerkiksi materiaalien ominaisuuksien mukaan, jolloin ne ovat helposti löydettävissä. Materiaalikirjastoa hyödynnetään familyjen komponenttien ominaisuuksien määrittämisen yhteydessä.

Kuvassa 10 nähdään Revit -ohjelmaan ohjattu ulkopuolinen tekstitiedosto nimeltään MATERIAALIT. Tiedosto luokitellaan materiaalien mukaan, joita kyseinen tiedosto sisältää, kuten Betoni, Eriste sekä Valutarvikkeet. Esimerkkinä Betoni kansioista löytyy eri lujuus- ja rasitusluokiteltuja paikallavalubetoneja sekä betonielementtejä.



Kuva 10. Materiaalikirjasto.

Materiaalit määritellään esimerkiksi seinärakenteelle kerroksittain, kuten kuvassa 11 nähdään. Kuvassa 11 rakennetyyppinä on julkisivuelementti, jossa sisäkuorelle, eristeelle ja ulkokuorelle on määritetty omat materiaalitiedot.

Layers					
EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Finish 1 [4]	BETONIELEMENTTI C35/45 XC4-XF1	110.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Thermal/Air Layer [3]	EPS- Grafiitti	180.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Structure [1]	BETONIELEMENTTI C30/37 XC1	160.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INTERIOR SIDE					

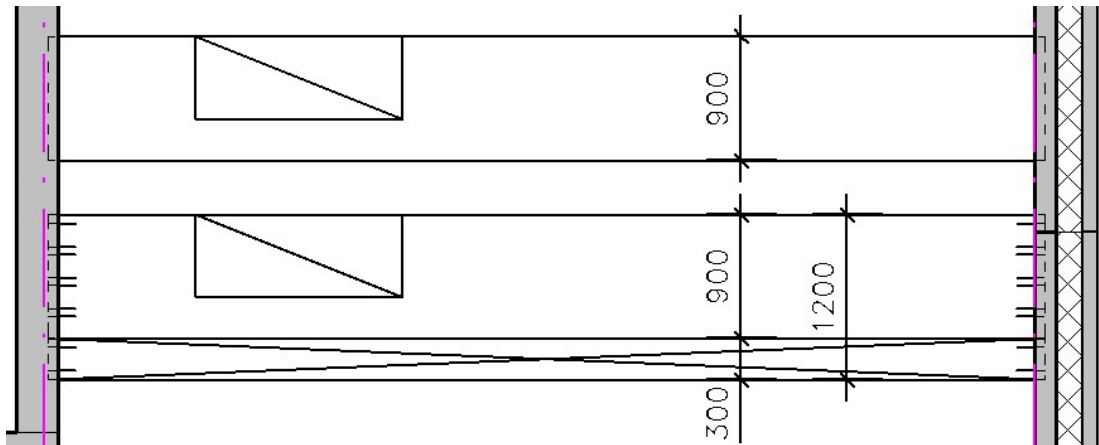
Kuva 11. Julkisivuelementin materiaali määrittäminen.

Yleisimmin käytettyjen rakennetyyppien määrittäminen valmiiksi nopeuttaa mallintamistyön tekemistä. Mikäli rakennetyyppejä ei halua sisällyttää aloituspohjaan, on mahdollista luoda niille oma Revit -tiedosto, joka ei sisällä mitään muuta. Rakennetyyppien siirto haluttuun projektiin onnistuu Manage -välilehdeltä Transfer Project Standard -toiminnolla tai kopioimalla leikepöydän kautta. Aloituspohjaan ei suositella sisällytettäväksi mitään muuta, kuin jokaisessa projektissa toistuvat asiat, jotta vältetään tiedoston koon paisuminen liian suureksi (Massey 2016, 10).

### 4.3 Familyt

Familyt ovat objekteja, joista malli muodostuu. Rakennesuunnittelun näkökulmasta olennaisimpiin lukeutuvat muun muassa seinät eli walls, lattiat eli floors ja anturat eli structural foundation sekä muut kantavat rakenneosat, kuten palkit eli structural framing ja pilarit eli structural columns. Familyt muodostuvat asetetuista parametreista sekä graafisesta esityksestä. Revitissä erilaisia family -tyyppejä on kolme: system, loadable ja in-place. Organisaation tarpeita palvelevia familyjä voidaan itse rakentaa ja useiden erilaisten projektien myötä havainnollistuu niiltä kaivatut ominaisuudet. Familyjen nimeäminen tulee olla havainnollistava, jotta niiden löytäminen on vaivatonta. (Autodesk Knowledge Network 2020a.) Familyille asetetaan valmiiksi usein toistuvat parametriarvot. Esimerkkinä tällaisista arvoista voidaan mainita esimerkiksi rakenneosien luokittelu Talo2000- tai asiakkaan oman luokittelujärjestelmän mukaan.

Familyjen luomisessa on mahdollista vaikuttaa näkyvyysasetuksiin. Eri näkyvyystasojille, joita ovat fine, medium ja coarse, voidaan määrittää asiat, joita kussakin halutaan esittää. On mahdollista ohjata myös Visibility -parametri haluttuille osille, jolloin kyseisen osan näkyvyys saadaan pois/päälle -painikkeen kautta projektiympäristössä.



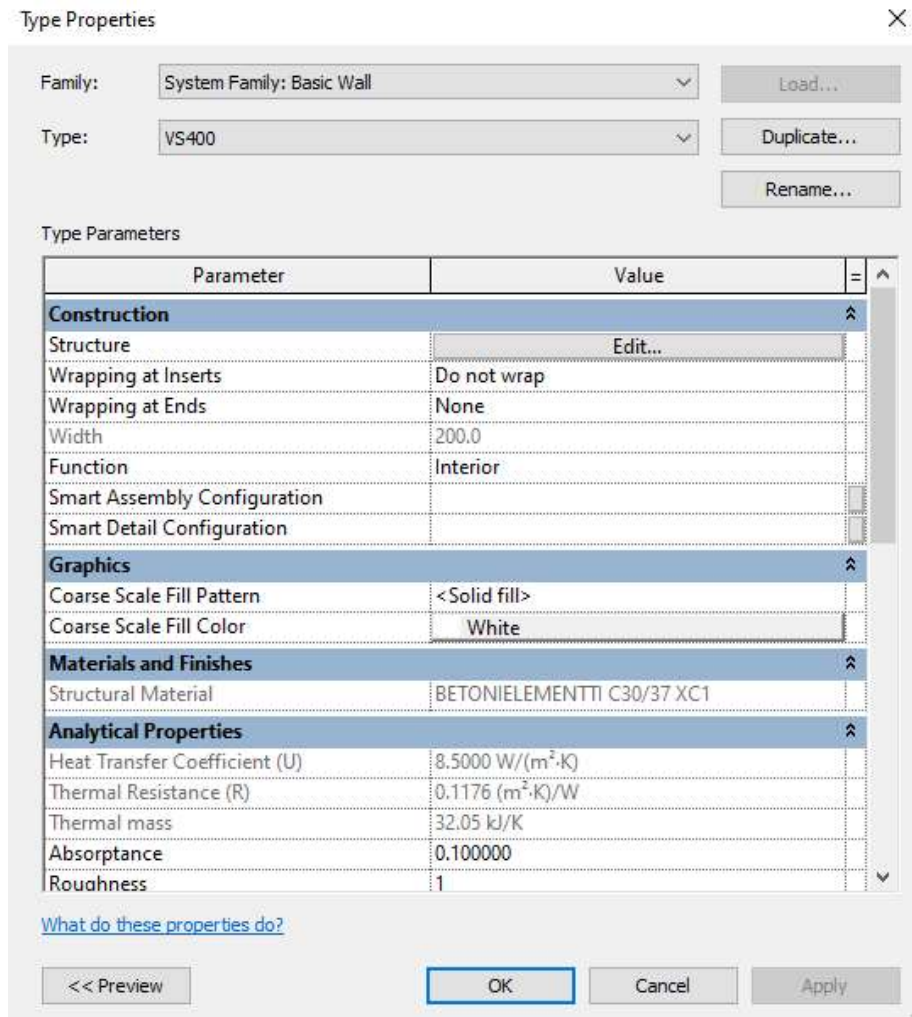
Kuva 12. Ontelolaatat luotu samalla familylla, mutta eri näkyvyysasetuksilla. Ylemmässä ontelolaatassa kavennuksen sekä onteloiden päiden näkyvyys on asetettu pois päältä ja alemmassa näkyvyys on kytketty päälle.

Kuvassa 12 nähdään kaksi ontelolaattaa, jotka ovat mallinnettu samalla familylla. Laatat ovat kavennettu ja niissä on syvennetty osio. Visibility -toiminnon avulla määritetään näkyväksi tai näkymättömäksi onteloiden päät sekä kavennettu osio. Kavennetun osion merkinä käytetään kahta poikkiviivaa ristiin ja syvennetyn osion merkinä yhtä poikkiviivaa kulmittain. Syvennetty osio on paksuudeltaan 200 millimetriä, ehjän ontelolaatan ollessa tässä tapauksessa 370 millimetriä paksu. Näkyvyysasetusta, jossa kavennettu osio ja onteloiden päät eivät ole näkyvissä, tarvitaan esimerkiksi tasokuvissa. Kuvista saadaan selkeämpiä, kun niissä on näkyvissä pelkästään laatan todellinen geometria. Elementtikuvissa puolestaan halutaan esittää myös kavennettu osio, mikä selkeyttää suunnitelmaa elementtitehdasta varten.

#### 4.3.1 System family

System familyihin kuuluvat muun muassa seinät ja lattiat. Ne eivät ole projektiin ladattavia tiedostoja, vaan ne sisältyvät Revit -projektiin oletusarvona. Niitä ei voi myöskään itse luoda, mutta niiden tyyppiä voidaan kopioida ja/tai muokata halutunlaiseksi. Tämän tyyppisiä elementtejä on mahdollista säilyttää omassa Revit -tiedostossa, josta tarvittavat siirretään projektiin. (Autodesk Knowledge Network 2020a.)

System familyt kuuluvat ohjelmiston sisäiseen tietokantaan. Niiden tyyppiä on mahdollista poistaa ja muokata ohjelman sisällä, mutta yksi tämäntyyppinen family on jätettävä ohjelmaan. Tästä familysta on mahdollista tehdä kopio Duplicate -painikkeesta (kuva 13) ja muokata sekä nimetä se halutun mukaiseksi.



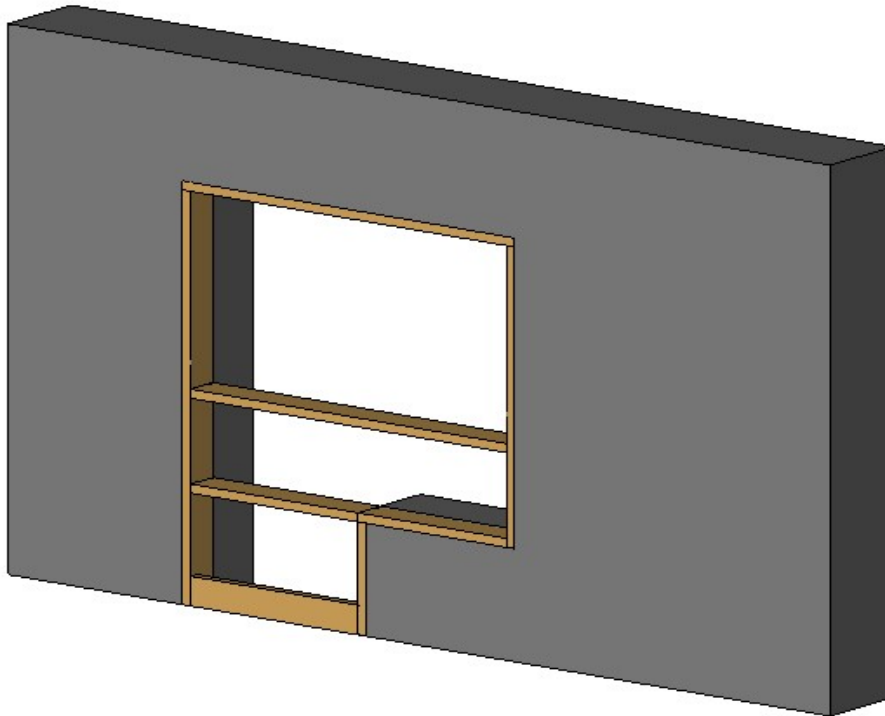
Kuva 13. Seinän editointi ikkuna.

### 4.3.2 Loadable family

Loadable familyt ovat nimensä mukaisesti tallennettavissa ulkopuoliseen tiedostoon ja ladattavissa sieltä projektiin. Tällainen objekti on mahdollista luoda myös itse alusta asti. Loadable familyt ovat jaettu useaan eri kategoriaan, joita voi hyödyntää elementin luomisessa sekä arkistoinnissa. Kategoriana voi olla esimerkiksi Generic Models. Elementin luomisvaiheessa on mahdollista vaikuttaa visuaaliseen esitystapaan eri näkymissä. (Autodesk Knowledge Network

2020a.) Valmiiksi tehtyjä familyjä on mahdollista ladata myös ulkopuolisilta tuottajilta. Valmiiksi luoduista familyistä ei välttämättä löydy organisaation tarvitsemia parametriarvoja tai näkyvyysasetuksia, jolloin ne muokataan itse halutunlaisiksi.

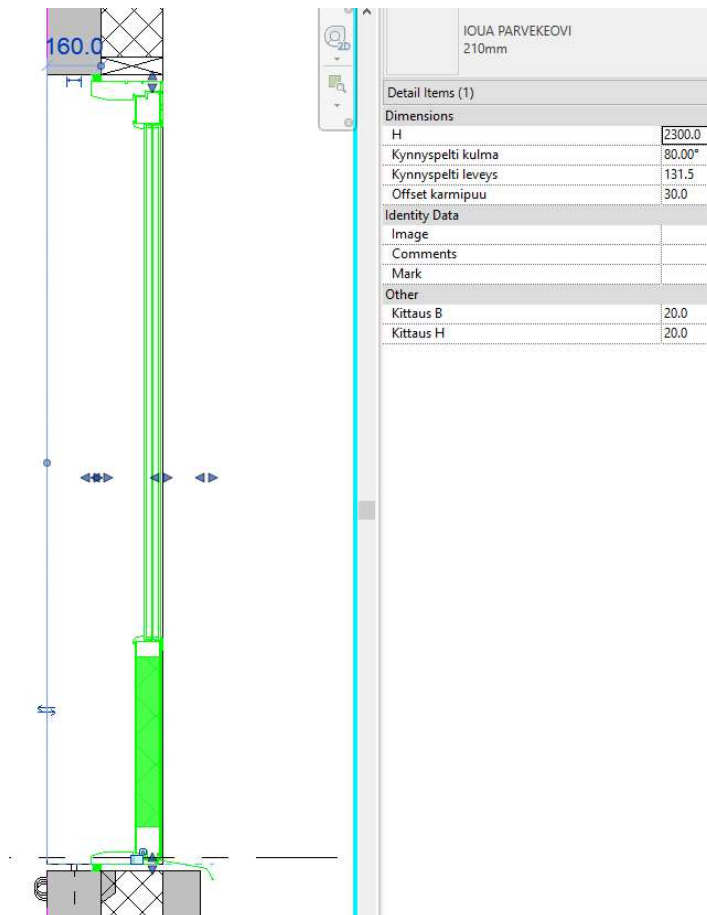
Kuvassa 14 nähdään Generic Models -tyypillä luotu yhdistelmäaukko family. Yhdistelmäaukossa ikkuna ja ovi muodostavat yhtenäisen aukon, joka kiinnittyy mallinnettuun seinärakenteeseen. Familyn parametrejä on muokattu niin, että karmipuiden ja putoamissuojien puutavaran määrä on mahdollista luetteloida määrälaskentaa varten. Familyn geometria on myös säädettävissä korkeuden sekä leveyden suhteen.



Kuva 14. Itse luotu yhdistelmäaukko family, josta on mahdollista parametrien avulla saada esimerkiksi määrätietoa luetteloon puutavaran suhteen.

Loadable familyyn on myös mahdollista ladata toinen family, jolloin sitä kutsutaan Nested familyksi. Ikkunasta ja ovesta luotiin Detail Item -tyyppinen family. Detail Item -tyyppinen family on 2D-viivapiirroksella luotu detaljinäkymä, missä on mahdollista parametrien avulla säätää esimerkiksi objektin kokoa. Kuvassa 15 nähdään ovesta luotu Detail Item family, joka olisi mahdollista ladata Generic Model -tyypillä luodun oviaukko familyn sisään. Niin ei kuitenkaan tässä työssä

päädytty tekemään, koska oviaukko familyn koko olisi kasvanut liian suureksi ja detaljinäkymää ei kuitenkaan kaivata jokaisessa tämäntyyppisessä familyssa. Kuvassa 15 nähdään oikealla parametriarvot, joiden avulla familia on mahdollista säätää.

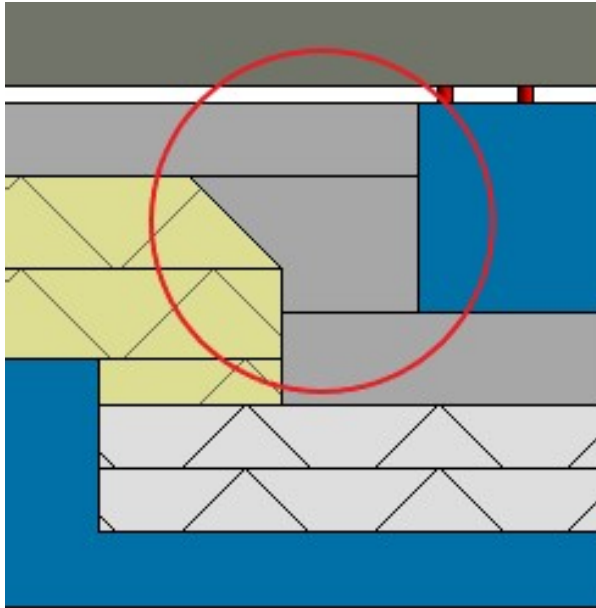


Kuva 15. Detail Item -tyyppinen family.

#### 4.3.3 In-place family

In-place family on paikallaan luotava ainutlaatuinen komponentti. Muokattavuus on lähes samaa luokkaa kuin loadable familyssa. In-place familyn luomisessa voi halutessaan hyödyntää projektissa jo olemassa olevaa geometriaa. Yleensä kuitenkin suositellaan käytettäväksi loadable familia, koska se on monistetavissa. Mikäli jonkin komponentin teko ei kuitenkaan sillä onnistu, niin silloin on perusteltua käyttää In-place familia. (Autodesk Knowledge Network 2020a.) Kuvassa 16 on maanvaraiset laatat kahdessa eri tasossa. In-place familylla, joka nähdään kuvassa ympyröitynä, mallinnetaan vahvennusvalu tasoeron

kohtaan. Vastaavanlaisia tilanteita, jossa kyseistä familia voi olla aiheellista käyttää, on esimerkiksi konsolin mallinnus seinä- tai pilarirakenteeseen.



Kuva 16. In-place familylla luotu vahvennusvalu maanvaraisten laattojen ta-soeron kohdalla.

#### 4.4 Shared parameters

Shared Parameters on ulkopuolinen tekstitiedosto, jonne voidaan tallentaa parametritietoja. Näitä parametritietoja voidaan lisätä familyihin ja projekteihin. Kyseinen tiedosto kertoo parametrin nimen, mutta parametriin määritetyt tiedot eivät periydy elementistä tai projektista toiseen. (Autodesk Knowledge Network 2020d.) Tämäntyyppinen parametri voi olla esimerkiksi pituus. Pituus on usein luetteloinnissa kaivattu parametritieto, mutta kaikista familyista sitä ei oletusarvoisesti löydy. Tässä tapauksessa luodaan Shared Parameter nimeltään pituus ja ohjataan se haluttuun familyyn. Parametrille ohjataan oikea arvo kyseisessä familyssä ja tämän jälkeen arvoa voidaan hyödyntää luetteloinnissa. Shared Parameters -tekstitiedoston kartuttaminen olisi suotavaa aloittaa heti mallinnusohjelmiston käyttöön siirryttäessä.

Shared parameter -tiedoston parametrejä voidaan hyödyntää myös Revitin luetteloinnissa eli scheduleissa. (Autodesk Knowledge Network 2020d.) Schedules avulla voidaan luoda luettelo mistä tahansa Revit-mallin objektista, mikä

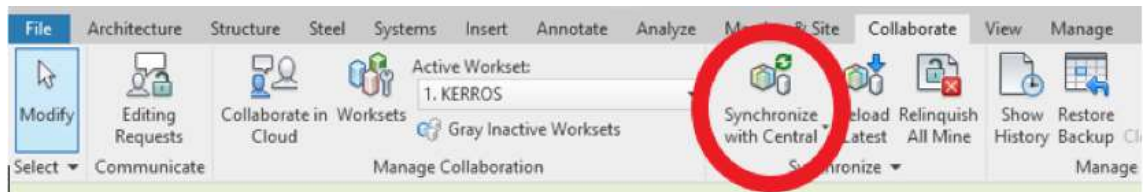
muodostuu taulukkomuotoon. Luetteloon voidaan lisäksi valita kyseisten objektien parametriarvoja. Schedulen avulla voidaan tehdä esimerkiksi tarkastuksia, muutoksia ja määrälaskentaa. Tämä onnistuu rajaamalla scheduleen halutut objektit ja arvot, mitä halutaan tarkastella tai muokata.

Muita erityyppisiä parametrejä ovat projekti-, family- ja globaalit parametrit. Projekti- ja globaalit parametrit ovat projektikohtaisia, mutta globaalit parametrit eivät ole luokiteltuja kategorioittain toisin kuin projektiparametrit. Family -parametrit ohjaavat familyjen toimintaa ja arvoja. (Autodesk Knowledge Network 2020b.)

#### **4.5 Workshare**

Workshare mahdollistaa useamman suunnittelijan yhtäaikaisen työskentelyn saman projektin parissa (Autodesk Knowledge Network 2020c). Projektista luodaan yksi workshare -tilaa palveleva päätiedosto, josta kukin suunnittelija avaa oman paikallisen tiedoston, jossa editoi valitsemiaan worksettejä. Workset on projektista valittu joukko elementtejä. Rakennesuunnittelussa yksi vaihtoehto on jakaa projekti kerroksittain workseteiksi. Eli yksi kerros on yksi workset, jonka voi myös nimetä esimerkiksi 1. kerros, 2. kerros jne. Worksettien avulla välteään muokkaamasta samoja osia eri käyttäjien toimesta, kun jokaisella käyttäjällä on muokattavissa vain valittu workset. Käyttäjien muutokset eivät päivity päätiedostoon reaaliaikaisesti, ainoastaan silloin, kun käyttäjä synkronoi mallin.

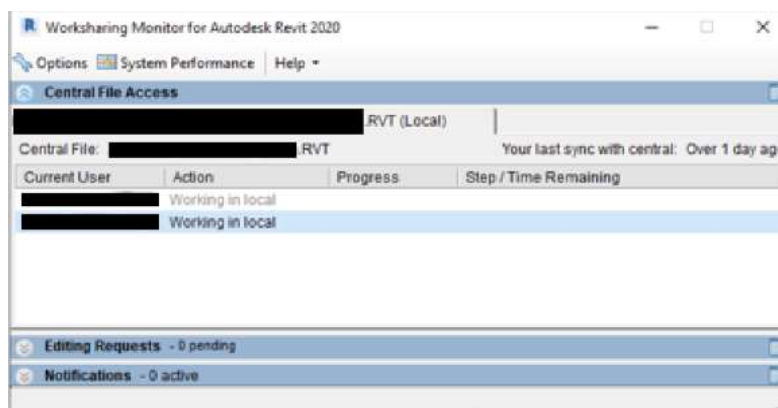
Päätiedosto luodaan Collaborate -painikkeella. Vaihtoehtoina on tehdä yhteistyötä verkon kautta tai pilvipalvelussa. Haluttu vaihtoehto valitaan ja tallennetaan tiedosto nimellä, josta erottaa sen olevan workshare -tiedosto. Tallennuksen yhteydessä syntyy automaattisesti myös varmuuskopioille oma tiedosto. Päätiedosto synkronoidaan painikkeesta Synchronize with Central -painikkeesta (kuva 17), jonka jälkeen se suljetaan. Tämän jälkeen tiedosto avataan aina Revitin kautta, jolloin se voidaan avata paikallisena tiedostona.



Kuva 17. Synkronointi painike Collaborate -valikossa.

Projektin voi jakaa worksetteihin jo päätiedostossa tai paikallisessa tiedostossa. Worksettejä voidaan luoda haluttu määrä ja ne on mahdollista nimetä vapaasti. Workset1 ja Shared levels and grids muodostuvat tiedostoon automaattisesti.

Synkronointi tapahtuu Synchronize with Central -valikosta, josta suositeltavaa on valita Synchronize and Modify Settings. Tämän valinnan kautta on mahdollista synkronoida ja vapauttaa Worksettejä sekä lainattuja elementtejä. Valinnassa voidaan kommentoida vapaasti tehtyjä muutoksia, jolloin ne näkyvät muille käyttäjille historiatiedoissa. Usean eri käyttäjän yhtäaikaista synkronointia tulisi välttää, koska tämä voi hidastaa mallia merkittävästi ja antaa virheilmoituksen. Worksharing Monitor -pikakuvakkeesta (kuva 18) voidaan seurata muiden käyttäjien tilaa. Monitorista nähdään, ketkä työskentelevät paikallisissa tiedostoissa, sekä mahdollisesti meneillään olevat synkronoinnit.

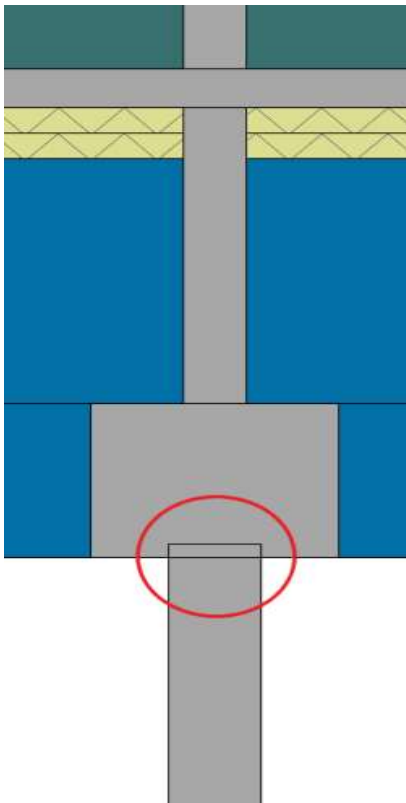


Kuva 18. Worksharing monitor.

#### 4.6 Mallin sisäisten tuplaobjektien tarkistus

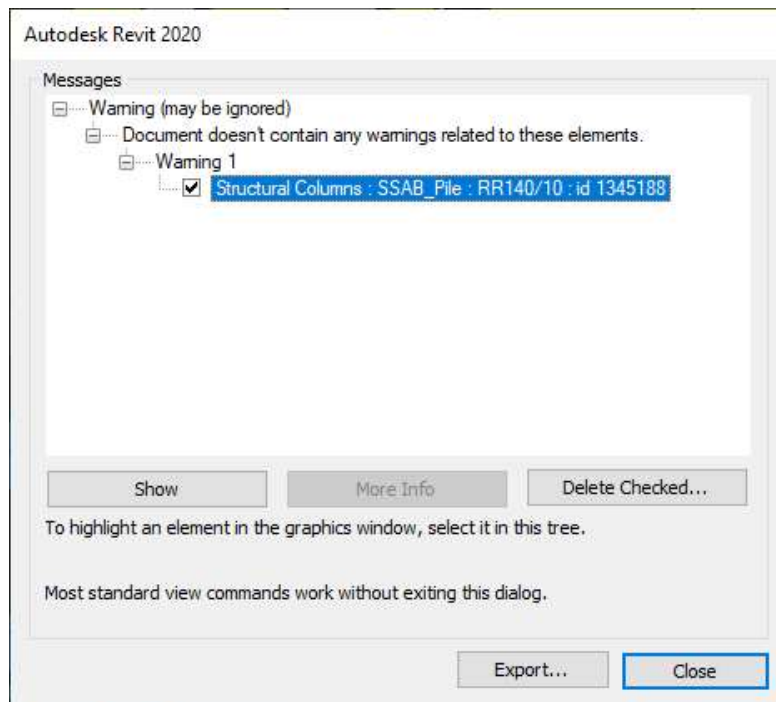
Mallin sisäisten tuplaobjektien tarkastaminen on suotavaa tehdä malliin ainakin kerran ennen IFC siirtoa. Suuren projektin kohdalla voi olla syytä tehdä

tarkastus useamminkin. Varoitukset on mahdollista katsoa Manage -välilehdeltä, Warnings kohdasta. Esimerkiksi elementtejä kopioitaessa päällekkäisyyksiä voi epähuomiossa syntyä ja siihen tämä työkalu antaa mahdollisuuden tehdä tarkastuksia. Päällekkäisyyksiä ei aina voi havaita tietomallia visuaalisesti tarkasteltaessa objektien ollessa tismalleen samalla paikalla, mutta päällekkäisyydet näkyvät esimerkiksi määräluetteloissa, jolloin voi tulla ylimääräisiä tilauksia kyseisen objektin kohdalta. On myös tilanteita, jolloin päällekkäisyydet ovat tarkoituksenmukaisia, kuten esimerkiksi anturan ja paalujen välinen liitos ympäröitynä kuvassa 19.



Kuva 19. Anturan alapinta alempana kuin paalun yläpinta.

Tässä tapauksessa vaikuttaa myös, kuinka kyseinen family on luokiteltu. Structural foundation -tyyppisellä familylla varoitusta ei tule, mutta myös usein paaluille käytetty Structural Columns -family aiheuttaa varoituksen. Varoitukset voi tarkastaa valitsemalla kyseinen varoitus ja painamalla Show (kuva 20). Mikäli tiedetään varoituksen olevan suunnitelmien mukainen, ei se aiheuta toimenpiteitä.



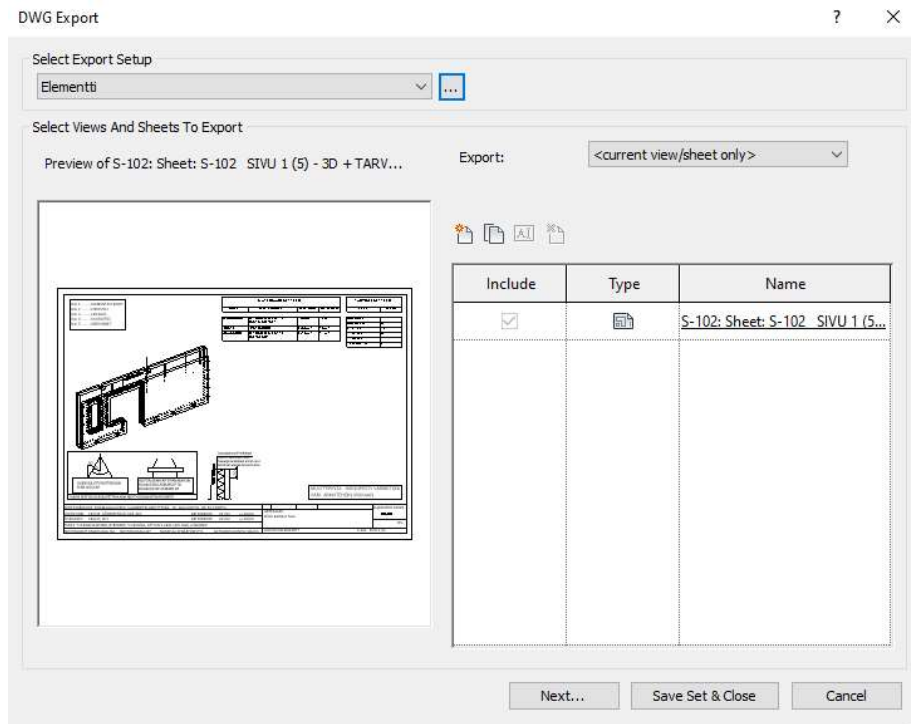
Kuva 20. Show Related Warnings.

#### 4.7 Tiedonsiirto tietomallista

Revit-mallista voidaan viedä eli exportata tietoa useisiin eri formaatteihin, kuten DWG- ja IFC-tiedostoihin sekä lisäksi myös tekstitiedostoihin, raportteihin sekä kuviin ja animaatioihin. Tässä työssä perehdyttiin DWG exporttiin, jolla saadaan siirrettyjä näkymiä AutoCAD ohjelmaan sekä IFC exporttiin. DWG exporttausta tarvitaan käytännössä vielä toistaiseksi projektin alkuvaiheessa suunnittelijoiden välisessä tiedonvaihdossa. Myös työmaalla käytetään DWG-suunnitelmia mitauslaitteistoissa. Tämän lisäksi BEC2012 eli Betoniteollisuuden elementtisuunnittelun mallinnusohjeen mukaisesti elementtikuva on lähetettävä DWG-tiedostomuodossa sähkösuunnittelijalle, mikäli hän piirtää varaukset 2D-piirustuksina (BEC2012, 38). IFC export tehdään mallinnettavissa rakennushankkeissa yhdistelmä- ja tarkastelumallia varten.

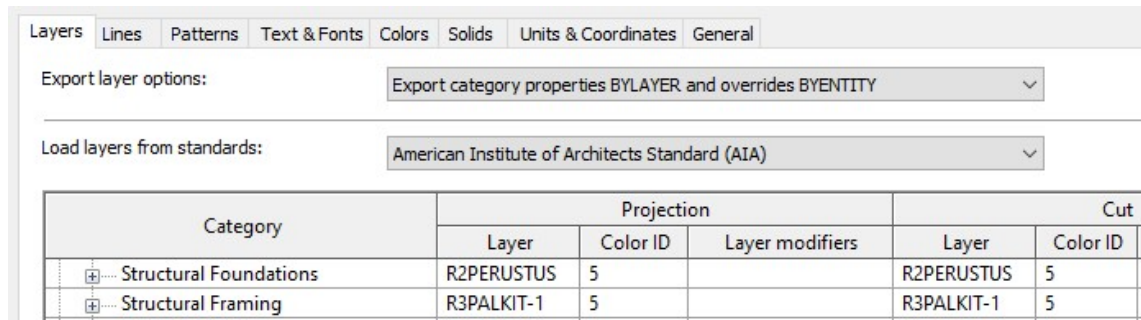
### 4.7.1 DWG export

DWG export (kuva 21) tapahtuu File » Export » CAD formats » DWG kautta. Vasemmasta yläkulmasta valitaan Export asetukset, jolla toiminto halutaan suorittaa. Oikeanpuoleisesta alavetovälisestä puolestaan valitaan näkymä tai näkymät, jotka halutaan viedä AutoCADIin. Next -painikkeesta siirrytään ikkunaan, jossa valitaan sijainti DWG-tiedostolle.



Kuva 21. DWG export.

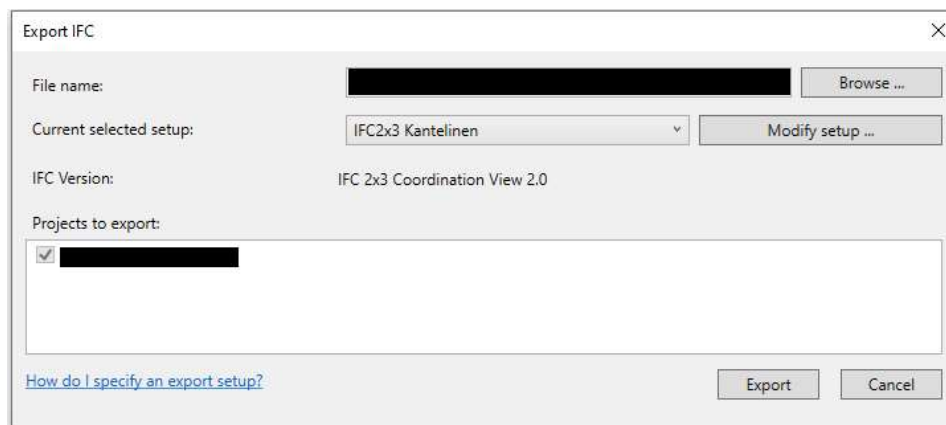
DWG export asetuksissa (kuva 22) määritetään kategoriakohtaisesti layerin nimi ja väri. Leikkautuille kategorioille on mahdollista tehdä omat määrytykset. Layerit voidaan ladata myös valmiiksi määritettyjen standardien mukaan, mutta on perusteltua luoda yrityksen omia palvelevat. Tässä työssä määrytykset tehdään vastaamaan organisaation AutoCAD -ohjelmassa käytettäviä tasomäärytyksiä. DWG export asetuksia voidaan tehdä useita erilaisia eri näkymille, kuten esimerkiksi omansa taso- ja leikkauskuville sekä elementtikuville.



Kuva 22. DWG-export asetukset.

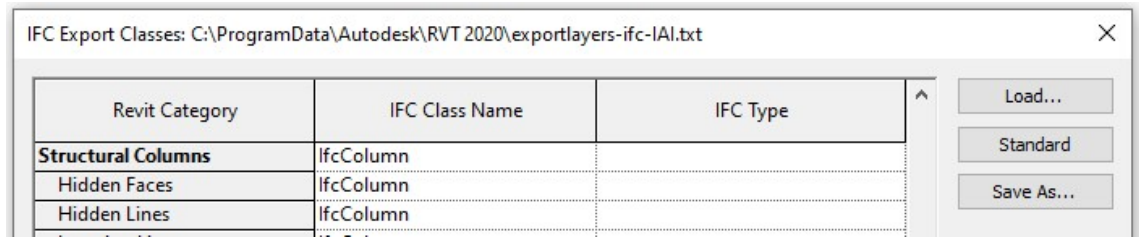
#### 4.7.2 IFC export

IFC export tehdään File » Export » IFC kautta. File name kohdasta haetaan haluttu sijainti IFC-tiedostolle. Current selected setup -alasvetovalikosta voidaan asettaa IFC siirrolle halutut, valmiiksi määritetyt, asetukset tai Modify setup kohdasta voidaan muokata asetukset itse. Yritykseltä löytyi tähän tarkoitukseen räätälöidyt asetukset jo valmiina. Mikäli samassa Revit tiedostossa on useampi projekti auki yhtä aikaa, valitaan siirrettävä/-t projekti/-t Projects to export -ikkunasta (kuva 21).



Kuva 23. IFC export.

IFC export asetuksia (kuva 23) muokataan IFC optionsin kautta. Kategorioittain voidaan määrittää, mitä IFC siirtoon sisällytetään ja millä IFC-luokan nimellä.

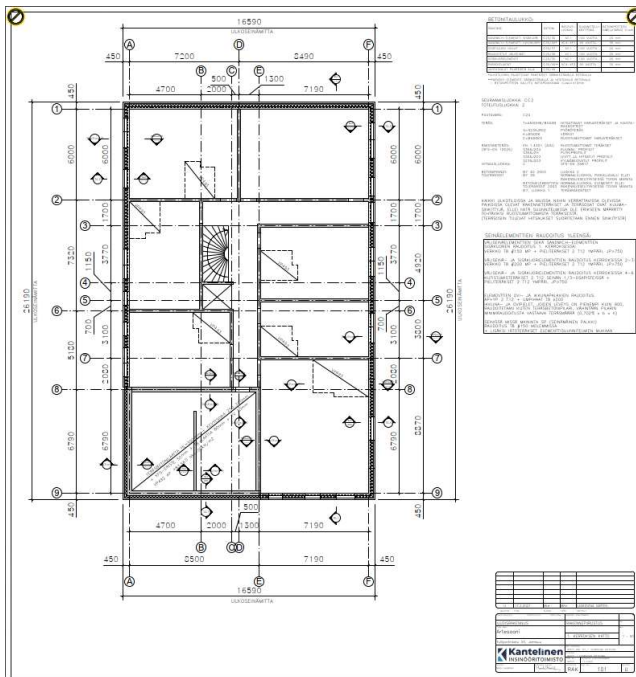


Kuva 24. IFC export asetusten valikko.

## 4.8 Tulostus

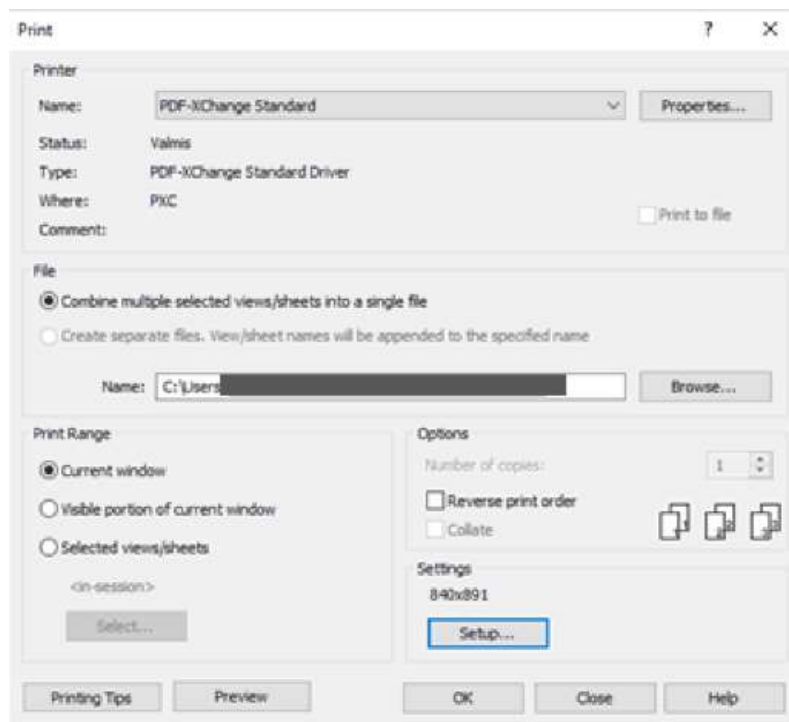
Tulostusta varten luodaan A4-kerrannaisia piirustusarkkeja. Kuvassa 25 on 4x3 arkki eli neljän pystypäin olevan A4-arkin mitta vaakasuunnassa ja kolmen pystysuunnassa. Arkkeja luodaan eri kokoisia tarpeen mukaan. Arkkien koot vaihtelevat tulostettavan kuvan ja projektin mukaan. Arkkeihin sisällytetään myös nimiö, joihin projektitiedot automaattisesti päivittyvät.

Arkkiin sisällytetään tarvittaessa oikealle puolelle tarkentava tekstiosio, joka Revit -ohjelmassa luodaan Legendin avulla. Legend kannattaa luoda, jos tekstiosio toistuu useammassa kuin yhdessä piirustuksessa. Tässä tapauksessa tekstiosioon on sisällytetty muun muassa betonitaulukko ja raudoitustietoja.



Kuva 25. Testataan tasokuvan tulostusta.

Tulostusasetuksiin tallennetaan tarvittavien arkkien kokotiedot sekä yleiset asetukset valmiiksi, jolloin niitä ei tarvitse jokaisen tulostuksen yhteydessä erikseen määrittää. Ensimmäisestä alavetovalikosta (kuva 26) valitaan haluttu tulostin ja Properties -painikkeesta päästään muokkaamaan tulostimen ominaisuuksia. Kyseisen valikon kautta on mahdollista luoda myös haluttuja arkkikokoja. Setup -painikkeen kautta voidaan muokata ja tallentaa tulostusasetuksia. Tulostimen ominaisuuksien kautta tehdyt arkkikoot päivittyvät tulostusasetuksiin automaattisesti.



Kuva 26. Tulostusvalikko.

## 4.9 DiRoots

Työssä perehdyttiin myös Revitiin ladattavaan maksuttomaan lisäohjelmaan DiRoots -sivustolta, nimeltään ProSheets. Ohjelmalla on mahdollista exportata useita tiedostomuotoja, mutta tarve kohdistui tässä työssä PDF- ja DWG-tiedostojen exporttaukseen. Ohjelmalla exportattavien näkymien ja/tai sheettien valinta on joutuisaa, mutta suurin etu verrattuna toiminnon tekemiseen Revitillä on molempien tiedostomuotojen yhtäaikainen exporttaus sekä näistä saatava raportti. Ohjelmasta kun saa halutessaan Excel -muotoisen raportin.

## 5 Yhteenveto

Aloituspohjan muodossa saatiin madallettua mallinnusohjelmiston käyttöönoton kynnystä sekä määritetyillä asetuksilla mahdollistaa valmiiden kuvien tuottaminen totutusta laadusta tinkimättä. Myös suurimpiin haasteisiin lukeutuvan ohjelman käyttöönoton aiheuttaman ajallisen panoksen määrää saatiin pienennettyä lukuisten asetusten säätämällä valmiiksi sekä testaamalla parhaaksi koettuja toimintatapoja mallinnuksen suhteen. Aloituspohjaan luotiin lukuisia View Templateja, jotka ovat ohjattu niille tarkoitetuille näkymille. Näin visuaalinen ilme on valmiiksi kohdillaan, kun mallinnus aloitetaan sekä tulosteiden ulkoasu saatiin halutunlaiseksi. Tosin aloituspohjaa joudutaan päivittämään uusien projektien myötä, koska näkymäasetuksia on määritetty muun muassa materiaalien mukaan. Materiaalikirjasto luotiin tätä tarkoitusta varten ja kirjasto karttuu ajan myötä lisää.

Yrityksen mallinnustarkkuustason nostamiseksi päivitettiin jo aiemmin luotuja familyja sekä tehtiin uusia. Familyjen luonnissa tarkkuustasoa nosti esimerkiksi mahdollisuus luetteloida eri materiaaleja, joka mahdollistaa kattavamman informaation mallille. Tämä oli aikaa vievää päivitystyötä, mutta se edistää tulevaisuudessa familyjen muokattavuutta erilaisissa projekteissa sekä paremman palvelun tuottamista asiakkaalle. Paremman palvelun tuottamisen mahdollistaa esimerkiksi familyjen sisältämä tieto materiaalien määristä, jota asiakkaan on mahdollista hyödyntää ja säästää omaa aikaansa määrälaskennan suhteen.

Nimeämiskäytäntöä yhtenäistettiin materiaalien sekä muokattujen ja luotujen familyjen osalta; liittämällä nimen alkuun yrityksen tunnus sekä loppuosaan familyä osuvasti kuvaava nimi. Myös nämä kirjastot karttavat ja kehittyvät uusien projektien tiimoilta, kun tulee ilmi millaisia familyja tullaan tarvitsemaan. Tämä helpottaa suunnittelijoiden työtä löytää haluttu kohde ja säästää aikaa turhalta etsimiseltä.

Työn loppuvaiheessa ladattiin Revittiin lisäohjelma DiRoots -sivustolta nimeltään ProSheets. Ohjelma vaikutti oikein tehokkaalta tulostusten sekä

exporttausten tekemiseen. Ymmärrys ohjelman hyödyistä ja käytettävyydestä kasvaa kokemuksen myötä.

Ennen työn aloitusta yritys teki mallinnettavat kohteet tarkkuustasolla 2. Mallinustarkkuustaso saatiin nostettua tasolle 3 ja ohjelmasta saatiin riittävän hyvän tasoisia PDF-kuvia, johon myös pyrittiin. Täysin mallinuspohjaiseen suunnitteluprosessiin ei tämän opinnäytetyön jälkeen päästy, mutta suuri askel sitä kohti on otettu. Haasteisiin kyettiin vaikuttamaan aikapanoksen suhteen, joka ei jäljellä olevan kehitystyön tiimoilta ole enää niin merkittävä sekä käyttöönoton kynystä madaltamalla asetusten valmiiksi määrittämisen myötä.

## 6 Pohdinta

Aloituspohjaa testatessa todellisen projektin parissa se vaikutti oikein toimivalta rakennemallin luomisessa sekä piirustusten tuottamisessa. Elementtikuvien kohdalla sain kuvien visuaalisen ilmeen hyvälle tasolle, mutta suurimmaksi haasteeksi koitui elementtikuvien DWG export tekniikka merkintöjä varten. BEC2012 -ohjeessa on merkitty, että kuvat täytyy lähettää DWG-tiedostomuodossa sähkömerkintöjä varten. Kyseinen toiminto saatiin kyllä suoritettua, mutta se vaatii vielä runsaasti manuaalista työtä. DWG export toimintoa suoritettaessa kaikki kuvat siirtyvät omaan DWG-tiedostoon layout -tilaan, koska ne ovat exportattu Revitistä Sheettinä eli piirustuslehtenä. Kuva täytyy saada AutoCADissa Model -tilaan, missä se skaalataan oikeaan mittakaavaan. Lisäksi näkömääkkunoiden eli viewporttien reunukset tulisi piilottaa kuvasta, jotta kuva olisi selkeän näköinen. Tämän jälkeen kuva on valmis lähetettäväksi. Mikäli kuva halutaan sähkömerkinnästä palattuaan linkata takaisin Revit -ohjelmaan, täytyy se skaalata takaisin 1:1 mittakaavaan. Linkkaus takaisin Revit -ohjelmaan ei kuitenkaan välttämättä ole tarpeen, mikäli kuva tulostetaan suoraan AutoCADista. Muokkaukset saatiin automatisoitua makroilla AutoCADin puolella, mutta suurimmaksi manuaaliseksi ja paljon aikaa vieväksi työksi jäi jokaisen tiedoston manuaalinen avaaminen ja sulkeminen erikseen. Tätä ongelmaa ei tutkittu tässä työssä tämän tarkemmin.

Pääpiirteittäin Revit -ohjelmalla on mahdollista tehdä mallintavaa rakennesuunnittelua tällä hetkellä, mutta vieläkin paljon toistoa vaativat toiminnot tulisi saada automatisoitua. Ottaen huomion ohjelman kehitykseen käytetyn ajan ja ohjelman käyttökustannukset suhteessa tämänhetkiseen hyötyyn ohjelmasta, olisi sitä vielä syytä saada kehitettyä kustannustehokkaammaksi. Uskoakseni tämä on kyllä täysin saavutettavissa eikä se vaadi ylitsepääsemättömän suurta työmäärää. Varmasti Revit -ohjelmasta löytyvän visuaalisen ohjelmointityökalu Dynamon käyttö tehostaisi työskentelyä. Tulevaisuudessa on varmasti järkevää sisällyttää myös tämän työkalun avulla suoritettavat toiminnot mallinnusprosessiin.

## Lähteet

- Aaltonen, T. 2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL 2013.
- Autodesk Knowledge Network 2020a. About Families. <https://bit.ly/3frldjl>. 15.1.2021.
- Autodesk. Knowledge Network 2020b. About Parameters. <https://bit.ly/31MSfDN>. 5.2.2021.
- Autodesk. Knowledge Network 2020c. About Worksharing. <https://bit.ly/3rDKASR>. 11.2.2021.
- Autodesk. Knowledge Network 2020d. Shared Parameters. <https://bit.ly/3ma5XtM>. 2.2.2021.
- BEC2012. 2016. Elementtisuunnittelun tietomallinnusohje. Betoniteollisuus Ry.
- Hietanen, J. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: filosofinen selvitys tieto- ja viestintätekniiikan mahdollisuuksista. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Jävämä, P & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Pieksämäki: Rakennustieto Oy.
- Kantelinen, V. 2021. Toimitusjohtaja. Insinööritoimisto Kantelinen Oy. Haastattelu. 9.4.2021.
- Massey, M. 2018. The Myth of a Perfect Revit Template. <https://autodesk.sk/3tOqF5g>. 26.3.2021.
- RT 10-11211. 2016. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 täydentävä liite. Rakennustieto.