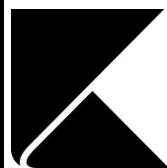


KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutus

Petri Torvinen

TIETOMALLIT RAKENNESUUNNITTELUTOIMISTOSSA JA
TOIMINNAN YHTENÄISTÄMINEN

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Petri Torvinen

Nimeke
Tietomallit rakennesuunnittelutoimistossa ja toiminnan yhtenäistäminen

Toimeksiantaja
A-Insinöörit Suunnittelu Oy Joensuu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selkeyttää ja yhtenäistää toimintatavat tietomallintamisessa rakennesuunnittelutoimistossa. Tämä toteutettiin kehittämällä piirustusasetukset Revit-tietomallinnusohjelmaan. Tavoitteena oli myös tehostaa aikaa vieviä työvaiheita suunnittelussa.


Opinnäytetyössä on käsitelty Revit-ohjelmaa ja sen erilaisia asetuksia. Revit-ohjelmaan luotiin erillinen aloituspohja, johon muokattiin asetukset rakennesuunnittelutoimiston ohjeiden mukaisesti. Kehitystyössä käytettiin myös kahta erillistä ohjelmaa, jotka ovat Dynamo ja Xrev Transmit. Dynamo on visuaalinen ohjelmointityökalu, jolla ohjelmoitiin valmiiksi tiedostoja nopeuttamaan piirustusarkkien, kerrosnäkökymien ja piirustusluettelon luomista. Xrev Transmit-ohjelmalla tehostettiin valmiiden suunnitelmien tulostamista Revit-ohjelmasta. Lisäksi tutkielmassa käsiteltiin uusien ohjelmien toimintaa, sekä kuvattiin ohjelmien toimintaperiaatteita.

Kehitystyön tuloksena saatiin aloituspohja Revit-ohjelmaan rakennesuunnittelutoimistolle, sekä ohjeistettiin sen käyttöä suunnittelussa. Lisäksi saatiin selkeytettyä ja tehostettua aikaa vieviä työvaiheita suunnittelussa uusien ohjelmien avulla.

Kieli
Suomi

Sivuja 25
Liitteet 1
Liitesivumäärä 2

Asiasanat
Revit, Dynamo, BIM, visuaalinen ohjelmointi

 Karelia UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	THESIS April 2020 Degree Programme in Construction Engineering Tikkarinne 9 FI 80200 JOENSUU FINLAND Tel. +350 13 260 600
Author Petri Torvinen	
Title Building Information Models in a Structural Design Office and Unification of Operations Commissioned by A-Insinöörit Suunnittelu Oy Joensuu	
Abstract <p>The aim of the thesis was to clarify and unify the operating methods in data modeling in an engineering design office. This was accomplished by developing the drawing options for the Revit data modeling program. The aim was also to increase the efficiency of time-consuming work steps in design.</p> <p>The goal of this thesis was to deal with the Revit program and its various settings. A separate starting template was created for Revit and the settings were modified according to the instructions of the engineering design office. Two separate programs, Dynamo and Xrev Transmit, were also used in the development work. Dynamo is a visual programming tool that was used to pre-program files to speed up the creation of sheets, plan views, and drawing lists. Xrev Transmit was used to make the printing of ready-made plans from Revit more efficient. In addition, the operation of new programmes was dealt with and the operating principles of the programmes described in this thesis.</p> <p>As a result of the development work, a starting point for the Revit program for the engineering design office was obtained and its use in planning was instructed. In addition, the time-consuming work steps in the design were clarified and streamlined with the help of new programs.</p>	
Language Finnish	Pages 25 Appendices 1 Pages of Appendices 2
Keywords Revit, Dynamo, BIM, visual programming,	

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Työn tarkoitus ja tavoitteet	6
3	A-Insinöörit.....	7
3.1	A-Insinöörit suomessa	7
4	Rakennuspiirustusten yleiset ohjeet	7
4.1	RIL-229-1.....	7
4.1.1	Tekstit ja numerot	8
4.1.2	Viivalajit ja viivapaksuudet	8
4.2	Paperikoot.....	9
5	Yleiset tietomallivaatimukset.....	9
5.1	YTV 2012.....	9
5.2	Mallinnettavat rakenteet osa 5	10
5.3	Rakennetyypit.....	10
5.4	Lohko- ja kerrosmäärittelyt	11
6	Autodesk Revit.....	12
6.1	Revit mallinnusohjelma	12
6.2	Export-asetukset Autocad-ohjelmaan	13
6.3	Viivatyyppien asetukset	14
6.4	Piirustusarkin ryhmittely ja koko.....	16
7	View template	17
8	Dynamo	18
8.1	Dynamo	18
8.2	Piirustusluettelo	19
8.3	Kerrosnäkymät.....	19
8.4	Piirustusarkki	20
9	Xrev Transmit	21
10	Tulokset	22
11	Pohdinta.....	23

Liitteet

Liite 1	Rakennemallin tietosisältö yleissuunnittelussa
---------	------------------------------------------------

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii A-Insinöörit Suunnittelu OY Joensuun toimipiste. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää piirustusasetuksia Revit-tietomallinnusohjelmaan. Tavoitteena on tehostaa Revit-ohjelmalla tehtäviä tietomallinnuksia ja nopeuttaa sillä tehtäviä suunnitelmia. Piirustusasetusten kehitys tehdään Revit 2020-ohjelmaan. Tällä insinööritoimisto pyrkii tehostamaan tietomallinkäyttöä suunnittelussa.

Opinnäytetyössä tutustutaan rakennuspiirustusten esitystapaan ja niiden asemointiin piirustusarkilla. Työssä käydään läpi yleisiä tietomallivaatimuksia ja tarkemmin sen viidettä osaa eli rakennesuunnittelua. Työssä tutustutaan myös Revit-tietomallinnusohjelmaan ja sen eri asetuksiin. Lisäksi työssä syvennyttään Dynamoon, joka on visuaalinen ohjelmointiohjelma. Sen tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa Revit-ohjelmasta saatavia suunnitelmia. Tavoitteena on myös käydä läpi ohjelmointia Dynamolla ja esitellä Xrev transmit-ohjelmaa ja sen toimivuutta.

Ohjelman piirustusasetuksia ei ole luotu alusta, vaan tässä työssä on käytetty valmiiksi luotuja tuotesisältöjä. Esimerkiksi nimiö oli jo valmiina, eikä sitä näin ollen tarvinnut luoda kokonaan alusta. Joitakin uusia määrittelyjä ja päivityksiä niihin on kuitenkin tehty.

Vaikka 2D-piirtäminen alkaa olemaan vanhanaikaista, tehdään sitä edelleenkin joissain insinööritoimistoissa. Piirustusasetuksia on myös luotu 2D:tä varten. Näitä suunnitelmia käytetään leikkauspiirustusten pohjina, sekä elementtien sijoituskaavioiden pohjina.

Tietomallintamisen yleistyminen asettaa rakennesuunnittelijan uudenlaiseen tilanteeseen, jossa rakennesuunnittelija opettelee uuden ohjelman käytön. Tietomallinnusohjelmat ovat monikäyttöisiä ja laajoja ohjelmia, joiden käytön opettelemiseen kuluu aikaa. Mallintamisessa ei riitä pelkästään asioiden esittäminen suunnitelmissa, vaan niiden sijainti ja materiaalitiedot tulee olla oikein määriteltä.

Jos verrataan 2D-suunnittelua mallintamiseen, niin mallintaminen vaatii enemmän huolellisuutta suunnittelutyöhön. 2D-suunnittelussa voi viitata joihinkin asioihin tekstien avulla, kuten esimerkiksi palkkien alapinnan korkoon. Mallintamisessa taas palkkien alapinnan korkeus tulee olla oikein, eikä sitä voi vaan tekstien avulla ilmoittaa. Mallittamisessa korkojen kanssa tulee olla tarkkana, koska samaa mallia käyttävät myös LVIS-suunnittelijat. LVI-suunnittelijoille esimerkiksi palkkien korkeudet ovat tärkeitä, jotta heidän suunnittelemansa tekniikka mahtuu kulkemaan sille varatussa tilassa.

2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Revit -ohjelman asetusten kehittämisen tarkoituksena on selkeyttää ja yhtenäistää käytäntöjä mallintamisessa insinööritoimistossa. Kehitystyön tavoitteena on tehostaa ohjelman käyttöä suunnittelussa. Työssä keskitytään suunnittelutyön alku- ja loppuvaiheeseen, jossa käytännöt ovat tällä hetkellä erilaisia. Aloituspohjaan asetusten kehittäminen tehdään, siksi että uuden projektin alkuvaiheessa asetuksia ei tarvitsisi muokata uudestaan, vaan ne olisivat jo valmiiksi tehtyjä.

Projektin alussa luodaan aina eri kerrosnäkymät Revit-ohjelmaan ja asemoidaan kerroskorkeudet arkkitehdin suunnitelmien mukaisesti. Tavoitteena on nopeuttaa eri kerrosnäkymien luontia, joka tehdään Dynamon avulla. Suurin kehittämisen kohde on suunnittelutyön loppuvaiheessa, jossa on tälle hetkellä tehostamisen tarvetta. Suunnittelutyön loppupuolelle suunnitelmista luodaan pohjapiirustuksia ja leikkauskuvia. Tavoitteena on nopeuttaa piirustusarkkien luontia ja niiden tulostamista. Tämä tapahtuu käyttämällä Dynamoa piirustusarkkien luontiin, ja tulostamista nopeutetaan Xrev Transmit-ohjelmalla.

Osa kehitystyöstä suuntautuu myös 2D-asetuksiin. Näitä asetuksia muokataan, koska insinööritoimisto suunnittelee vielä leikkauskuvia ja detaljeja AutoCAD-ohjelmalla. Asetuksia muokataan siten, että *exportatessa* kuvia Revit-ohjelmasta DWG-tiedostomuotoon viivojentasot ja paksuudet olisivat vastaavat kuin yrityksen CAD-ohjelmassa käyttämät viivojen ominaisuudet.

3 A-Insinöörit

3.1 A-Insinöörit suomessa

A-Insinöörit on rakentamisen suunnitteluun ja konsultointiin suuntautunut yritys, jolla on myös maailmanlaajuisesti toimintaa. A-Insinööreillä on kolme eri toimialaa, jotka ovat rakennesuunnittelu (Structural Engineering), rakennuttaminen (Construction Engineering) ja yhdyskunta- ja ympäristörakentaminen (Civil Engineering). Näiden kolmen toimialan sisälle kuuluu viisi palvelualaa: rakennuttaminen, rakennesuunnittelu, infrasuunnittelu, maanalaiset tilat ja ydinjätehuolto. Yrityksellä on yli 720 työntekijää, ja työntekijät työskentelevät erilaisissa työtehtävissä. Lisäksi toimintaa on yli kymmenellä eri paikkakunnalla ympäri Suomea. (A-Insinöörit 2020.)

4 Rakennuspiirustusten yleiset ohjeet

4.1 RIL-229-1

Rakennuspiirustuksille on asetettu erilaisia yleisiä ohjeita. Nämä ohjeet pohjautuvat rakennesuunnittelun asiakirjaohjeeseen RIL-229-1. Rakennuspiirustuksia laadittaessa noudatetaan RIL-229-1 asiakirjaohjeita. Ohjeet koskevat puu-, betoni, teräs- ja tiilirakenteiden rakennepiirustuksia, sekä muita niihin liittyviä piirustuksia, kuten esimerkiksi salaojitus- ja paalutuspiirustuksia.

Tarvittaessa voidaan käyttää muita hyväksytyjä merkintätapoja ja merkintöjä. Näistä poikkeavia esitystapoja voidaan käyttää, mikäli ne ovat yleisesti hyväksytyjä merkintätapoja ja merkintöjä. Ulkomaisissa kohteissa sovitaan aina erikseen käytettävistä piirustusohjeista ja merkintätavoista. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry 2006, 45.)








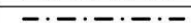
4.1.1 Tekstit ja numerot

Rakennuspiirustuksissa käytetään suositusten mukaisia tekstejä ja numeroita. Suositukset tulevat standardin SFS 4730 /21/ ja RT 15/1063/5/ mukaisesti.

Kirjainten korkeus määräytyy piirustusten käyttötarkoituksen mukaan. Pienet kirjaimet ovat 2,5 mm korkuisia ja numerot sekä isot kirjaimet ovat 3,5 mm korkuisia. Leikkaustunnuksissa, rakenneosien numero- ja kirjaintunnuksissa sekä otsikoissa suositellaan käytettäväksi 5 mm korkuista tekstiä. Joissakin erikoistapauksissa tekstin korkeus voi olla 1,8 mm, jolloin teksti suositellaan kirjoitettavaksi suuraakkosin. (Rakennustieto Oy 1997, 10.)

4.1.2 Viivalajit ja viivapaksuudet

Piirustuksissa käytettävät viivatyytit ja viivalajit määräytyvät ISO 128-20 tai RT15-10635 mukaan. Tässä kappaleessa käsitellään RT 15-10635 mukaisia viivatyyttejä. Viivatyyttejä on kuutta erilaista, jotka ovat: ehyt viiva, katkoviiva, pistekatkoviiva, kaksipistekatkoviiva, pisteviiva ja kolmoispistekatkoviiva. Piirustuksissa selityksettä esiintyvillä viivoilla on seuraava merkitys, joka on esitetty kuviossa 1 (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry 2006, 48-49.)

Esimerkki viiva	viivalaji	viivaleveys	käyttö
Rakenneosien kuvauksien viivat			
	ehyt viiva	leveä	näkyvät reunat ja rajat
	katkoviiva	leveä tai kapea	näkyvän pinnan takana olevat reunat ja rajat
	katkoviiva	kapea	tilavaraus
	pistekatkoviiva	leveä tai kapea	kuvaustason edessä ja yläpuolella olevat reunat ja rajat
	ehyt viiva	kapea	pintojen jako
	ehyt viiva	erittäin leveä	leikkauspinnan reunat ja rajat korostettaessa
	pisteviiva		säilytettävän rakennuksen oikea ja alareuna
	pisteviiva		purettavat rakennusosat
Apu viivat			
	ehyt viiva	kapea	mittaviivat, moduuliviivat, viittaukset, toiminnan osoitus
	pistekatkoviiva	kapea	keskiviivat, symmetriaviivat ja moduuliviivat
	pistekatkoviiva	leveä	leikkaustason merkintä
	kaksipistekatkoviiva	leveä	urakkajaviiva
	kolmoispistekatkoviiva	leveä	palo-osastonraja

Kuvio 1. Viivatyytit ja lajit.

Viivapaksuudet, joita käytetään rakennuspiirustuksissa yleisimmin, ovat 0,25 mm kapea viiva, 0,35 mm keskipaksu viiva tai erittäin leveä viiva, joka on leveydeltään 0,5 mm. Kapeaa viivaa käytetään mitta- ja apuviivoissa, ja keskipaksua viivaa käytetään rakennuksen äärioviivoissa. Paksua viivaa käytetään, kun halutaan korostaa jotain viivaa. (Rakennustieto Oy 1997, 8.)

4.2 Paperikoot

Rakennuspiirustusten piirustuslehdessä käytetään A4:n pystysuoraa kokonaislukukerrannaista. A4:n paperikoko on 297 x 210 mm, joka tulee kansainvälisestä standardista ISO 216.

A4:n paperikoko on esitetty korkeus kertaa leveys -suunnassa. Yksinkertainen merkintätapa A4:n paperikoolle on 2x3. Merkintätavassa ei käytetä millimetrejä, vaan siinä käytetään kokonaisia A4-papereita. Paperikokoa valittaessa käytetään piirustukselle sopivaa paperikokoa, jolla pyritään minimoimaan mahdollinen hukka. (Rakennustieto Oy 2004, 2.)

5 Yleiset tietomallivaatimukset

5.1 YTV 2012

Yleiset tietomallivaatimukset ovat Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 luomia yleisiä ohjeita tietomallintamisesta. Päivitys yleisiin tietomallivaatimuksiin saatiin COBIM- hankkeen yhteydessä, joka toteutettiin vuosina 2011-2012. Päivityksellä syntyivät Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osat 1-9 ja lisäksi tulivat uudet osat 10-14.

Rakennushankkeen alussa määritellään tietomallin käyttötarkoitus. Tietomallin käyttötarkoitus määrittelee mallilta vaadittavat tarkkuustasot ja tietosisällöt. Suunnittelutyön alkuvaiheessa tarkkuustaso on yleensä pienempi. Tarkkuustaso nousee yleensä, mitä pidemmälle hanke etenee. Suunnittelumalleilta vaadittavat tarkkuustasot ja tietosisällöt tulevat yleisistä tietomallivaatimuksista, ja niitä täydennetään täydentävillä liitteillä. Esimerkki täydentävästä liitteestä on YTV2012 RAK Tilaaja ohje. (Jäväjä, P. & Lehtoviita 2006, 25)

Päämääränä tietomallivaatimuksille on vakinaistaa ja yhdenmukaistaa yhteiset toimintatavat rakentamiselle. Yleisiä tietomallivaatimuksen eri osia on yhteensä 14, ja ne käsittelevät tietomallintamisen eri osa-alueita. Osa-alueisiin kuuluu seuraavat osiot:

Osa 1 Yleinen osuus
 Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus
 Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu
 Osa 4 Talotekninen suunnittelu
 Osa 5 Rakennesuunnittelu
 Osa 6 Laadunvarmistus
 Osa 7 Määrälaskenta
 Osa 8 Havainnollistaminen
 Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
 Osa 10 Energia-analyysit
 Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
 Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
 Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
 Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa (BuildingSMART Finland 2012.)

Yleisissä tietomallivaatimuksissa osassa 5 Rakennesuunnittelu käsitellään rakennesuunnittelulle asetettuja vaatimuksia tietomallin sisällöstä. Osa 5 käsittelee parhaiten opinnäytetyön aihealuetta.

5.2 Mallinnettavat rakenteet osa 5

Mallinnettaville rakenteille on asetettu erilaisia vaatimuksia. Rakennemalliin tulee mallintaa kaikki kantavat rakenteet. Lisäksi mallinnetaan ei-kantavat betonirakenteet ja tilaa vievät rakennustuotteet, jos niiden sijainnilla ja koolla on merkitystä muille eri suunnittelijoille.

Rakennemallin tietoa siirrettäessä rakenneosien sijainnin, geometrian ja nimi/tyyppi pitää siirtyä niiden mukana. Rakenneosat pitää mallintaa oikein IFC-mallissa, eli siinä mallinnetaan seinä seinänä ja palkki palkkina. Rakennesuunnittelijan tulee olla huolellinen mallintamisen kanssa, jotta mallinnus vastaa yleisiä tietomallivaatimuksia. Liitteessä 1 on esitetty yleissuunnittelussa mallinnettavat rakenteet (BuildingSMART Finland 2012.)

5.3 Rakennetyypit

Rakennesuunnittelijan tehtävä on määritellä projektissa käytettävät eri rakennetyypit. Rakennetyypit esiintyvät rakennemalissa sellaisena, kuin rakennesuunnit-

telija on ne määritellyt. Rakennetyypit esitetään myös 2D-suunnitelmissa, ja rakennetyypit tulostetaan A4-kokoiselle arkille. Arkkitehti käyttää samoja rakennetyyppejä, jotka rakennesuunnittelija on määritellyt. Arkkitehdin mallissa rakennetyypit esiintyvät samannimisinä, kuten ovat myös rakennemallissa. Rakennetyyppien täytyy olla helposti saatavilla koko projektiryhmälle. (BuildingSMART Finland 2012.)

5.4 Lohko- ja kerrosmäärittelyt

Rakennusprojektin eri suunnittelualat mallintavat rakennukset kerroksittain, ja tätä voidaan pitää yleisvaatimuksena mallintamisessa. Kerroksittain mallintaminen johtuu siitä, että rakennusprojektissa tehtävät analyysit laaditaan pääasiassa kerroksittain. Tilaaja, käyttäjä ja muut osapuolet käsittelevät kohdetta pääosin kerroksittain.

Rakennusprojektissa jokaiselle erikseen esiintyvälle rakennukselle on tehtävä oma mallinsa. Rakennus voidaan tarvittaessa jakaa lohkoihin. Lohkoihin jakoa esiintyy etenkin suurissa hankkeissa. Lohkoihin jakaminen sovitaan aina erikseen projektiryhmän kanssa. Valmis malli luovutetaan aina kokonaisuutena mallina, vaikka siinä olisikin käytetty lohkojakoa. Mallin tiedostomuotona on IFC, mutta myös mallintamisohjelman käyttämä oma tiedostomuoto palautetaan.

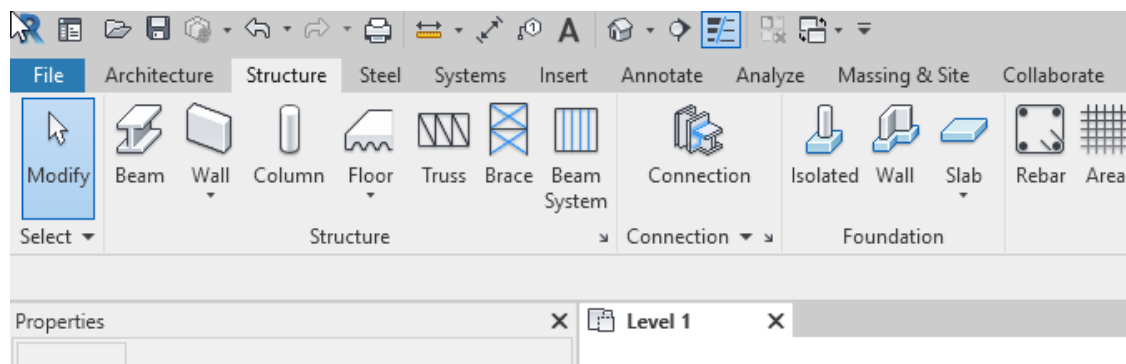
Rakenteet mallinnetaan aina koordinaatistoon. Rakennusprojektissa käytetään projektille määriteltyä koordinaatistoa. Koordinaatisto määritellään siten, että koko rakennusalue sijaitsee positiivisella koordinaatiston alueella. Nollapisteen eli origon sijainti on hyvä olla lähellä rakennusta, koska origon sijaitseminen kaukana rakennuksesta aiheuttaa useille käytettäville ohjelmille ongelmia. Korkeussuunnassa rakennukset mallinnetaan aina todelliseen korkeusasemaansa. Korkeusasema määräytyy kunnassa käytettävän korkeusjärjestelmän mukaan. Tietomallin mittayksikkönä käytetään millimetriä. Mallissa käytettävät kiertokulmat ilmoitetaan aina vähintään kahden desimaali tarkkuudella. (BuildingSMART Finland 2012.)

6 Autodesk Revit

6.1 Revit mallinnusohjelma

Autodeskin Revit on 3D-mallinnus- ja suunnitteluohjelma. Ohjelmaa soveltuu arkkitehtien, rakennussuunnittelijoiden, LVIS-suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden käyttöön. Revit 4D building information modelilla pystytään seuraamaan rakennuksen eri elinkaaren vaiheita rakentamisesta huoltoon ja jopa purkamiseen asti. Revit-ohjelman avulla suunnittelijat voivat luoda virtuaalisesti kokonaisia rakennuksia ja kokoonpanoja. Mallissa pystyy tarkastelemaan niin suuria kokonaisuuksia kuin pieniä yksityiskohtiakin. Mallissa pääsee esimerkiksi huoneeseen sisälle katsomaan, miltä huone näyttää valmiina todellisuudessa.

Revit -ohjelmassa on valmiiksi tehtyjä mallinnustyökaluja, joilla voidaan mallintaa seiniä, perustuksia, kattoja, lattioita ja välipohjia. Kuvassa 1 on esitetty erilaisia mallinnustyökaluja. Näitä työkaluja kutsutaan *familyiksi*. Rakenteessa jokainen eri ainekerros pystytään määrittelemään, mitä materiaalia rakennekerros on ja antamaan rakennekerrokselle paksuus. Esimerkiksi alapohjaan voidaan määrittää eri rakennekerrokset kuten betoni, lämmöneristys ja kapillaarikatko. Mallinnustyökaluja pystyy luomaan myös itse. Revit-ohjelman *familyillä* voidaan luoda parametrisiä malleja, joilla on erilaisia ominaisuuksia ja mittoja. Parametrien avulla voidaan muokata tiettyjä komponentteja *familyissä* muuttamalla taulukossa olevia parametrejä, kuten korkeutta ja leveyttä.



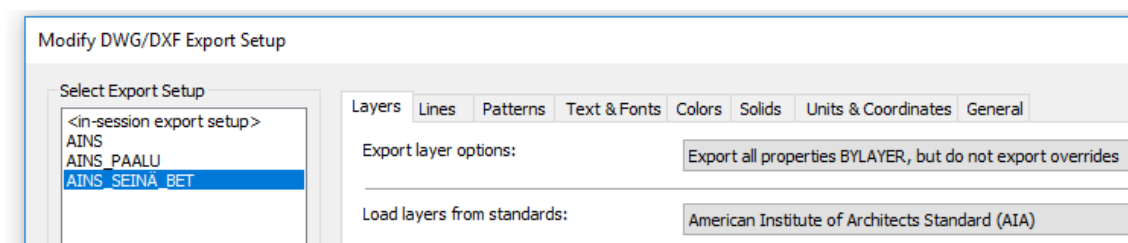
Kuva 1. Erilaisia mallinnustyökaluja

Parametrisellä mallintamisella tarkoitetaan projektin kaikkien elementtien välistä suhdetta, joka mahdollistaa järjestelmän koordinoinnin ja muutosten hallinnan. Nämä suhteet luodaan joko automaattisesti ohjelmalla tai ne luodaan itse. Matemaattisessa ja mekaanisessa CAD-tapauksessa näitä suhteita määrittelevät numerot ja tätä ominaisuutta kutsutaan parametriseksi. Tämän vuoksi ohjelman toimintatapa on parametrinen. (Autodesk knowledge network 2020.)

6.2 Export-asetukset Autocad-ohjelmaan

Revit-ohjelman eri kerrosnäkymistä ja leikkauksista pystytään tekemään DWG-, DXF- tai DNG-tiedostoja. Tätä kutsutaan *exporttaamiseksi*. *Exporttaus* tekee mallista 2D-kuvan ja tekee ääriviivat mallinnetuille rakenteille. Näillä viivoilla on vakioasetukset valmiina ohjelmassa. Viivoille on annettu joku paksuus ja taso, mille ne tulevat *exportatessa*. Viivoilla on valmiina myös joku väri. CAD-ohjelmassa ja Revit-ohjelmassa väreillä on samat värikoodit. Värikoodit vaihtelevat 1-260 välillä. A-Insinööreillä on määritelty viivoille tasot, millä mikäkin asia esitetään suunnitelmissa.

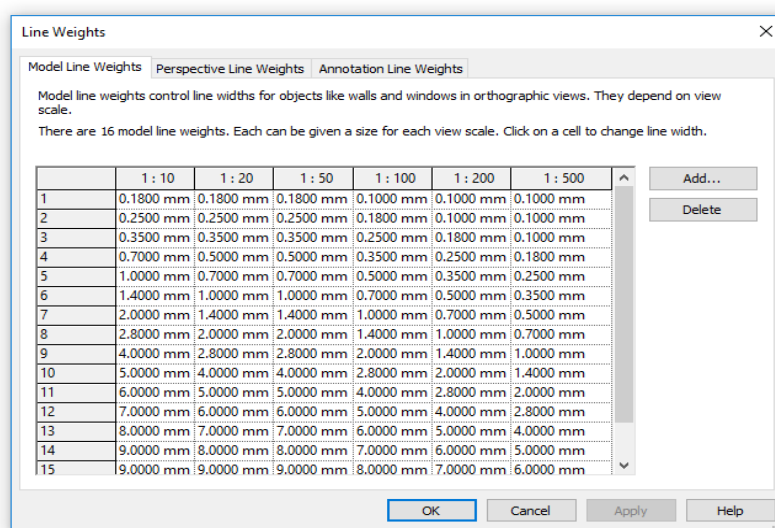
Aloituspohjassa on kolme eri vaihtoehtoa *export*-asetuksille (kuva 2). Aloitus pohjasta voi valita, joko AINS, AINS_PAALU tai AINS_SEINÄ_BET. Jokainen asetuseroaa vain vähän toisistaan. Pelkällä AINS asetuksella seinänä *hatch* (maalaukset) on tasolla R5AINE ja väri on ruskea (15), kun AINS_SEINÄ_BET samainen *hatchin* taso on R5BETMUS ja väri on harmaa (254). Tämä ero on tehty siksi, että seinässä voi olla vain yksi *hatch* kerrallaan, eikä seinän asetukseen pysty määrittelemään toista käytettävää *hatchiä*. Tämän takia asetuksia on kahta erilaista. AINS_PAALU eroaa muista kahdesta siinä, että pilarit tulevat tasolle R2PAALU. Kahdessa muussa asetuksessa pilarit ovat tasolla R3PILARIT. Tämä johtuu siitä, että mallissa pilarit ja paalut mallinnetaan samalla työkalulla. Mallissa pilarin ja paalun erottaminen tapahtuu vaihtamalla vain materiaalin tietoja ja kokoja, tai käyttämällä jonkun valmistajan valmiiksi tekemää tuotetta. AINS_PAALU asetusta käytetään yleensä perustuskuvissa, jos on paalutettu kohde.



Kuva 2. Export-asetusten valinta.

6.3 Viivatyyppien asetukset

Viivatyypeillä ja erilaisilla asetuksilla erotetaan piirustuksista asioita ja tehdään piirustuksista helpommin luettavia. Erilaiset viivat merkitsevät eri asioita piirustuksissa. Revit-ohjelmassa on oletusasetuksena viivoille, vakiopakisuus ja vakio-tyyppi. Aloituspohjaan on muokattu uudet viivapaksuudet ja tasot, jotka vastaavat yrityksen CAD-ohjelmassa käytettäviä viivapaksuuksia ja tasoja. Viivojen asetukset toimivat mittakaavassa 1:50, jos ne viedään Revit-ohjelmasta CAD-ohjelmaan. Kuvassa 3 on esitetty Revit-ohjelman viivojen paksuudet mittakaavoissa numeroin 1-16.



Kuva 3. Viiva paksuudet eri mittakaavoissa.

Jokaisella eri mallinnustyökalulla on oma taso, jolle viivat tulevat *exportatessa*. Viivojen tasot on muokattu aloituspohjassa vastaamaan yrityksen CAD-ohjelmassa käytettäviä viivataseja (kuva4). Kohdassa *Category* on mallinnustyökaluja esimerkiksi pilarille ja palkille. Tässä sarakkeessa ei voi muuttaa mitään,

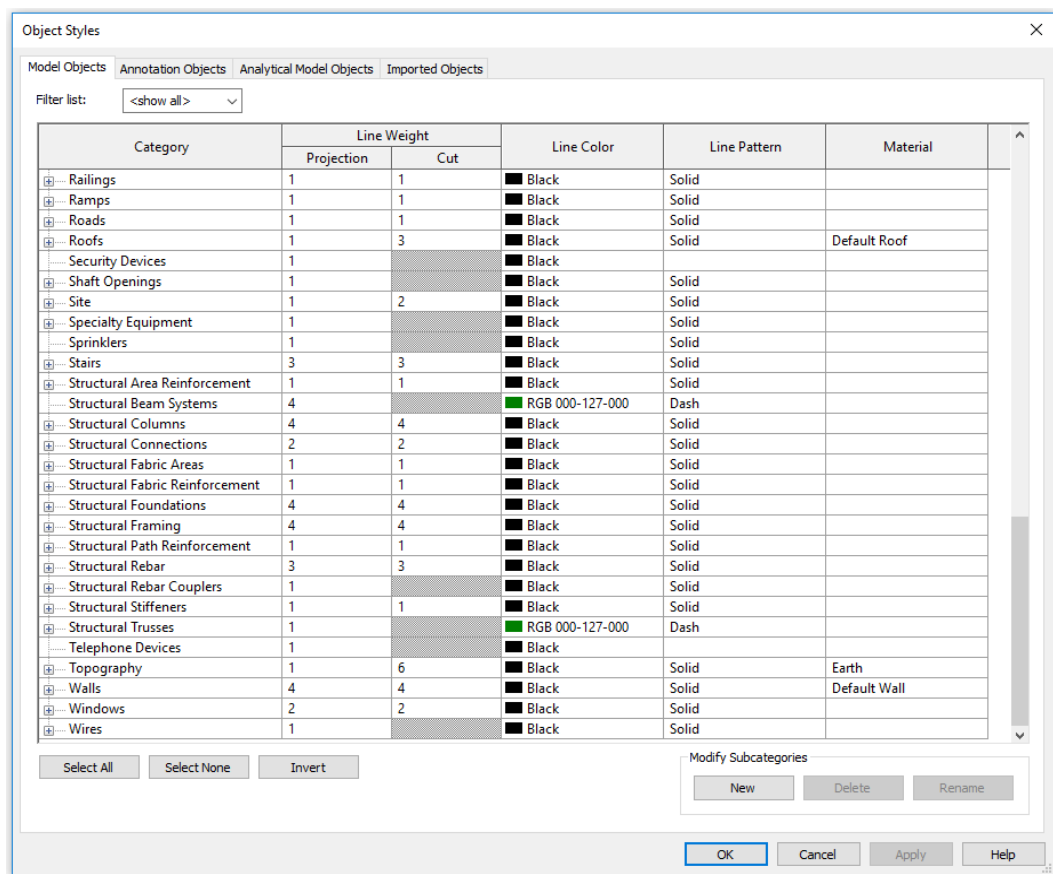
vaan tähän on listattu kaikki eri mallinnustyökalut ohjelmasta. *Projection* kohdassa ja sarakkeessa *Layer* voi muokata viivatason nimiä ja *Color ID* sarakkeessa viivan väriä.

Category	Projection		
	Layer	Color ID	
+ Structural Columns	R3PILARIT	4	
+ Structural Connections	R3KIINNITYSOSAT	1	
+ Structural Fabric Areas	S-AREA	171	
+ Structural Fabric Reinforcement	S-RBAR	6	
+ Structural Foundations	R2PERUSTUS	4	
+ Structural Framing	R3PALKIT	4	
+ Structural Path Reinforcement	R3RAUD-2	6	
+ Structural Rebar	R3RAUD-2	6	

Kuva 4. Viivatasot.

Revit-ohjelmassa viivojen eri paksuuksia voi muokata *View*-välilehdellä ja sieltä kohdasta *Object Styles* (kuva 5). *Line Weigh*-kohdassa on kaksi erillistä vaihtoehtoa. *Projection*-kohdassa on tason viivapaksuudet tasokuvassa ja *Cut*-kohdassa leikkauksen viivapaksuudet leikkauskuvassa. Näissä kohdissa on viivoille eri paksuusvaihtoehdot ja ne vaihtelevat 1-16 välillä. Kuvasta 2 selviää, minkä paksuinen viiva on missäkin mittakaavassa, kun valitsee viivanpaksuuden väliltä 1-16. Viivapaksuudet on muokattu vastaamaan yrityksen CAD-ohjelmassa käytettäviä viivapaksuuksia.

Line pattern-kohdasta voi muokata viivatyyppiä. Viivatyyppiä voi valita RT 15-10635 mukaisia eri viivatyyppipejä.



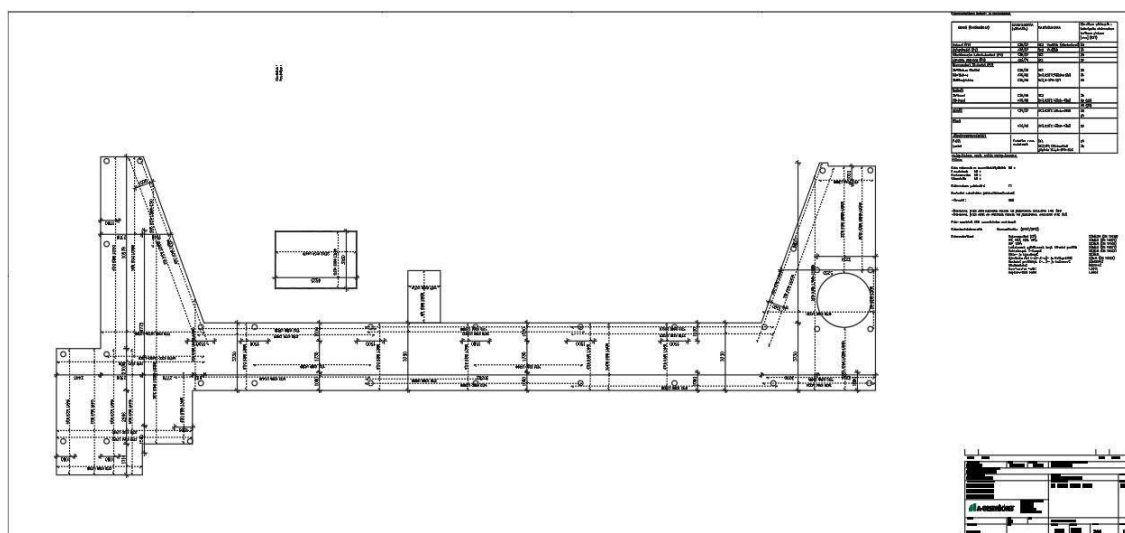
Kuva 5. Viivapaksuudet.

6.4 Piirustusarkin ryhmittely ja koko

Piirustusarkin koko on 4A kokonaislukukerrannainen. Piirustuslehti koostuu kansilehdestä, tekstiosasta ja piirroksesta (kuva 6). Kansilehdessä on nimiö ja muuttosarake. Tilaa varataan myös paikannuskaaviolle ja viranomaismerkinnöille.

Tekstiosassa on selityksiä, laskelmia, laskelmissa käytettyjä kuormia, piirustusmerkkintöjä ja piirustusmerkinnöille selityksiä. Tekstiosa sijaitsee nimiön yläpuolella tai sen vasemmalla puolella. Tekstiosassa esiintyy betonille, puulle ja teräksellä asetettuja lujuusluokkavaatimuksia. Betonille on asetettuja erilaisia lujuusluokkavaatimuksia ja tekstiosasta selviää, mitä betonia käytetään missäkin rakennuksen osassa. Betonin lujuusluokka voi olla esimerkiksi C25/30. Lujuusluokalla tarkoitetaan betonin puristuskestävyyttä. Puristuskestävyyden suure on MPa. Betonille on myös asetettu rasitus- ja ympäristöluokkavaatimuksia esimerkiksi XC0 (kuiva sisätila). XC-luokat ovat rasitusluokkia ja ne määräytyvät eri olosuhteiden mukaan. Kohteessa käytettävän puutavaran lujuusluokkavaatimus on

yleensä C24. Rakenneteräksille vaaditut lujuusluokat ovat yleensä S235 tai S355. Piirrososassa on itse piirros ja se sijoitetaan nimiön vasemmalla puolelle. Piirustukset taitellaan A4-kokoon. (Rakennustieto Oy, 2004.)



Kuva 6. Piirustusarkin ryhmittely (A-Insinöörit Suunnittelu Oy 2020, piirustus-arkki.)

Aloituspohjassa paperikoot ovat valmiiksi luotuja ja niissä on mukana myös nimiöt. Paperien koot on esitetty kokonaisina A4-arkkeina. Käytettävä paperikoko valitaan piirustuksen mukaan. Valmiiksi tehdyt paperikoot nimiöiden kanssa nopeuttavat ja helpottavat piirustusten valmistamista.

7 View template

View template eli näkymämalli on kokoelma eri näkymäasetuksia. Näkymäasetuksilla määritellään, mitkä eri osat näkyvät mallissa ja mitkä osat eivät näy. *View templateja* voidaan luoda malliin erilaisia ja kaikki eri näkymäasetukset saadaan kerralla näkyviin tai pois näkyvistä valitsemalla käytettävä *View template*. Niitä voidaan myös siirtää projektista toiseen eli samassa mallissa voi olla arkkitehdillä omat näkymämallinsa ja rakennesuunnittelijalla omat näkymämallinsa. (Autodesk knowledge network 2020.)

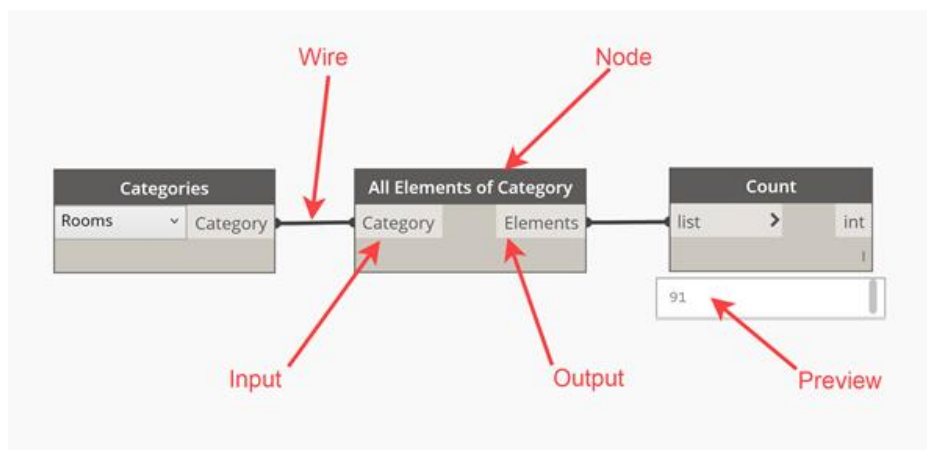
Aloituspohjaan on luotu erilaisia *view templateja* eri käyttötarkoituksia varten. Erilaisia *View templateja* aloituspohjassa on perustus- pohja- katto-, reikä, IV-konehuone ja ullakko *view templateja*.

8 Dynamo

8.1 Dynamo

Dynamo on visuaalinen ohjelmointityökalu, joka toimii Revit-ohjelman kanssa. Dynamo laajentaa Revit-ohjelman käyttömahdollisuuksia ja tehostaa ohjelman käyttöä. Dynamo tarjoaa pääsyn Revit-ohjelman API (Application Programming Interface) sovellusohjelmointirajapintaan. Dynamossa ei kirjoiteta koodia, vaan käytetään valmiiksi määriteltyjä graafisia elementtejä. Graafisia elementtejä kutsutaan solmuiksi (*node*). Prosessi on olennaisesti sama, sekä ohjelmoinnissa että visuaalisessa ohjelmoinnissa.

Dynamossa jokainen solmu suorittaa tietyn tehtävän. Solmuilla on tulot (*input*) ja lähdöt (*output*) (kuva 7). Solmun lähtö yhdistetään toisen solmun sisääntuloon johtimen avulla (*wire*). Ohjelma tai kuvaaja virtaa solmusta solmuun johtoverkon kautta, jolloin tuloksena on visuaalinen ohjelmoitu verkko. Yksi dynamon vahvuuksista on helppo pääsy solmujen kirjastoon, josta löytyy paljon erilaisia solmuja eri käyttötarkoituksiin. (Archsmaster 2020.)



Kuva 7. Visuaalinen ohjelmointi dynamolla. (kuva Archsmaster.)

Visuaalinen ohjelmointi dynamolla aloitetaan etsimällä kirjastosta solmu. Kirjastosta voidaan etsiä solmua valikon kautta tai kirjoittaa solmun nimi erilliseen hakukenttään. Kuvassa 7 ensimmäisessä solmussa on kategoria ja alasvetovalikosta on valittu huoneet (*rooms*). Seuraavassa solmussa on kaikkien elementtien

kategorioiden solmut (*category*). Nämä kaksi solmua on yhdistetty johtimella. Solmujen yhdistäminen tapahtuu painamalla ensin solmun ulostulokohdasta, jolloin näytölle ilmestyy piste, joka on katkoviivalla kiinni solmun ulostulokohdassa. Seuraavaksi yhdistetään johdin toisen solmun sisäänmenoon, jolloin data kulkee ensimmäisestä solmusta toiseen. Viimeisen solmun tehtävä on listata kaikki mallissa olevat huoneet. Tämä visuaalinen ohjelmointi laskee mallissa olevien huoneiden lukumäärän. (Dynamo 2020.)

8.2 Piirustusluettelo

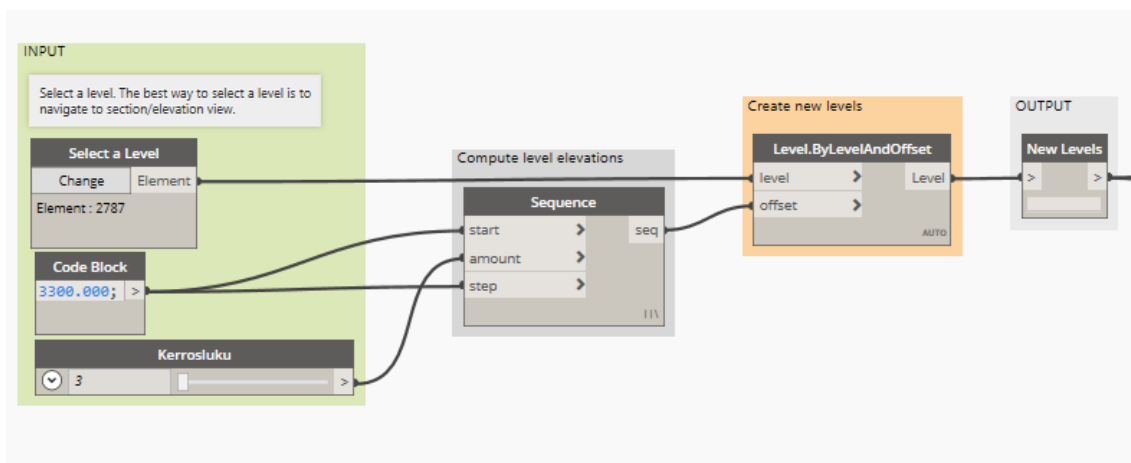
Dynamon avulla luodaan piirustusluettelo Excelliin. Dynamolla on ohjelmoitu, mitä parametritietoja dynamo hakee piirustuslehdessä ja tuo määritetyt parametritiedot Excelliin. Parametrien tiedot tulevat erilliselle välilehdelle Excelissä. Lopulliseen piirustusluetteloon tiedot siirtyvät soluviittauksilla, jotka on valmiiksi määriteltä Excelliin.

Jos piirustuksissa tapahtuu muutoksia tai tulee uusia suunnitelmia, piirustusluettelon päivittäminen onnistuu samalla tiedostolla. Tällöin dynamotiedosto ajetaan uudestaan Excelliin ja muuttuneet tai uudet tiedot päivittyvät sinne automaattisesti.

8.3 Kerrosnäkymät

Dynamon avulla luodaan Revit-ohjelman eri kerrosnäkymät. Kerrosnäkymiä ovat esimerkiksi ensimmäisen kerroksen katto ja ensimmäisen kerroksen pohja. Näitä eri näkymiä varten dynamossa on valmiina tiedosto, jolla eri kerrosnäkymät voidaan luoda (kuva 8). Tähän tiedostoon syötetään kerroksien lukumäärä, kerroskorkeus ja valitaan se kerros, minkä yläpuolelle uudet kerrokset luodaan. Dynamo luo katto-, pohja-, ja rakennennäkymät Revit-ohjelmaan annetuilla arvoilla.

Dynamon avulla kerrosnäkymien luonti helpottuu, koska ilman sitä jokainen eri kerrosnäkymä jouduttaisiin luomaan erikseen. Sen avulla tarvittavat kerrosnäkymät pystytään luomaan kerralla. Tämä nopeuttaa ennen kaikkea sellaisissa koh-teissa, missä on toistoa paljon kuten kerrostalokohteissa.



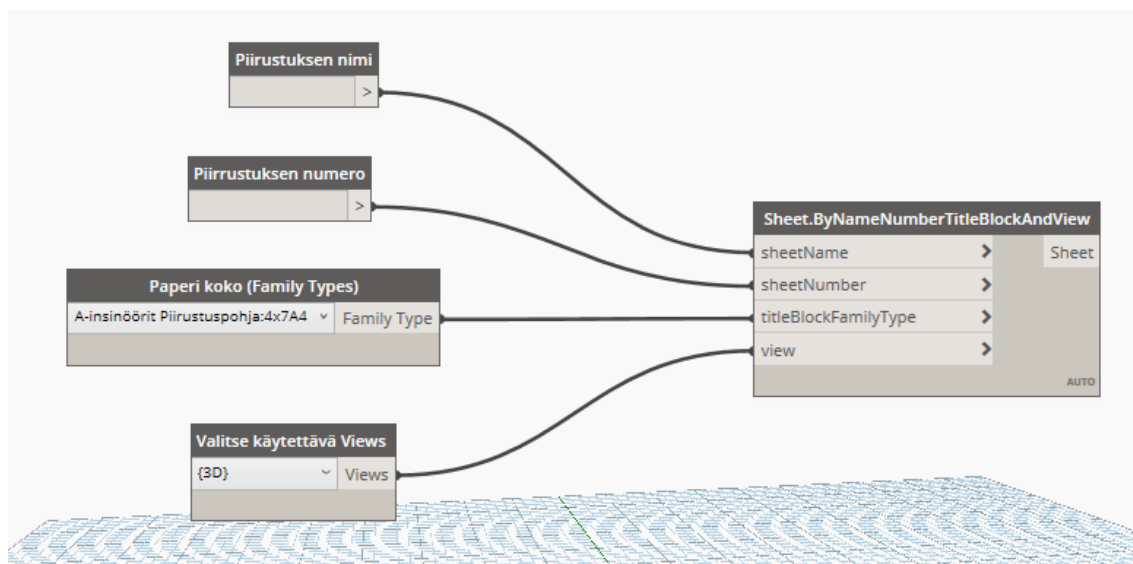
Kuva 8. Kerrosnäköymien luonti (Dynamo 2020.)

8.4 Piirustusarkki

Piirustusarkin luonti onnistuu kokonaisuudessaan dynamon avulla. Aloituspohjassa on valmiiksi luotu eri paperikokoja, joissa on nimiöt valmiina. Paperikoot ovat A4-koon kokonaiskerrannaisia.

Dynamon avulla luodaan piirustusarkki. Piirustusarkin luontiin käytetään kuvan 9 mukaista ohjelmointi polkua. Piirustukselle annetaan nimi, numero ja paperikoko. Lisäksi valitaan myös piirustusarkilla käytettävä näkymä (*Views*). *Viewsit* ovat Revit-ohjelmassa olevia erilaisia näkymiä. Näitä eri näkymiä voi olla tasokuvia tai leikkauskuvia. Revit-ohjelmassa piirustusarkille tuodaan aina joku *Views*, koska muuten piirustusarkilla ei näy mitään. Ilman Dynamon käyttöä luodaan ensin piirustusarkki ja sen jälkeen piirustusarkille voi tuoda käytettävän *Viewsin*. *Viewsin* tuonti piirustusarkille tapahtuu raahaamalla.

Dynamossa piirustukselle annettava nimi ja numero tulevat suoraan nimiöön, eikä niitä tarvitse enää uudestaan kirjoittaa nimiöön. Piirustuksen nimeä, numeroa ja paperikokoa on mahdollista jälkeinpäin muokata.



Kuva 9. Piirustusarkin luonti.

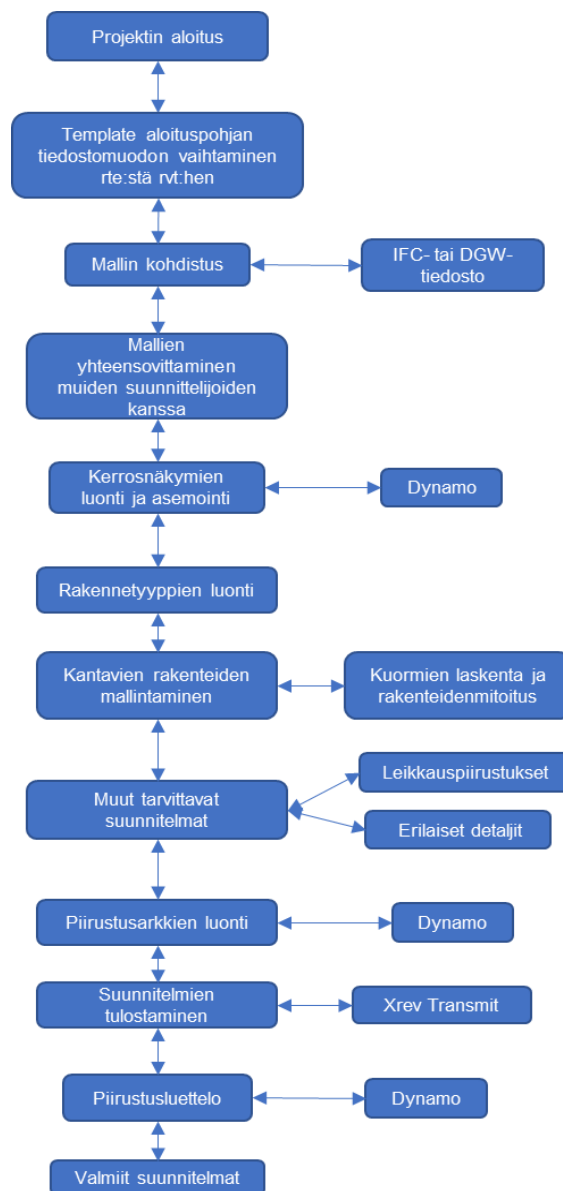
9 Xrev Transmit

Xrev transmit-ohjelma on kehitetty Revit-ohjelmasta saatavien suunnitelmien tulostamiseen. Ohjelmalla pystyy tekemään DWF-, DWG-, DFX- PDF ja RVT-tiedostoja ja tulostuksia. Ohjelmalla voi tehdä yksittäisen tulostuksen tai samaan aikaan monia eri tulostuksia. Tulostusasetuksista valitaan, mitä eri arkkeja halutaan tulostaa. Ilman Xrev Transmit-ohjelman apua jouduttaisiin Revit -ohjelmassa jokainen eri arkki tulostamaan erikseen. Ohjelmalla voi samanaikaisesti tulostaa PDF-tiedoston ja tehdä samalla DWG-tiedoston.

Ennen kuin ohjelmalla pystyy tulostamaan tulostusasetukset pitää määrittää ohjelmaan. Asetuksissa määritetään muun muassa paperikoko, paperin suunta, mitä PDF-tulostinta käytetään ja mitä asioita ei näy tulosteessa. DWG-tiedoston tekemiseen määritetään myös omat asetukset. Asetukset voivat olla esimerkiksi seuraavanlaiset: DWG-tiedoston version (2013), väriskaala (1-260), mittayksikkö (millimetri) viivatyypin skaalaus (*linetype scale*) ja käytettävät *export*-asetukset (AINS, AINS_PAALU, AINS_SEINÄ_BET). Ohjelma voi käyttää myös valmiiksi aloituspohjaan määritettyjä *export*-asetuksia. Xrev transmit-ohjelma nopeuttaa tulostuksien tekemistä ja tehostaa samalla Revit-ohjelman käyttöä. (Xrev 2020)

10 Tulokset

Kehitystyön tarkoituksena oli tehdä aloituspohja Revit mallinnusohjelmaan A-Insinööreille Joensuuhun. Tavoitteena oli myös selkeyttäminen ja yhtenäistää mallintamista suunnittelutoimistossa. Kuviossa 2 on koottu ohjeistus, millä edellä mainittuja asioita pyritään parantamaan. Kun noudatetaan kuviossa 1 esitettyjä ohjeita, rakennesuunnittelutoimiston sisällä saavutetaan yhtenäiset käytännöt mallintamisessa.



Kuvio 2. Mallintamisen ohjeet

Kehityskohteina oli myös paljon toistoa vaativien työvaiheiden tehostaminen. Tällaisia vaiheita olivat kerrosnäkökymien ja piirustusarkkien luonti, piirustusluettelon ylläpitäminen Excelissä ja valmiiden suunnitelmien tulostaminen Revit-ohjelmasta. Näiden työvaiheiden tehostamiseen käytettiin kahta erillistä ohjelmaa, jotka olivat Dynamo ja Xrev Transmit.

Dynamolla ohjelmoitiin valmiita tiedostoja, joita hyödynnetään kerrosnäkökymien ja piirustusarkkien luomisessa. Lisäksi ohjelmoitiin tiedosto, jonka avulla tehdään ja ylläpidetään piirustusluetteloa Excelissä. Näillä ohjelmoinneilla saadaan toistoa tarvitsevia työvaiheita vähennettyä, koska automatiikka hoitaa sen. Samalla mahdollisten virheiden määrä vähenee, kun tietojen siirtämistä tai luomista ei tarvitse tehdä käsin.

Suunnitelmien tulostaminen on aikaa vievä työvaihe suunnittelussa etenkin, jos projektissa on paljon erilaisia suunnitelmia. Xrev Transmit-ohjelmalla tehdään suunnitelmien tulostaminen PDF-muotoon, ja ohjelma nopeuttaa selvästi tätä prosessia suunnittelussa. Ohjelmalla pystyy tulostamaan kaikki tai käyttäjän valitsevat suunnitelmat yhdellä kerralla.

11 Pohdinta

Kehittämästäni aloituspohjasta syntyi käyttökelpoinen työkalu A-insinööreille Joensuun toimipisteeseen. Aloituspohjasta tuli lähelle alkuperäisen suunnitelman mukainen. Joitakin rajoituksia jouduin tekemään, kun ohjelma ei taipunut ihan joihinkin kohtiin, kuin olin suunnitellut. Pitkän miettimisen jälkeen löytyi keinoja, millä päästiin mahdollisimman lähelle tavoitetta. Esimerkki tästä on eri *export*-asetukset aloituspohjaan. Revit-ohjelmassa pystytään antamaan *familylle* eri materiaalitietoja, mutta *exportetessa* ne tulevat samalle tasolle. Tähän löysin keinon tekemällä kolme eri asetusta aloituspohjaan.

Dynamon käyttö Revit-ohjelmassa antaa monenlaisia uusia mahdollisuuksia. Dynamo oli itselle kokonaan uusi tuttavuus, ja jouduin opettelemaan ohjelman käytön alusta asti. Alussa oli hankaluuksia ohjelman kanssa. Usein tein päivän töitä ohjelmoinnin kanssa, enkä saanut haluttuja tuloksia aikaan. Monesti seuraavana

aamuna ratkaisin edellisen päivän ongelman ja sain ohjelmoinnin toimimaan halutulla tavalla. Paljon meni aikaan Dynamon käytön sisäistämiseen. Merkittävin apu Dynamosta on piirustusluetteloja tehdessä. Ohjelma hakee määritetyt parametrit ja tuo ne Exceeliin. Tämä nopeuttaa huomattavasti piirustusluettelon tekemistä ja mahdollisten virheiden määrä vähenee. Dynamo nopeuttaa tiettyjä prosesseja Revit-ohjelmaa käytettäessä esimerkiksi arkkien- ja kerrosnäkymin luonnissa. Varsinaisessa käytössä vasta tiedetään, kuinka paljon aikaa säästyy Dynamolla tehtyjen ohjelmointien avulla.

Xrev transmit-ohjelma löydettiin vasta kehitystyön loppupuolella. Tämä ohjelma nopeuttaa huomattavasti arkkien tulostamista ohjelmasta. Vasta vähän on päästy testaamaan Xrev transmit-ohjelmaa, mutta tulokset ohjelman käytöstä ovat positiivisia. Paras ominaisuus ohjelmassa on, että sillä pystyy tulostamaan ja tekemään monta tiedostoa kerralla

Kehityskohteeksi jäi nimiössä oleva muutossarake. Muutossarakkeen kanssa tein paljon töitä, mutta siitä en saanut tehtyä halutunlaista. Olisin halunnut enemmän automatisoida sitä enemmän. Muutossarakkeesta teki hankalan, kun siinä olevat parametritiedot pitäisi saada siirtymään Exceeliin. Nyt muutossarakkeen kanssa joutuu tekemään käsin töitä, minkä olisin halunnut välttää. Seuraava kehityskohta olisi makrojen luominen aloituspohjaan. Makrot nopeuttaisivat dynamon käyttöä, kun ei tarvitsisi avata dynamoa ja sen eri tiedostoja, vaan makro hoitaisi sen automaattisesti.

Lähteet

- A-Insinöörit. 2019. <https://www.ains.fi/konserni/>. 20.01.2020.
- A-Insinöörit Suunnittelu Oy 2020. piirustusarkki. 15.2.2020.
- Autodesk 2020. Products/revit/overview. Autodesk <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>. 22.01.2020.
- Autodesk inc 2016. The Dynamo Primer. Autodesk.<https://primer.dynamo-bim.org/>. 20.01.2020.
- Autodesk Knowledge Network 2020. About View templates. Autodesk Knowledge Network <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Customize/files/GUID-C3B5FB82-3247-48F6-82F0-73011A0F8027-hm.html>. 29.01.2020.
- Autodesk Knowledge Network 2020. About Parametric Modeling Relationships. Autodesk Knowledge Network. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-hm.html>. 24.01.2020.
- BuildingSMART Finland 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012, Building SMART finland. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>. 4.03.2020.
- BuildingSMART Finland 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012, Osa 1 Yleinen osuus. Building SMART finland. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf. 15.01.2020.
- BuildingSMART Finland 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012, Osa 5 Yleinen osuus. Building SMART finland. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf. 16.01.2020.
- Kilkelly, M 2018. What Is Dynamo and 5 Reasons You Should be Using It. Archmarter 2020. <https://archsmarter.com/what-is-dynamo-revit/>. 25.01.2020.
- Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2006. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Teoksessa Jäväjä-Lehtoviita, P&T (toim). Helsinki: Rakennustieto Oy, 24-25.
- Rakennustieto Oy 2004. RT kortti 15-10824. Helsinki. Rakennustietosäätiö RTS, 2.
- Rakennustieto Oy 1997. RT kortti 15-10635. Helsinki. Rakennustietosäätiö RTS, 8-10.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry 2006. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Tekstiosa. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.
- Xrev Pty Ltd 2020. Products. Xrev Pty Ltd <https://www.xrev.com.au/products/Xrev-Transmit>. 05.02.2020.

Osa 5: Rakennesuunnittelu

Liite 1: Rakennemallin tietosisältö

x = mallinnetaan, (x) = mallintamisesta on sovittava projektikohtaisesti

Yleissuunnittelu

Rakenne	Rakennusosa	x/(x)	Tarkkuus
Perustukset	Paalutukset	(x)	
	Anturat	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Perusmuurit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Peruspilarit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Peruspalkit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Lämmöneristeet	(x)	
Alapohjat	Alapohjalaatta	x	Mallinnetaan kantavan osuuden perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Alapohjakanaalit	(x)	
	Erityiset alapohjat	(x)	
	Lämmöneristeet	(x)	
Runko	VSS	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Kantavat seinät	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Pilarit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Palkit	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Välipohjat	x	Mallinnetaan kantavan osuuden perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Yläpohja	x	Mallinnetaan kantavan osuuden perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Erityiset runkorakenteet	(x)	
Julkisivut	Ulkoseinät	(x)	Voidaan mallintaa esimerkiksi yhtenäisenä seinäobjektina määrien raportoinnin takia
	Erityiset julkisivurakenteet	(x)	
Ulkotasot	Parvekkeet	x	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein
	Katokset	(x)	
	Erityiset ulkotasot	(x)	
Vesikatot	Vesikattorakenteet	(x)	
	Riistysrakenteet	(x)	
	Lasikattorakenteet	x	Kantavat rakenteet mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein

Osa 5: Rakennesuunnittelu

Rakenne	Rakennusosa	x/(x)	Tarkkuus
Tilan jako-osat	Ei-kantavat betoniset väliseinät	(x)	
Muut tilaosat	Rakenteisiin kuuluvat tilaa vievät osat esim palonsuojalevyt	(x)	
	Hoitotasot ja kulkureitit	(x)	

(BuildingSMART Finland 2012.)