

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Esa Koskinen

TIETOMALLIPOHJAISEN ELEMENTTISUUNNITTELUN TYÖKALUNA
AGACAD PRECAST CONCRETE -OHJELMISTO

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2021



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2021
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Esa Koskinen

Nimeke
Tietomallipohjaisen elementtisuunnittelun työkaluna Agacad Precast Concrete -ohjelmisto

Toimeksiantaja
Insinööritoimisto Kantelinen Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tietomallintamalla toteutettua elementtisuunnittelua Revit-mallinnusohjelmalla. Suunnittelussa hyödynnettiin Agacadin tarjoamaa elementtisuunnittelun lisäosaa Precast Concretea. Tarkoitus oli selvittää, pystytäänkö lisäosan avulla tehostamaan tietomallintamalla tehtävää elementtisuunnittelua. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Insinööritoimisto Kantelinen Oy:lle.

Työssä vertailtiin perinteisen 2D-elementtisuunnittelun ja tietomallintamalla tehdyn elementtisuunnittelun eroja. Yksi tietomallinnuksen suurimmista eduista elementtisuunnittelijalle on 3D-mallin havainnollistava vaikutus.

Tuloksista havaittiin, että Revit-mallinnusohjelmalla Agacadin lisäosan kanssa pystyttiin tekemään elementtisuunnittelua tietomallintamalla, ja lisäosan tarjoamalla työkaluilla saadaan huomattavasti nopeutta elementtien mallinnukseen, sekä tuotantokuvien valmistukseen. Edellä mainituilla ohjelmistoilla tehtävää mallintavaa elementtisuunnittelua ei kuitenkaan vielä tämän työn aikana saatu yhtä tehokkaaksi verrattuna insinööritoimistolla ennestään käytössä olleeseen CAD-ohjelmalla tehtävään elementtisuunnitteluun. Revit ja Precast Concrete -ohjelmistot vaativat vielä lisäkehitystä, jotta niiden käyttö elementtisuunnittelussa olisi taloudellisesti houkutteleva vaihtoehto.

Kieli
suomi

Sivuja 45
Liitteet 2
Liitesivumäärä 6

Asiasanat
Agacad, Revit, elementtisuunnittelu, tietomallinnus



THESIS
June 2021
Degree Programme in Civil Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Esa Koskinen

Title
Using Agacad Precast Concrete Software Tool in Building Information Modelled Element Design

Commissioned by
Insinööritoimisto Kantelinen Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to look into building information modelled element design by Revit modelling program, also utilizing a Precast Concrete add-on provided by Agacad. The goal was to investigate whether the use of the add-on could make building information modelled element design more efficient. The thesis was made as an assignment for engineering business Insinööritoimisto Kantelinen Oy

In this thesis, traditional 2D element design is compared with building information modelled element design. One of the greatest benefits of data modelling to the element designer is the illustrative effect of the 3D model.

As a result, it was found that the Revit modelling program together with the Agacad add-on can be used in building information modelled element design, and the tools of the add-on did significantly speed up the element modelling process, as well as creation of production images. However, using the above-mentioned program during this study, the element design was not as efficient as it was by using the CAD-program already in use at the engineering business. Revit and Precast Concrete programs need further development, in order to be financially attractive options in element design.

Language
Finnish

Pages 45
Appendices 2
Pages of Appendices 6

Keywords
Agacad, Revit, element design, building information modelling

Käsitteet ja lyhenteet

2D	Kaksiulotteinen (2-dimensional)
3D	Kolmiulotteinen (3-dimensional)
IFC	Industry Foundation Classes (kansainvälinen rakennusalan standardi tiedonsiirtoon)
DWG	CAD-ohjelmien tiedostomuoto
Assembly	Elementtikokoonpano Revit-mallinnusohjelmassa
TATE	Talotekniikka
FEM	Finite Element Method (elementtimenetelmä)
Agacad	Yritys, joka tuottaa lisäosia Revit-mallinnusohjelmaan
Original-tila	familyjen oletustila mallintaessa
Parts-tila	familyjen tila familyn osiin jaon jälkeen
CAD	Computer-aided desing (tietokone avusteinen suunnittelu)
BIM	Building Information Model (tietomallinnus)

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Betonelementtisuunnittelu	8
2.1	Elementtisuunnittelija	8
2.2	Betonelementtien käyttö	8
2.3	Betoniset seinäelementit	9
2.4	BEC 2012 elementtisuunnittelun mallinnusohje	10
2.5	Elementtimallinnuksen suunnitteluvaiheet	12
2.6	Elementtisuunnittelun tarkkuustasot	12
3	Tietomallinnus	13
3.1	Autodesk Revit	14
3.2	Familyt	14
3.2.1	System familyt	14
3.2.2	Component familyt	15
3.2.3	In place familyt	16
3.3	Industry Foundation Classes	16
4	Agacad-ohjelmisto	17
4.1	Smart walls -työkalu	17
4.2	Sort mark -työkalu	19
4.3	Smart connections -työkalu	21
4.3.1	Elementtiliitokset	22
4.3.2	Nostolenkit	24
4.4	Smart assemblies -työkalu	24
4.4.1	Piirustusten luonti	25
4.4.2	Piirustusten mitoitus	30
5	Seinäelementin mallinnusperiaatteet	33
5.1	Seinän mallinnus ja geometria	33
5.1.1	Original ja parts	34
5.2	Elementtijako	35
5.3	Päätyliitokset	36
5.4	RAK varaukset	36
5.5	Valutarvikkeet	36
5.6	Assembly ja piirustusten luonti	37
6	Pilottihanke	38
7	Johtopäätökset	42
8	Pohdinta	43
	Lähteet	45

Liitteet

Liite1	Sandwich-elementin valmistuskuvat
Liite 2	Väliseinäelementin valmistuskuvat

1 Johdanto

Nykypäivän rakennesuunnittelu on menossa kovaa vauhtia 2D-suunnittelusta kohti 3D-tietomallintavaa suunnittelua. Useimmissa kohteissa alkaa olla jo vaatimusten rakennuksen mallintamisesta. Tietomalliohjelmat ovat monimutkaisempia ja kalliimpia verrattuna 2D-suunnitteluohjelmiin. Jotta elementtisuunnittelua voitaisiin tehdä kustannustehokkaasti tietomallintamalla, tulee siinä pystyä käyttämään mekaanisten suunnittelutoimien automatisointia.

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia, saataisiinko Agacadin tarjoamalla lisäosalla automatisoitua ja nopeutettua elementtisuunnittelua Revit-mallinnusohjelmassa, sekä pystytäänkö mallinnusohjelmasta tuottamaan suoraan valmiita elementtisuunnitelmia valmistettavaksi elementtitehtaalle. Tavoitteena oli siis rakennuksesta tuotettavan 3D-tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen, ja elementtisuunnittelun tarkkuustason nostaminen niin, että se palvelee tehokkaammin elementtitehtaita, työmaita kuin myös suunnittelutoimistoa itseään. Tarkoituksena oli myös saada käsitystä siitä, pystyykö Revit kilpailemaan tietomallinnustyökaluna elementtisuunnittelussa muiden markkinoilla olevien ohjelmien kanssa.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi insinööritoimisto Kantelinen Oy. Kyseinen yritys on käyttänyt rakennusten tietomallintamiseen Autodesk Revit-mallinnusohjelmaa. Opinnäytetyön aloitushetkellä toimeksiantaja käytti rakennuksista tuotettuja tietomalleja pääsääntöisesti törmäystarkastelussa, havainnollistavana mallina suunnittelussa sekä rakennemitoituksessa analyttisten FEM-mallien luonnissa.

Työn alussa oli tarkoitus luoda asetusmääritykset elementtien valutarvikkeiden automaattista syöttöä varten sekä piirustusasetusten määrittäminen vastaamaan toimiston tämänhetkistä esitysmallia kaiken tyyppisille elementeille. Työn edetessä alkoi kuitenkin hahmottua, kuinka työläitä näiden asetusten tekeminen on, ja tästä syystä päädyttiin rajaamaan työssä tarkasteltavia elementtejä. Työ on ra-

jattu siten, että tarkastelussa ovat vain väliseinä, sisäkuori, sandwich-, ja sokkelielementit. Tavoite oli siis luoda automaattiset valutarvike- ja piirustusasetukset näille elementeille. Elementtien raudoituksia ei lähdetty mallintamaan tässä työssä.

2 Betonielementtisuunnittelu

2.1 Elementtisuunnittelija

Elementtisuunnittelija laatii rakennesuunnittelijan tekemien suunnitelmien perusteella elementtien rakenne-, työ- ja mittapiirustukset, sekä tarvittavat lujuuslaskelmat. Tyypillisiä mitoitustehtäviä elementtisuunnittelijalle ovat ikkuna- ja ovipalkkien sekä seinissä kapeiden ovipieltien mitoitus. Elementtisuunnittelija vastaa myös elementtien kiinnitys- ja liitosdetaljeista kuin myös kuljetuksen ja asennuksen aikaisesta tuennasta sekä ylläpitää elementtiluettelo. [1.]

Elementtisuunnittelijan on otettava suunnitelmissaan huomioon elementin koko ja paino. Elementin kokoa rajoittavia tekijöitä ovat rajoitukset valmistuksessa, kuljetuksessa ja asennuksessa. Elementit tulee suunnitella massaltaan vastaamaan valmistuksessa, kuljetuksessa ja asennuksessa käytössä olevaa nostokapasiteettia. Pääsääntöisesti elementit pyritään pitämään massaltaan alle 10 tonnissa. Kuljetuksen ja valmistuksen näkökulmasta elementin maksimikorkeus on noin 4,2 metriä ja pituus noin 9 metriä riippuen valmistajasta ja kuljetusliikkeestä. Korkeaa elementtiä, joka joudutaan kääntämään työmaalla ennen asennusta, sanotaan kääntökiveksi. Näiden kääntökivien asennus on hitaampaa ja kalliimpaa, joten niidenkin suunnittelussa on oltava yhteydessä työmaan sekä elementtivalmistajan kanssa. [2.]

2.2 Betonielementtien käyttö

Betonielementtejä pystytään käyttämään monipuolisesti erityyppisissä talonrakennushankkeissa, ja koko rakennuksen runko on toteutettavissa elementtitekniikalla. Elementtirakentamisen suurimpia hyötyjä verrattuna paikallavaluun

ovat rungon pystytyksen nopeus ja elementtien valmistus sisätiloissa säältä suojassa. Betonisilla elementeillä saadaan helposti toteutettua kestäviä sekä palo- ja ääniteknisten vaatimustenmukaisia rakenteita, ilman erillisiä eristeitä. Betonielementtejä käytetään noin kolmanneksessa kaikissa Suomessa rakennettavista runkorakenteista ja noin viidennes julkisivuista on tehty betonielementeistä. [3.]

Vuonna 2008 rakennusten rungoista oli betonielementtejä

- asuinkerrostaloissa 74 %
- rivitaloissa 22 %
- toimistorakennuksissa 74 %
- kaikissa toimitilarakennuksissa yhteensä 46 %
- teollisuusrakennuksissa 35 %
- maatalouden rakennuksissa 22 % ja
- varastorakennuksissa 46 %

Kuva 1. Betonielementtien käyttö rakennusten runkona. [3.]

2.3 Betoniset seinäelementit

Seinäelementit jakautuvat ulkoseinä, ja väliseinäelementteihin. Vaivattomin tapa tehdä ulkoseinät on käyttää betonisandwich-elementtejä, joissa seinärakenne muodostuu sisä- ja ulkokuoresta sekä näiden välissä olevasta lämmöneristeestä. Ulkokuorelle löytyy useita erilaisia pintavaihtoehtoja, jotka pystytään toteuttamaan valmiiksi elementtitehtaalla, kuten tiililaatta, harjattu, pesty tai maalattu pinta. Ulkokuoren paksuus on yleensä 80 mm ja sisäkuoren 120 - 160 mm riippuen siitä onko sisäkuori kantavarakenne vai ei. Ulkokuori voidaan jättää pois elementistä, jos julkisivu tulee jostakin muusta kuin betonista. Jos elementtiin ei tule ulkokuorta, kutsutaan sitä sisäkuorielementiksi. Rakennusten betoniset väliseinät toteutetaan pääsääntöisesti joko 180 mm tai 200 mm paksuina.

[1.]

2.4 BEC 2012 elementtisuunnittelun mallinnusohje

Betonielementtien oikeaoppiseen mallintamiseen on tehty oma ohjeistus BEC-2012 elementtisuunnittelun mallinnusohje. Ohjeistuksessa määritellään pelisäännöt, joiden mukaan betonielementtien tietomallinnus tulisi Suomessa tehdä. Mallinnettaessa elementit saman ohjeistuksen mukaan, ovat mallit samanlaisia riippumatta, kuka mallin tekee tai mitä ohjelmaa hän käyttää. Oikeaoppisesti tehdystä mallista saadaan arvokasta informaatiota, joka hyödyttää niin elementtiteollisuutta kuin myös työmaita. Tietomallia tehdessä on tärkeää, että mallin rakenneosat mallinnetaan oikeilla työkaluilla, eli esimerkiksi seinät mallinnetaan käyttäen seinätyökalua ja palkit palkkityökalua jne. Näin toimiessa rakenneosat näkyvät ja listautuvat oikein IFC-mallista tehtävää sääntöpohjaista raportointia varten. [4, 6-9.]

Betonielementit tulee mallintaa siten, että betonielementtiteollisuus pystyy saamaan tarvitsemansa tiedot raportoiduista dokumenteista. Eri elementtityypeillä on oltava oma johdonmukainen raportointi tapa, josta saadaan elementeille määritelty tieto. Perustietojen lisäksi elementteihin mallinnetaan kaikki tarvittavat valutarvikkeet. Elementti tulee mallintaa siten, että betoniosat sekä valutarvikkeet ymmärretään yhdeksi elementiksi. Kuvassa 2 on kerrottu betonielementtiteollisuuden tarvitsemat perustiedot elementille. [4, 14-15.]

ELEMENTTITUNNUS/PIIRUSTUS	Kappale 6.2
ELEMENTIN TYYPPITUNNUS	Kappale 6.2
ELEMENTTISARJANUMERO	Kappale 6.2
TUOTANTOSARJANUMERO	Kappale 6.2
ELEMENTTIEN KPL	Kappale 6.2
ID (GUID)	Kappale 6.1
JUOKSEVANUMERO (ACN)	Kappale 6.2
ASENNUSLOHKO	Kappale 6.3.3
KERROS	Kappale 6.3.3
TUOTETYYPPI	Kappale 6.3.2
PITUUS	Kappale 7
KORKEUS	Kappale 7
LEVEYS	Kappale 7
MAX.PITUUS	Kappale 7
MAX.KORKEUS	Kappale 7
MAX.LEVEYS	Kappale 7
PAKSUUS SISÄKUORI	Kappale 7
PAKSUUS ERISTE	Kappale 7
PAKSUUS ULKOKUORI	Kappale 7
BETONILUOKKA (SISÄKUORI)	Kappale 7
BETONILUOKKA (ULKOKUORI)	Kappale 7
RASITUSLUOKKA (SISÄKUORI)	Kappale 6.3.1
RASITUSLUOKKA (ULKOKUORI)	Kappale 6.3.1
SUUNNITeltu KÄYTTÖIKÄ	Kappale 6.3.1
PALOLUOKKA	Kappale 6.3.1
PINTALUOKKA	Kappale 6.3.4
TILAVUUS (SISÄKUORI)	Kappale 7
TILAVUUS (ULKOKUORI)	Kappale 7
PAINO	Kappale 7
PINTA-ALA BRUTTO	Kappale 7
PINTA-ALA NETTO	Kappale 7
PINTA 1 ULKOKUORI	Kappale 8
PINTA 1 ULKOKUORI (m2)	Kappale 8
PINTA 2 ULKOKUORI	Kappale 8
PINTA 2 ULKOKUORI (m2)	Kappale 8
PINTA 3 ULKOKUORI	Kappale 8
PINTA 3 ULKOKUORI (m2)	Kappale 8
PIIRUSTUS PÄIVÄMÄÄRÄ	

15 (41)

REVISIOTUNNUS	
MUUTOSPÄIVÄMÄÄRÄ	
HUOMAUTUS	
SUUNNITTELUN STATUS	Kappale 11
SUUNNITTELU AIKATAULU (PVM)	Kappale 11

Kuva 2. Elementtiteollisuuden tarvitsema elementin perustieto. [4, 14-15.]

Yksi iso ongelma Revitissä on se, että kun seinästä tehdään kokoonpano, eivät alkuperäisessä seinässä olleet tiedot siirry automaattisesti kokoonpanoon eivätkä näin ollen myöskään IFC-tiedostoa lukevaan ohjelmaan. Nämä tiedot voidaan lisätä manuaalisesti jokaiselle elementille, mutta se on erittäin työlästä.

Tämä ongelma olisi ratkaistavissa esimerkiksi dynamo-ohjelman avulla. Ohjelmalla voitaisiin kerätä tarvittava tieto mallista, käsitellä se ja sen jälkeen syöttää tiedot yhtäaikaaisesti kaikille halutuille elementeille. Dynamon tarjoamien etujen selvittäminen voisi olla yksi lisätutkimuksen aihe tulevaisuudessa.

2.5 Elementtimallinnuksen suunnitteluvaiheet

Elementtisuunnittelun suunnitteluvaiheet jakautuvat kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat yleissuunnittelu, hankintoja palveleva suunnittelu ja toteutussuunnittelu.

Yleissuunnitteluvaiheessa elementit mallinnetaan siten, että niiden perusgeometria on oikein, elementit ovat oikean kokoisia ja oikealla paikallaan, jotta mallin avulla voidaan suorittaa alustavasti määrälaskentaa ja törmäystarkastelua muiden suunnittelualueiden kanssa. [4, 12.]

Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa tietomalli viedään hankintakyselyjen vaatimalle tasolle. Tässä vaiheessa tietomallista pitää olla suoraan saatavilla elementtiteollisuuden tarvitsemat määrät. Elementtien geometria viedään lopulliseen muotoonsa ja niiden tulee sisältää ikkuna- ja oviaukot sekä muut suuret aukot. Hankintoja palvelevassa vaiheessa elementeistä tuotetaan tyyppielementtipiirustukset, joiden tarkkuustaso on oltava jo toteutussuunnittelun tarkkuustasolla. [4, 12.]

Toteutussuunnitteluvaiheessa elementit mallinnetaan siihen tarkkuuteen, että ne vastaavat tietosisällöltään perinteisiä piirustusdokumenteja. Kaikki elementtiin mitoitettavat tarvikkeet tulee mallintaa. Jos jotakin tarviketta ei kuitenkaan mallinneta, tulee niiden tieto sisällyttää elementtiin niin, että ne saadaan raportoitua kuten muutkin tarvikkeet. [4, 13.]

2.6 Elementtisuunnittelun tarkkuustasot

Yleisten tietomallivaatimusten 2012 osan 5 täydentävässä liitteessä rakennesuunnittelun mallinnustarkkuus tilaajan ohje elementtimallinnuksen tarkkuustasot jaetaan 4 tasoon kuvan 3 mukaisesti. [5, 2.]

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 tyyppipaikallavalut 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.

Kuva 3 Mallinnuksen tarkkuustasot. [5, 2.]

3 Tietomallinnus

Tietomallinnuksen tavoitteena on parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta ja turvallisuutta sekä tukea hankkeen mukaista kestävästä kehitystä ja elinkaari-prosessia. Tietomallia voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan, aina suunnittelusta rakentamiseen sekä rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon. Tietomallien avulla tehostetaan hallittua päätöksentekoa ja tiedonkulkua suunnittelijoiden, urakoitsijan ja tilaajan kesken. [6, 4.]

Rakennesuunnittelijan tuottamaa tietomallia kutsutaan rakennemalliksi. Rakennemalliin tulee mallintaa rakennuksen kaikki kantavat rakenteet sekä ei kantavat betonirakenteet. Näiden rakenteiden lisäksi tulee mallintaa tilaa tarvitsevat rakennustuotteet, joiden koko ja sijainti vaikuttavat muhin suunnittelijoihin. [6, 6.]

Revit-mallinnusohjelman etuna on se, että rakenne- ja elementtisuunnittelu tehdään samassa projektitiedostossa. Tehdessä muutoksia rakenteisiin, missä tahansa näkymässä, päivittyvät muut näkymät automaattisesti. Perinteisessä 2D-suunnittelussa muutokset tasokuvassa on pitänyt muistaa päivittää erikseen elementtikuviin toisessa tiedostossa. Kun elementtikuvat lukevat tietonsa mallista pysyvät ne ajan tasalla eikä synny tilannetta, jossa rakennepiirustuksissa ja elementtipiirustuksissa olisi ristiriitaisuuksia.

3.1 Autodesk Revit

Autodesk Revit on Autodeskin omistama tietomallinnusohjelma, jolla pystytään tekemään arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelua. Alun perin ohjelma painottui enemmän arkkitehtisuunnitteluun, mutta myöhemmin myös rakenne-suunnitteluun on alettu panostaa enemmän. [7.]

Revit-mallinnusohjelmassa on samoja piirteitä kuin Autodeskin Autocad ohjelmassa, jolloin kokemus perinteisestä Autocad suunnittelusta voi helpottaa jonkin verran siirtymistä Revitin käyttöönnotossa.

Yrityksessä tehtiin samaan aikaan toinen opinnäytetyö tietomallinnusohjelmiston käyttöönotto rakenne- ja elementtisuunnittelutoimistossa, jonka tarkoituksena oli luoda suunnittelutoimistolle Revit mallinnusohjelmaan päivitetty aloituspohja eli template. Aloituspohjaan tallennetaan tarvittavat asetukset, jotka toistuvat projektista toiseen. Hyvin tehty ja tarvittavat ominaisuudet sisältävä aloituspohja on yksi tärkeimmistä asioista koko suunnittelutyössä. Aikaa ja rahaa säästyy, kun samoja asetuksia ei tarvitse muokata erikseen jokaisen projektin kohdalla.

3.2 Familyt

Revitissä mallintaminen tapahtuu erilaisten familyjen avulla. Nämä familyt jakautuvat kolmeen eri kategoriaan:

- System familyt
- Component familyt
- In place familyt.

3.2.1 System familyt

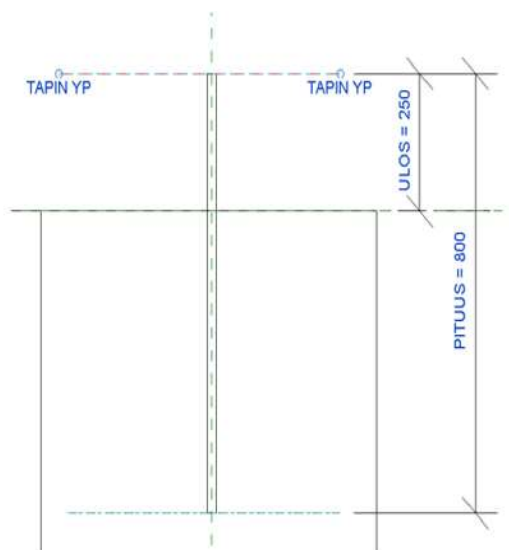
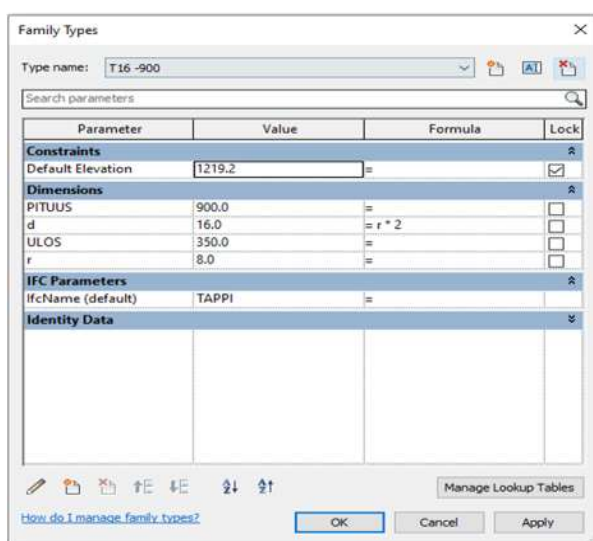
System familyillä mallinnetaan mallin päägeometria ja ne toimivat isäntänä muille familyille. Näitä familyitä ovat muun muassa seinät, katot, lattiat, rampit ja

portaat. System familyt ovat Revitin sisään valmiiksi tehtyjä familyitä, joita käyttäjä ei voi luoda uusia. System familyihin, kuten esimerkiksi seinäfamilyyn, käyttäjä voi kuitenkin tuottaa erilaisia seinätyyppejä rajattomasti. [8.]

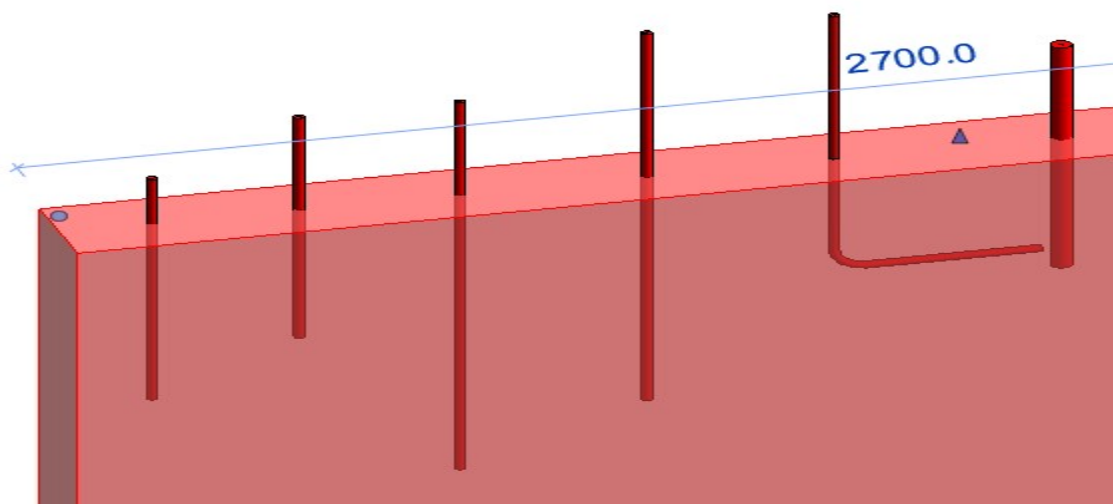
3.2.2 Component familyt

Component familyt ovat system familyjen kanssa eniten käytetyt familyt Revitissä, esimerkiksi kaikki elementtiin mallinnettavat valutarvikkeet ovat component familyitä. Component familyitä käyttäjä voi itse luoda erillisessä familyeditorissa. Component familyt voidaan tallentaa projektista erilliseen tiedostosijaintiin ja niitä voidaan ladata eri projekteihin. [8.]

Familyyn voidaan tehdä viitetasojen ja mittaviivojen avulla parametreja, joiden avulla familyn sisään pystytään luoda erilaisia tyyppejä. Familyn geometria sidotaan viitetasoon, jolloin mittaa muuttaessa family muuttaa kokoansa tai sijaintiansa. Esimerkiksi elementin tartuntatappifamily sidotaan ala- ja yläpäästään viitetasoon, jolloin tapin ulostulemaa ja pituutta voidaan muuttaa. Halutut tappipituudet saadaan tallennetuiksi omiksi tyypeiksi familyn sisään. Nämä erilaiset tyypit ovat helposti käytettävissä mallinnympäristössä, kun saman familyn tyyppivalikosta löytyy valmiina erityyppisiä tappeja.



Kuva 4. Yksinkertainen component family familyeditorissa.



Kuva 5. Tartuntatappifamilyn sisään luotuja tappityyppejä.

3.2.3 In place familyt

In place familyt ovat perusajatukseltaan hyvin samanlaisia kuin component familyt, mutta niitä luodaan projektiympäristössä. Familya tehdessä suoraan projektiin nähdään heti, kuinka se asettuu paikoilleensa. Nämä familyt eivät ole kuitenkaan yhtä muokattavissa ja kopioitavissa kuin component familyt, eikä niitä voida tallentaa ja käyttää muissa projekteissa. Yleensä on aina järkevää tehdä component family, jonka voi tallentaa koneelle ja käyttää muissakin projekteissa. Jos familyä tarvitsee kuitenkin vain kerran koko projektissa, eikä sellaiselle ole tulevaisuudessa enää tarvetta, voi sen tekeminen olla perusteltua tehdä in place familynä vain tiettyyn projektiin. [8.]

3.3 Industry Foundation Classes

Tietomallinnusta voidaan tehdä usealla eri ohjelmalla. Eri mallinnusohjelmat eivät kuitenkaan välttämättä pysty jakamaan tietoa keskenään, joten tiedonsiirtoon on kehitetty erillinen IFC-formaatti eli Industry Foundation Classes. Eri ohjelmien tuottamista natiivimalleista voidaan siis tehdä IFC-mallit, jotka voidaan yhdistää IFC-malleja lukevalla ohjelmalla, joista useat ovat maksuttomia käyttää. Yksi erittäin käytetty IFC-ohjelma rakennusalalla on Solibri. IFC-mallista voidaan tehdä esimerkiksi määrälaskentaa, mitoitusta, törmäystarkastelua ja erilaisia simulaatioita. Edistyneemmät IFC-mallien raportointityökalut saa käyttöönsä maksullisilla ohjelmilla. [9.]

4 Agacad-ohjelmisto

Agacad UAB on liettualainen ohjelmistoyritys, joka tuottaa lisäosia Autodesk Revit-mallinnusohjelmaan, joiden tarkoitus on automatisoida ja nopeuttaa suunnittelua. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutustua seuraaviin Precast Concrete lisäosan sisältämiin työkaluihin, jotka on kehitetty elementtisuunnittelun tehostamiseksi:

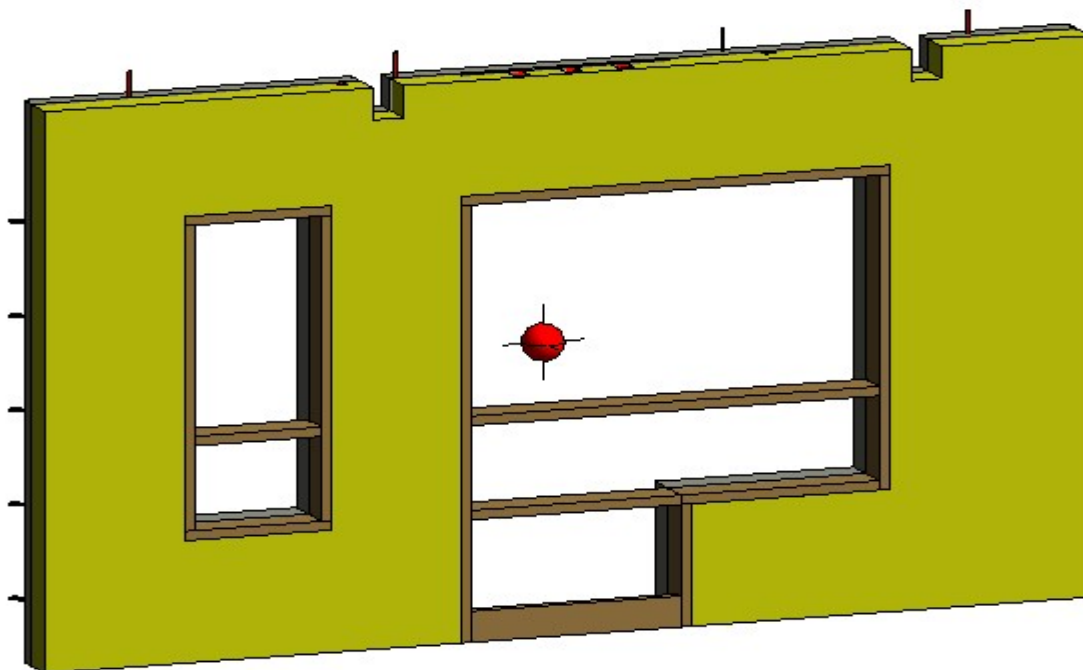
- Smart walls
- Sort mark
- Smart connections
- Smart assemblies.

Vaikka lisäosan nimi on Precast Concrete, voidaan sitä käyttää betonielementtien lisäksi myös muusta materiaalista tuotettuihin elementteihin. Kyseisten työkalujen lisäksi lisäosan mukana tulee työkalu laattaelementtien suunnitteluun floor panel layout, mutta tätä työkalua ei käsitellä tässä työssä.

4.1 Smart walls -työkalu

Työkalu helpottaa seinien jakamista elementeiksi halutun säännön mukaisesti, esimerkiksi maksimi painon tai moduulilinjojen mukaisesti. Työkalulla voidaan määrittää kahden elementin välinen rakoetäisyys, lisätä elementin painopiste ja erotella rakenteesta rakenteelliset ja arkkitehtoniset osat. [10.]

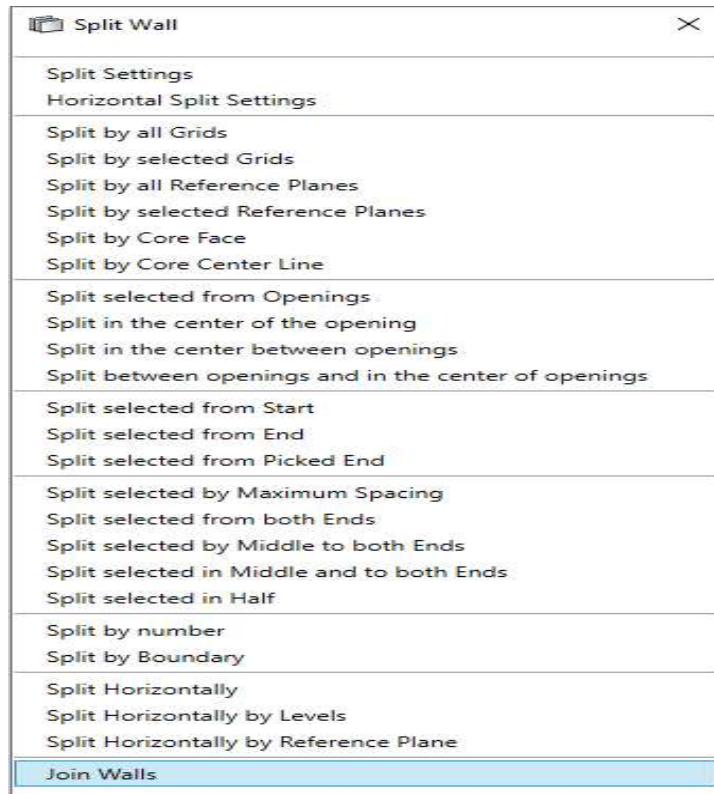
Jotta ohjelma osaa määrittää elementin painopisteen, on jokaisella elementin osalla oltava määriteltynä materiaali ja materiaalmäärityksistä pitää löytyä ainakin materiaalin tiheys. Jos ohjelma saa elementin painopisteen laskettua, tulee se 3D-mallissa näkyviin punaisena ”pallo” familynä. Tämä family näkyy myös elementtipiirustuksissa, ja se saadaan mitoitettua automaattisesti piirustukseen.



Kuva 6. Sisäkuori elementin painopiste punaisen pallo familyn kohdalla.

Elementtipiirustuksia ajatellen painopistettä ei ole tarvetta lisätä erikseen tällä työkalulla, sillä luodessa seinästä myöhemmin elementti laskee ohjelma painopisteen samalla.

Hyödyllisin ominaisuus työkalussa elementtisuunnittelijan näkökulmasta on mielestäni split walls toiminto. Tällä toiminnolla saadaan nopeutettua seinien jakamista elementeiksi. Monesti varsinkin ulkoseinäliitokset sijaitsevat moduulilinjoissa väliseinien kohdalla. Työkalulla saa nopeasti valittua halutut seinät ja moduulilinjat, joiden mukaan seinät jaetaan. Seinät jakautuvat omiksi elementeiksi käyttäjän määrittämän rakoetäisyyden mukaisesti. Jokaiselle seinätyypille voidaan halutessa määrittää oma rakoetäisyytensä, normaalisti tämä on seinäelementeissä 20 mm. Työkalulla saadaan myös liitettyä jo jaettuja elementtejä takaisin toisiinsa.



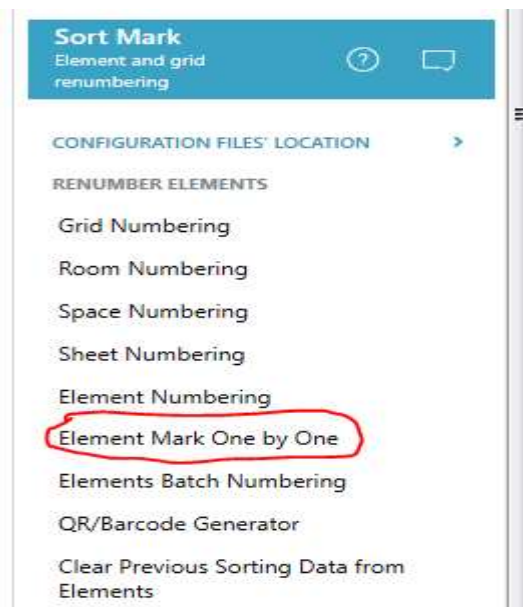
Kuva 7. Split wall työkalun alavetovalikko.

4.2 Sort mark -työkalu

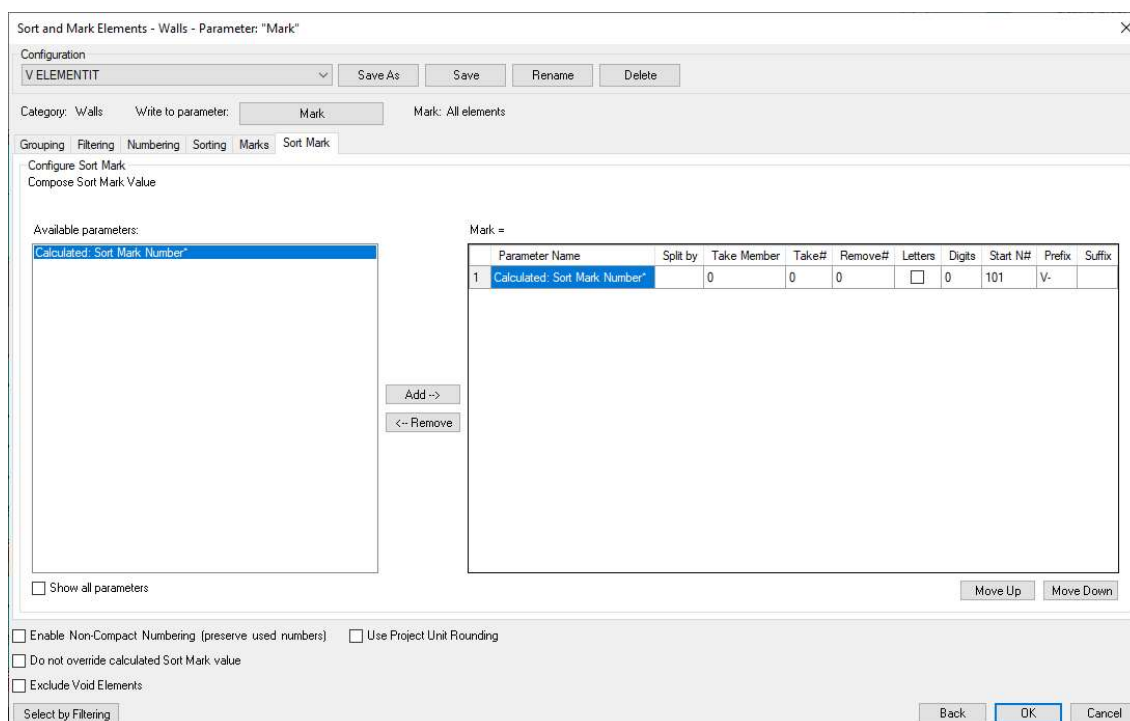
Työkalulla hoidetaan elementtien numerointi ja tunnuksien osoittaminen. Elementillä on oltava tunnus, jotta siitä voidaan tehdä Revitissä kokoonpano. Elementtitunnuksella erotellaan elementit toisistaan, jolloin suunnittelija, elementtivalmistaja ja työmaa tietävät mistä elementistä on kyse. Vaikka samassa projektissa on monesti samanlaisia seinäelementtejä, annetaan niille jokaiselle oma tunnuksensa, koska elementeissä saattaa kuitenkin olla erilaisia TATE-varauksia ja -merkintöjä. [10.]

Tärkein ominaisuus tässä työkalussa on seinien mark-parametrien täyttäminen. Luodessa seinästä elementti elementintunnus muodostuu seinän mark-parametrin. Elementtintunnus voidaan antaa työkalulla automaattisesti eri elementeille tai manuaalisesti. Jälkimmäinen tapa on järkevämpi siitä syystä, että elementtitunnuksille saadaan haluttu järjestys tasokuvaan. Eri elementtityypeille voidaan luoda ja tallentaa oma numerointisääntönsä. Numerointisääntö muodostuu halutusta etuliitteestä ja numerosta, nämä kaksi asiaa muodostavat mark-parametrin.

Elementit numeroidaan manuaalisesti valitsemalla haluttu numerointisääntö ja käyttämällä Element Mark One by One toimintoa. Tämän jälkeen seinät valitaan yksi kerrallaan mallista, ja työkalu nimeää ne.



Kuva 8. Elementtien numerointi manuaalisesti.

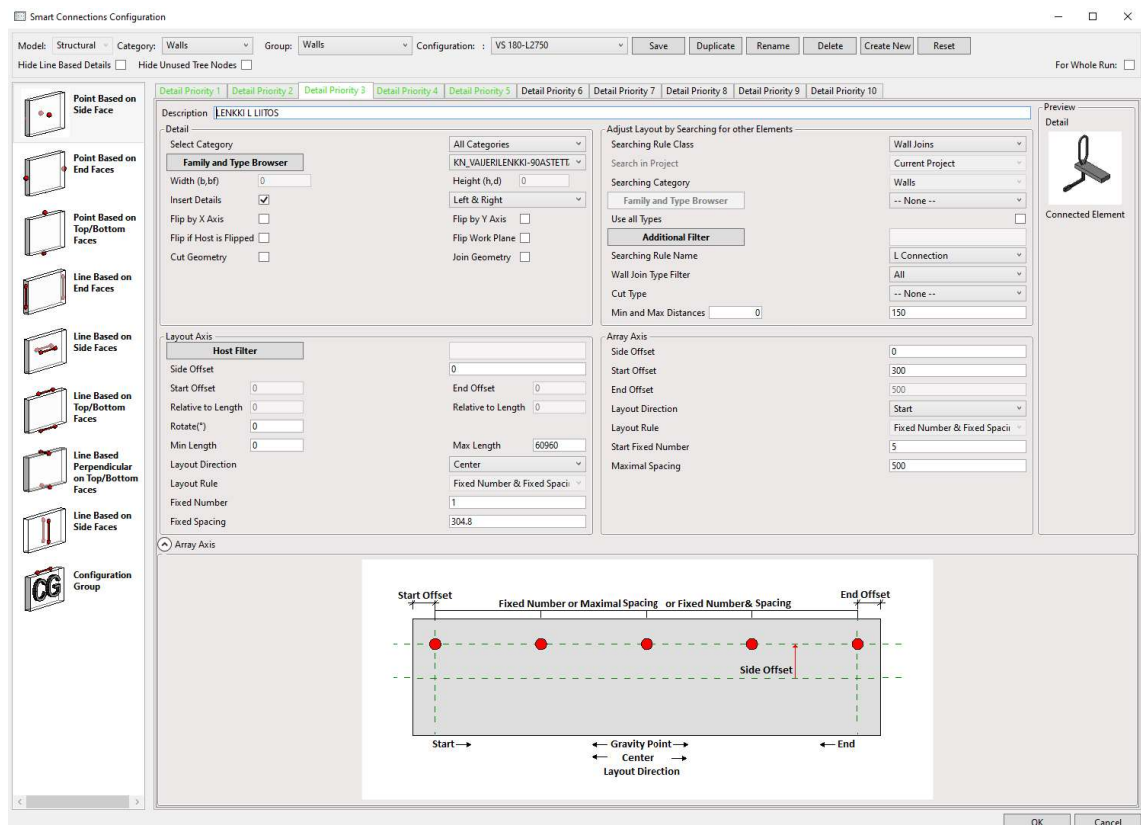


Kuva 9. Elementtien numerointisäännöstö välilehti.

4.3 Smart connections -työkalu

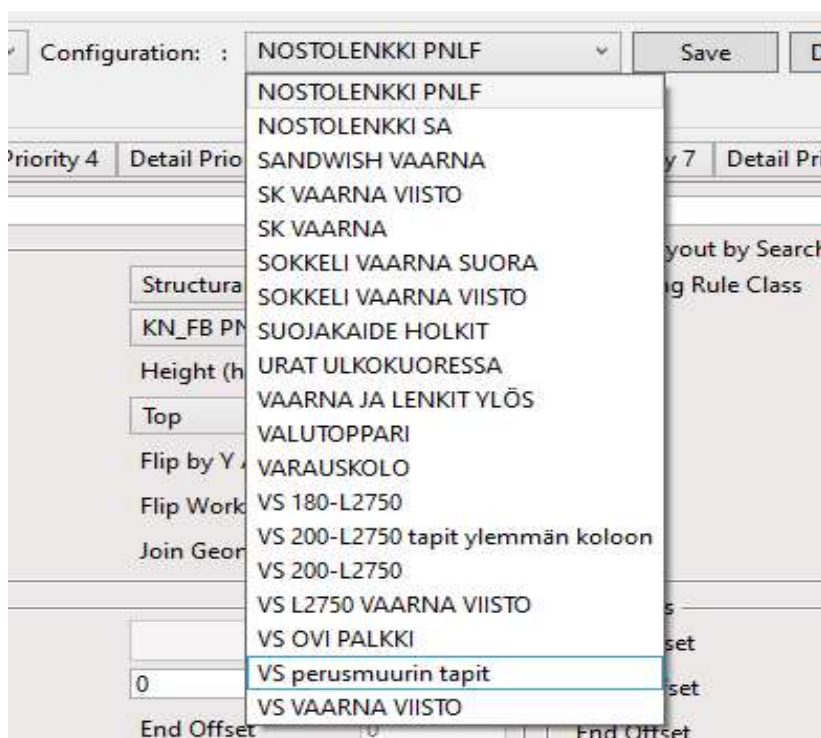
Insinööritoimisto Kantelisella on tuotettu aiemmin YTV tarkkuustason 2 mukaisia rakennemalleja, joissa elementtirakenteiden perusgeometria on mallinnettu ilman valutarvikkeita. Jokaisen valuosan lisääminen manuaalisesti elementtiin on erittäin työlästä, ja osittain tämän takia elementtejä ei ole lähdetty mallintamaan tarkemmalle tasolle. Jos elementistä halutaan kuitenkin tuottaa valmistuskuvia suoraan tietomallista, tulee siihen geometrian lisäksi mallintaa myös kaikki tarvittavat valutarvikkeet.

Työkalulla saadaan automatisoitua elementtien valutarvikkeiden, vaarujen ja varausten mallinnus haluttujen sääntöjen mukaisesti, esimerkiksi painopisteen tai viereisten elementtien mukaan. Työkalu on erittäin monipuolinen ja siihen saadaan tehtyä sääntöjä kattavasti eri valutarvikkeille.



Kuva 10. Smart connections sääntöryhmien luonti välilehti.

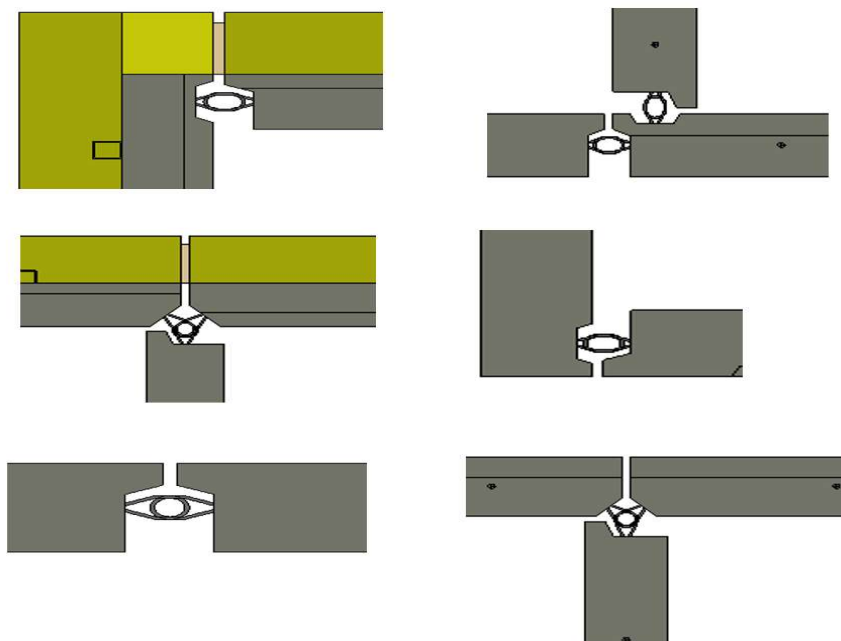
On olemassa kaksi erilaista tapaa lisätä valutarvikkeita elementtiin, valutarvikkeiden lisäys kerralla yhdellä sääntöryhmällä tai erikseen käyttäen useampaa sääntöryhmää. Jälkimmäinen tapa osoittautui toimivammaksi, sillä elementit ovat usein hyvin erilaisia toisiinsa nähden esimerkiksi liitosten, geometrian ja aukkojen puolesta. Joissakin tapauksissa kaikki tarvikkeet eivät asettuneet halutulla tavalla, kun sääntöryhmään oli sisällytetty kaikki tarvittava yhdellä kertaa. Tämän vuoksi tein omat sääntöryhmät liitoksille, varauksille ja muille valutarvikkeille, jotka lisätään omina sääntöryhminään elementtiin.



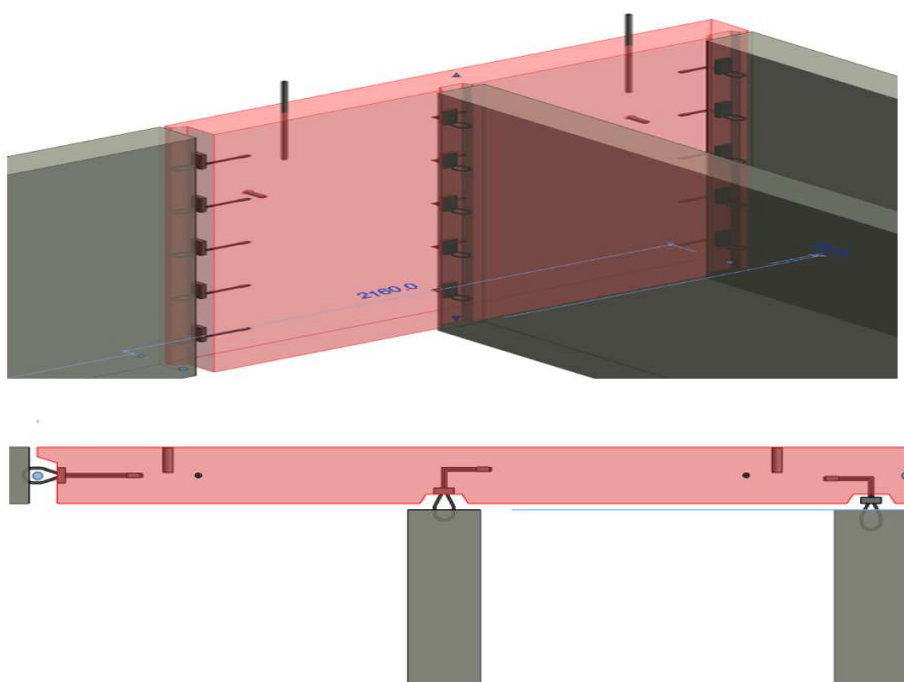
Kuva 11. Smart connections kokoonpanoja.

4.3.1 Elementtiliitokset

Yksi erinomainen ominaisuus smart connections -työkalussa on automaattisten seinäliitosten lisäys. Ohjelmaan pystyy määrittämään erilaiset liitokset, jolloin se osaa syöttää oikeanlaisen vaarnan ja lenkin tietynlaiseen liitokseen. Liitos muodostuu seinän geometriaa leikkaavasta objektista eli vaarnasta, sekä vaijerilenkkikoteloista. Lenkkien määrää ja jakoa voidaan helposti säätää sääntöryhmän säätövälilehdellä. Työssä luotiin kuvassa 12 oleville liitoksille automaattiset lisäyssäännöt.



Kuva 12. Smart Connections -työkalulla tehtyjä elementtiliitoksia.



Kuva 13. Elementtiliitokset tehty viereisten seinien mukaan.

Elementtiliitosten tekeminen automaattisten sääntöjen pohjalta oli yksi merkittävimmistä edistysaskeleista tässä työssä. Tällaisten yksinkertaisten liitosten tekeminen manuaalisesti vaatisi helposti kymmeniä minutteja elementtiä kohden, automatiikan avulla nämä liitokset saadaan tehtyä sekunneissa. Yhdessä

elementissä on usein 10 - 20 vaijerilenkkikoteloja. Seinäelementtejä voi olla projektista riippuen useita satoja, jolloin mallinnettavia liitoksia tulee myös lukuisia ja vaijerilenkkejä näissä liitoksissa on helposti tuhansia. Tästä syystä liitosten mallinnus automatiikan kautta on erittäin tärkeää, jolloin suunnittelijalle jää enemmän aikaa varsinaiseen suunnittelutyöhön.

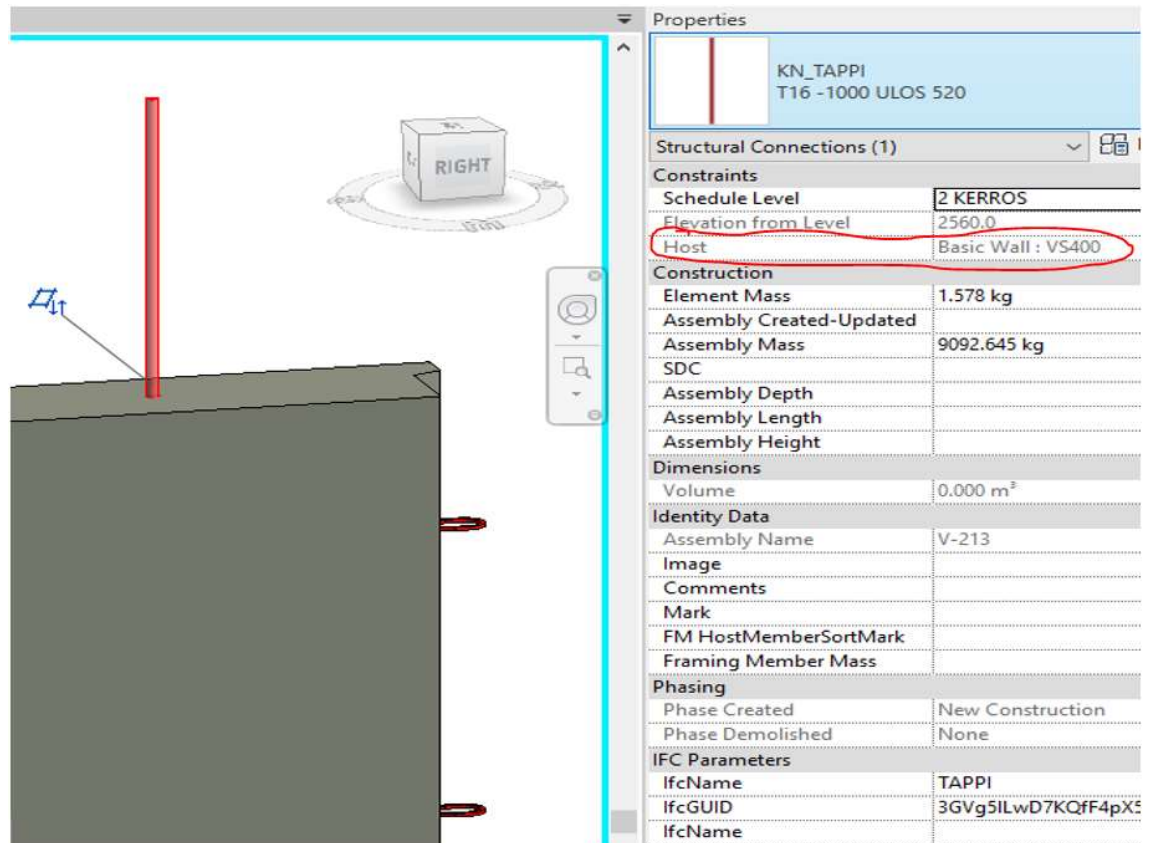
4.3.2 Nostolenkit

Ohjelmasta löytyy ominaisuus, jonka avulla elementtiin voidaan asentaa tarvikkeita elementin painopisteen ja pituuden suhteen. Tämä ominaisuus on erinomainen varsinkin nostolenkkejä mallintaessa. Työtä säästyy huomattavasti, kun nostolenkit saadaan automaattisesti oikealle paikalleen. Työkalussa olisi kuitenkin vielä kehitettävää, koska sillä ei pysty mallintamaan oikean kapasiteetin omaavaa nostolenkkiä tietyn painoiseen elementtiin. Nostolenkit saadaan kyllä oikealle paikalleen, mutta käyttäjän on itse vaihdettava oikean kapasiteetin omaava lenkki asennettujen lenkkien paikalle, tässä syntyy taas inhimillisenvirheen mahdollisuus. Toisaalta automatiikka voi tehdä tässä virheen myös, jos elementin materiaali tiedot ovat väärät. Nostolenkin lisäämisen jälkeen lenkin tyyppiä on helppo muokata 3D-näkymässä valitsemalla mallista haluttu nostolenkki ja vaihtamalla se familyn tyyppivalikosta oikeaan.

4.4 Smart assemblies -työkalu

Työkalulla luodaan kokoonpanoja eli elementtejä halutuista rakenneseosista. Kun osista on tehty kokoonpano, ohjelma ymmärtää osat yhdeksi elementiksi, ja osaa valmistaa niistä automaattisesti tuotantokuvia käyttäjän määrittämien sääntöjen mukaisesti. Mallissa tehdyt muutokset saadaan päivitettyä elementti-piirustuksiin automaattisesti. [10.]

Luodessa kokoonpano seinästä ohjelma ymmärtää kaikki seinään "hostautuneet" tarvikkeet yhdeksi elementiksi eli ne tarvikkeet, joiden isäntäfamilynä seinä toimii. Jos valutarvikkeen Host parametrissa lukee not associated, ei tarvike liity elementtiin. Tässä pitää olla tarkkana, sillä vaikka tarvikkeet näkyvät 3D-mallissa eivät ne siirry elementtiin, jos isäntäfamily ei ole selvillä.



Kuva 14. Väliseinä VS400 toimii tartuntatapin isäntäfamilynä.

Kun rakenneosista luodaan assembly, ohjelma laskee kokoonpanolle automaattisesti painopisteen, sekä ilmoittaa elementin painon. Painopisteen laskenta monimutkaisellekin elementille tapahtuu nopeasti ja aikaa säästyy verraten käsin/excel-laskentaan. Jos elementtiin joudutaan tekemään muutoksia, saadaan myös painopiste ja paino nopeasti ajan tasalle päivittämällä luotu assembly.

4.4.1 Piirustusten luonti

Työläin vaihe opinnäytetyössä oli piirustusasetusten luonti eri elementeille. Työtä aloittaessa oli tarkoitus luoda asetuksia muillekin, kuin seinä- ja sokkeli-elementeille. Rajaus kyseisiin elementteihin oli kuitenkin tehtävä juuri piirustusasetusten työmäärän takia.

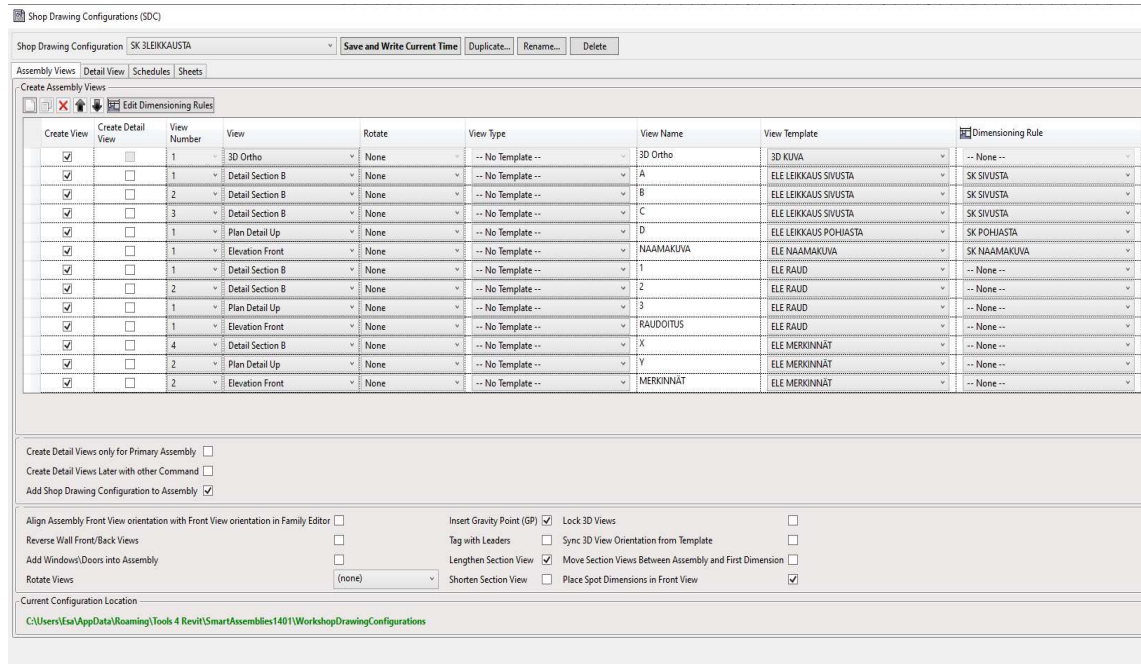
Aikaisemmin Autocadilla piirretyt kuvat mahtuivat helposti yhdelle tai kahdelle A3-kokoiselle paperiarkille. Tietomallintamalla jopa yksinkertaisen väliseinäelementin piirustukset vaativat kolme tai neljä sivua. Riippuen elementin koosta ja leikkausten määrästä tietomallintamalla tehty elementti vaatii 3-6 sivua. Tämä

johtuu siitä, että elementtikuvissa luetellaan enemmän tietoa kuin ennen. Lisäsi-
vuja tuo myös se, että automattisesti tuotetut mitoitukset vievät enemmän tilaa,
kuin aikaisemmin manuaalisesti tehdyt ja se, että merkinnöille ja raudoituksille
luodaan omat näkymänsä. 2D-suunnittelussa merkinnät sisällytettiin samaan
kuvaan muiden mitoitusten kanssa. Pääsääntöisesti elementtikuvien tietosisältö
jakautuu seuraavasti eri sivujen kesken:

- Sivu 1. 3D havainnekuva, elementin tiedot, sekä materiaali- ja valutarvike-
luettelo
- Sivu 2. Elementin Naamakuva ja vaakaleikkaus
- Sivu 3. Elementin pystyleikkaukset sekä tarvittavat detaljit
- Sivu 4. Elementin raudoitus kuvat
- sivu 5. LVIS merkinnät.

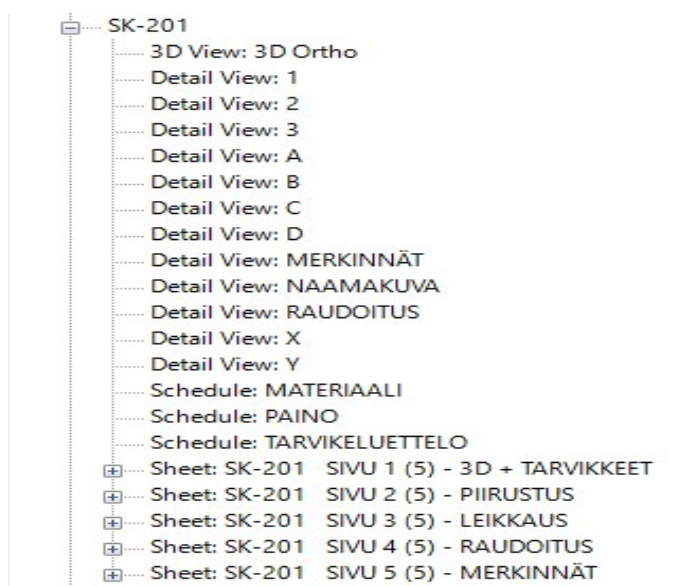
Mielestäni hyödyllisin lisäys elementtivalmistajan näkökulmasta on varmasti en-
simmäisen sivun tiedot. Hankalampienkin elementtien kohdalla on helpompi
hahmottaa elementin muoto havainnollistavan 3D-kuvan myötä. Tämän lisäksi
valutarvikkeet listautuvat automaattisesti omaan taulukkoonsa, josta ne ovat
helposti luettavissa. Toisaalta aikaisemmin 2D-suunnittelulla tieto on saatu pu-
ristettua tiiviimmin, jolloin elementin valmistaja on saanut kaiken tarvittavan tie-
don samalta paperilta yhdellä silmäyksellä.

Smart assemblies -työkalun avulla voidaan tehdä lukemattomia kokoonpanoja
eri elementeille. Kokoonpanon asetuksissa määritellään elementistä halutut nä-
kymät, näkymien määrä, näkymissä käytettävä view template, mitoitus säännöt,
piirustusarkkien määrä ja tarvittavat taulukot. Yksi tärkeä määriteltävä asia on
myös elementin katsomissuunta. Mallinnettaessa myötäpäivään katsomis-
suunta on oletuksena ulkopinnassa, mutta sitä voidaan muuttaa asetuksista
myös sisäpintaan, kuten esimerkiksi sandwich-elementeissä on tapana.



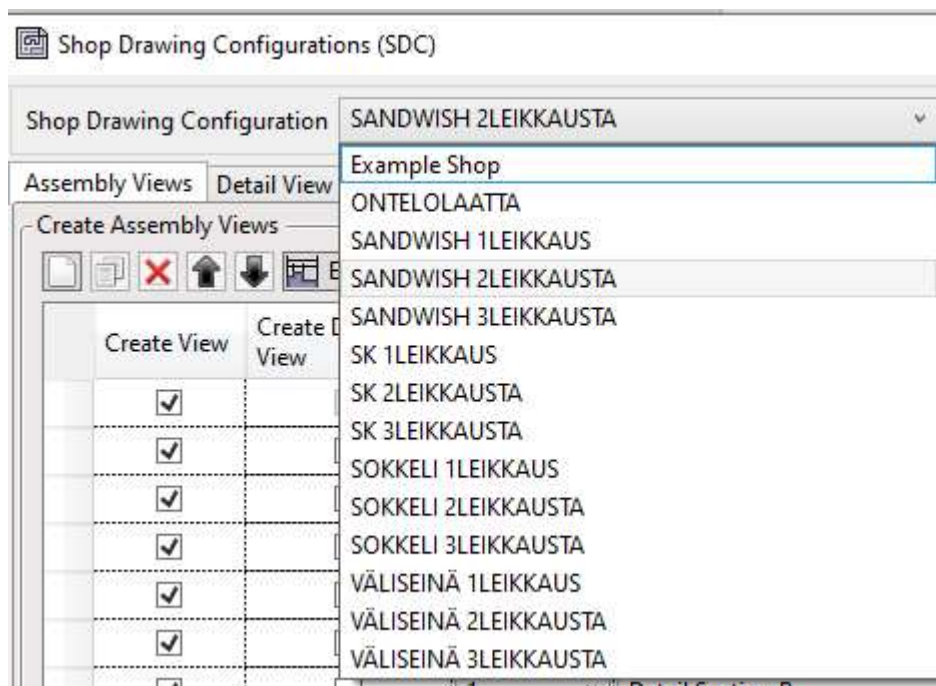
Kuva 15. Elementti kokoonpanojen luonti välilehti.

Elementtikuvan muodostaminen Revitissä tapahtuu raahaamalla luoduista näkymistä halutut näkymät oikeille sivuilleen. Yksi erinomainen ominaisuus on se, että yhden elementin kuvat voidaan hioa asetteiltaan sopivaksi ja tämän jälkeen kyseisen sivun asetuksia voidaan käyttää mallina luodessa uusia samalla kokoonpanolla olevia elementtejä.



Kuva 16. Elementistä luodut näkymät, luettelot ja piirustusarkit.

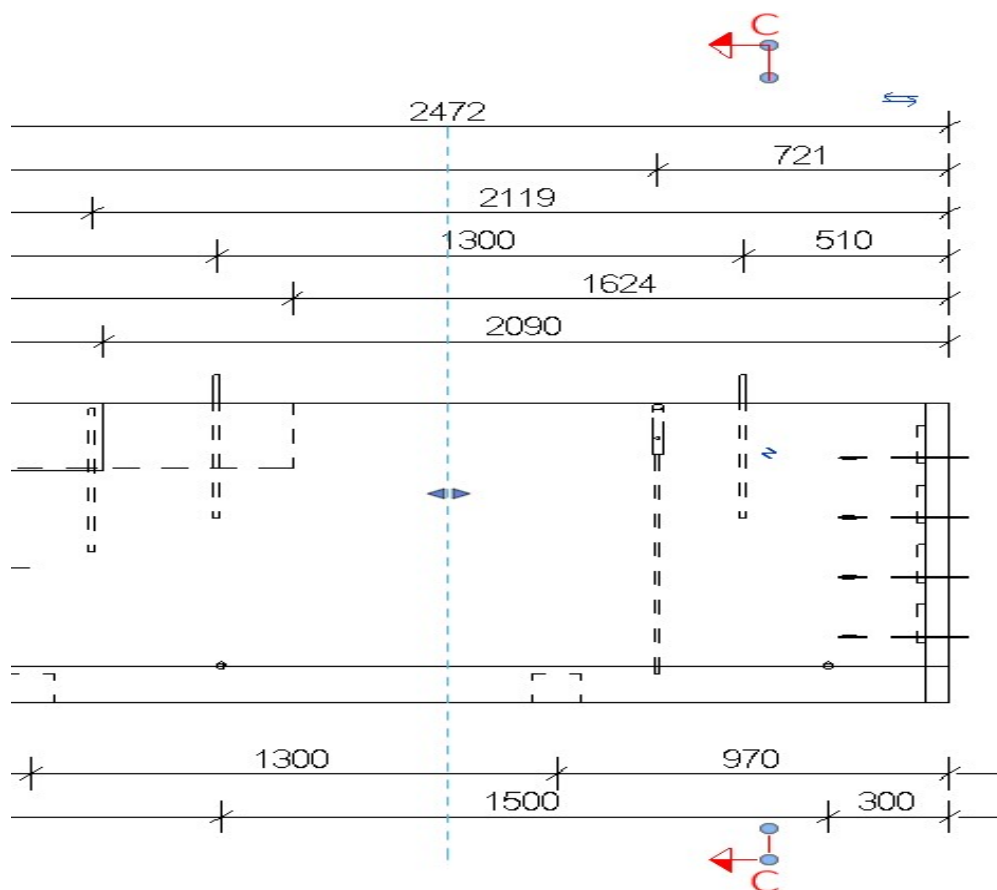
Työssä tehtiin samantyyppisille elementeille useampi kokoonpano, joissa elementistä tuotettujen pystyleikkausten määrä vaihtelee. Nämä kokoonpanot toimivat sillä periaatteella, että suunnittelija valitsee elementille kokoonpanon tarvittavien leikkausten mukaan. Esimerkiksi elementti, jossa on ikkuna ja ovi tarvitaan kolme leikkausta. Lisäksi erona näillä kokoonpanoilla on se, että yhden pystyleikkauksen kokoonpanossa leikkaus näkymä tulee automaattisesti samalle sivulle elementin naamakuvan kanssa, muissa kokoonpanoissa leikkauksille luodaan oma leikkaus sivunsa. Monesti jos elementti on pitkä, ei samalle sivulle mahdu useampaa pystyleikkausta. Toisaalta joskus hyvinkin lyhyessä elementissä voi tarvita kolme pystyleikkausta ja nämä mahtuisivat helposti naamakuvan kanssa samalle sivulle. Jotta elementtipiirustusten tuottaminen olisi mahdollisimman automaattista, päädyttiin lopulta edellä mainittuun tapaan toimia sivujen asettelun suhteen.



Kuva 17. Valmiita elementtikokoonpanoja.

Yksi työläs vaihe piirustusten tekemisessä on luotujen leikkausten asemointi ja säätäminen. Tällä hetkellä 2D-suunnittelussa tarvittavista pystyleikkauksista on muodostettu omat blockit ja näitä on voitu kopioida kuvasta toiseen. Jos leikkaukseen on tarvittu tehdä muutoksia, blockia on päivitetty yhdessä kuvassa ja leikkaukset päivittyvät automaattisesti muissakin. Revitissä kaikista tarvittavista

leikkauksista on luotava oma näkymänsä. Leikkauksia yhteen elementtiin voi tulla helposti jopa kymmenen, kun piirustus-, raudoitus- ja merkintäsivuille luodaan tarvittavat näkymät. Jokaiselle näkymälle voidaan tehdä omat näkymäasetukset, joilla voidaan päättää mitä asioita elementistä halutaan näyttää, esimerkiksi raudoitussivulla pelkät raudoitteet. 2D-suunnittelussa on pärjätty vähemmällä määrällä leikkauksia, koska samassa leikkauksessa on pystytty esittämään mittoja, merkintöjä ja raudoituksia. Ohjelmaan voi määrittää kuinka paljon pystyleikkauksia elementistä halutaan muodostettavan, mutta niiden sijoitus oikeille paikoilleen jää suunnittelijan tehtäväksi. Lisäksi suunnittelijan on säädettävä leikkausten syvyyttä, jotta kaikki haluttu tulee näkyviin leikkaukseen. Vaakaleikkaukset tulevat automaattisesti keskelle elementtiä, mutta myös näiden sijaintia voidaan tarvittaessa muuttaa.

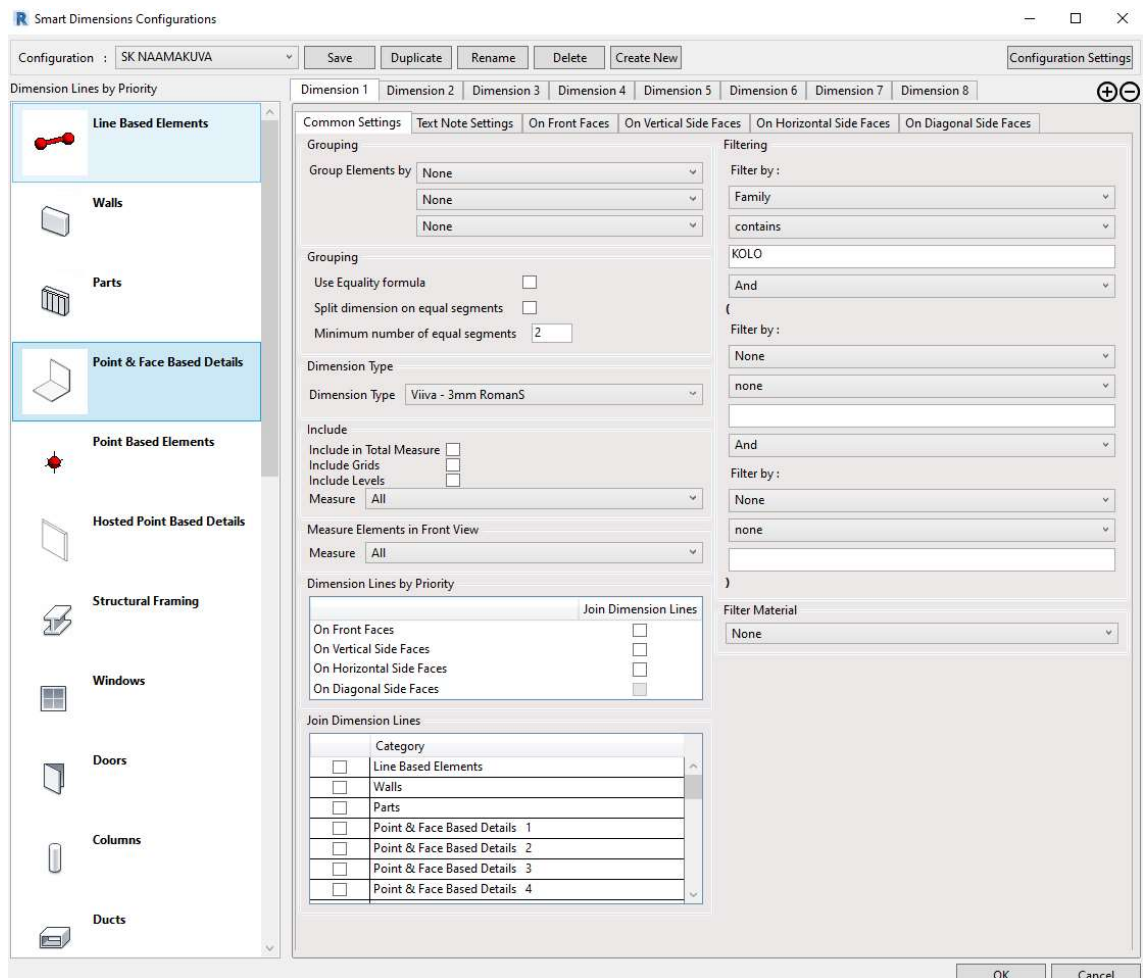


Kuva 18. Leikkausnäkömman säätö.

4.4.2 Piirustusten mitoitus

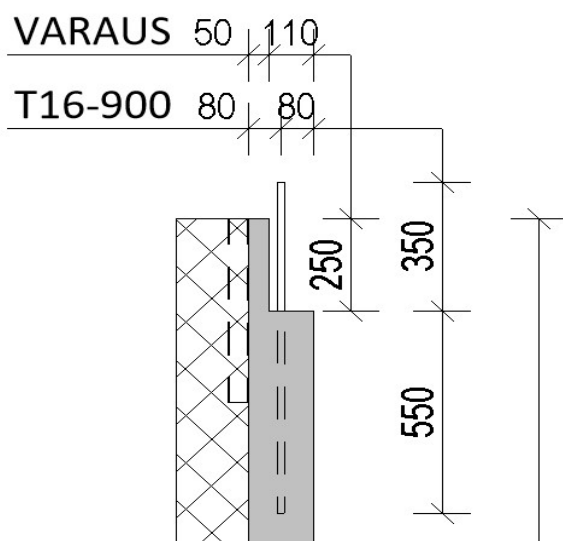
Smart assemblies -työkalusta löytyy asetukset, joiden avulla elementtikuvissa olevat valutarvikkeet ja geometriat saadaan mitoitettua automaattisesti. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin, että nämä asetukset ovat liian suppeat eikä niiden avulla saada tuotettua tarvittavia mittoja halutulla tavalla. Esimerkiksi valutarvikkeiden mitoitussjärjestystä ei pystynyt muuttamaan. Smart assemblies työkalun mukana tulee erillinen automaattiseen mitoitukseen tehty työkalu Smart dimension, joka toimii erinomaisesti yhteistyössä smart assemblies työkalun kanssa.

Smart dimensions työkalua voidaan käyttää kaikessa mitoitustyössä Revitissä, mutta se osoittautui erinomaiseksi juuri elementtikuvia mitoittaessa. Työkalulla saadaan helposti eriteltyä, mitä halutaan mitata ja miten.



Kuva 19. Smart dimensions sääntöjen luonti välilehti.

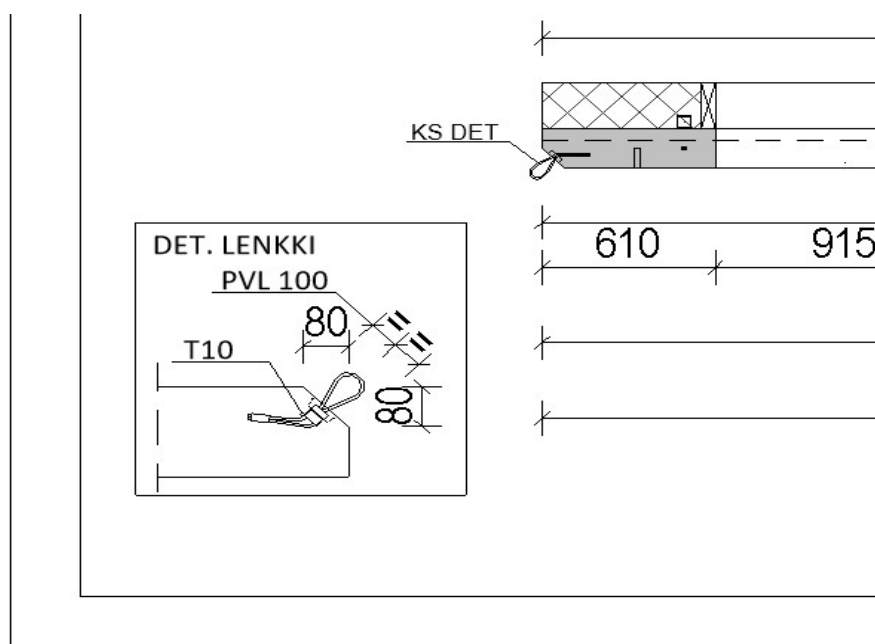
Tutkimuksessa havaittiin kaksi toimivaa tapaa mitoittaa asioita. Toinen on mitoitus familyn lisäys pisteen suhteen ja toinen "malliviivojen" mukaan, joita familyn sisään voidaan lisätä. Malliviivojen avulla mitoitusta on helppo hallita ja saadaan mitta juuri siitä kohtaa, kun halutaan. Esimerkiksi kuvassa 20 tappifamilyyn on lisätty malliviivoja tapin molempiin päihin sekä ulostulon kohtaan. Näin saadaan mitoitettua automaattisesti tapin ulostulema ja kuinka paljon tappi on elementin sisällä. Tapin kokonaispituus on luettavissa tekstiosioista.



Kuva 20. Esimerkki tartuntatapin mitoituksesta.

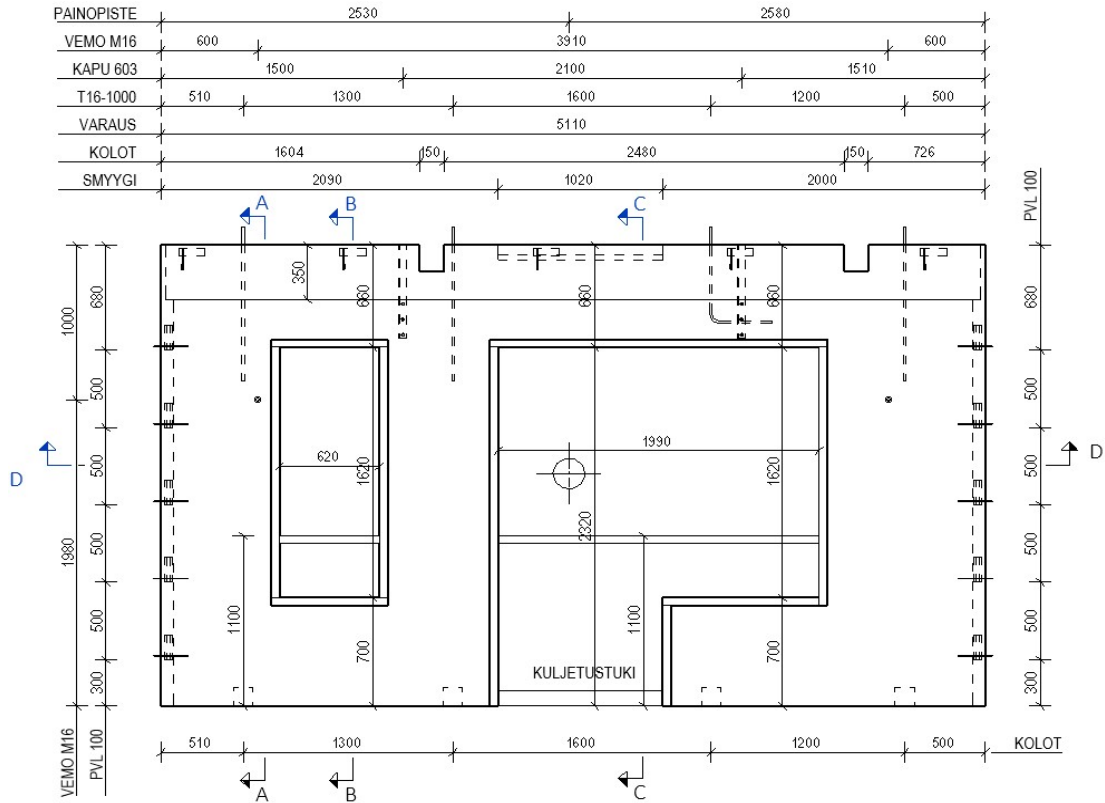
Työn tavoitteena oli hioa mitoitus niin automaattiseksi kuin mahdollista, ja minimoida näin kaikki manuaalinen työ piirustusten luonnissa. Kuvia joutuu kuitenkin siistimään kuvien luonnin jälkeen ainakin silloin, jos kuvassa on paljon mitoitettavaa. Esimerkiksi lyhyitä mittaviivoja on siirrettävä, jotta ne olisivat paremmin luettavissa. Varsinkin jos leikkaus näkymässä on paljon mitoitettavia asioita, ei automatiikan kautta saada ainakaan vielä suoraan yhtä siistiä lopputulosta, kuin käsin piirtämällä. Jos kuvien luettavuudesta ei haluta tinkiä, pitää mittaviivoja siirrellä aina tarvittaessa manuaalisesti. Elementin pintojen merkintöjä ei saatu automatisoitua vielä tässä vaiheessa, joten ne on lisättävä erikseen kuvien tuottamisen jälkeen. Elementtien pintojen merkintä on tehtävä jokaiseen piirustukseen, joten tämän asian mahdollista automatisointia on syytä tutkia tulevaisuudessa.

Revitissä voidaan luoda valmiita detaljeita, joita kutsutaan legendeiksi. Legendit piirretään Revitissä samalla tapaa viivapiirtona kuin 2D-piirustus ohjelmissakin ja ne ovat periaatteeltaan samantapaisia kuin blockit Autocadissä. Myös pystyleikkaukset voitaisiin toteuttaa tällaisten legendien avulla, mutta silloin olisi vaarana, että leikkaus olisi ristiriidassa elementin kanssa.



Kuva 21. Detalji toteutettu käyttäen legendiä.

Elementin naamakuvaan tarvikkeiden mitoittaminen onnistui kaikkein helpoiten ja automaattisista mitoista tuli varsin siistejä ja helposti luettavia. Toimistolla aiemmin käytössä olleesta esitystavasta, jossa elementin ylä- ja alapään mitoitetujen tarvikkeiden tekstit tulevat oikealle puolelle elementtiä jouduttiin kuitenkin tinkimään. Tekstien asetteluun löytyi kuitenkin toimiva asetus, jossa tekstit kiertävät elementtiä. Aukkojen automaattinen mitoitus saatiin lisäämällä aukko familyyn malliviivoja joihin mitoitus suoritetaan. Nämä viivat on sidottu aukon reunoihin, jolloin ne seuraavat mukana saman familyn sisällä olevissa eri-kokoisissa aukkotyypeissä.



Kuva 22. Elementin naamakuvan mitoitus esimerkki.

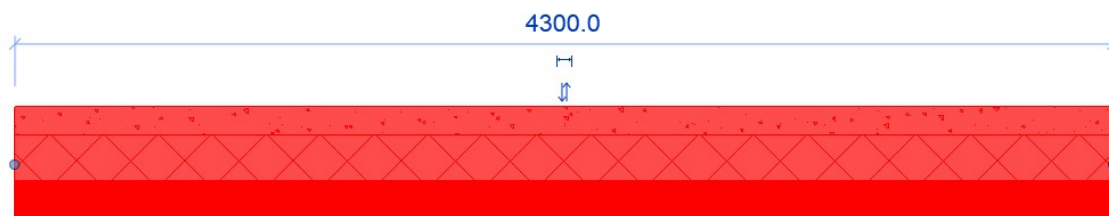
5 Seinäelementin mallinnusperiaatteet

5.1 Seinän mallinnus ja geometria

Aluksi seinät mallinnetaan yhtenäisenä seinänä. Seinän ylä- ja alapäälle valitaan haluttu korkoasema, jotka ovat muokattavissa vielä piirtämisen jälkeenkin. Mallinnus on järkevintä tehdä tasokuvassa arkkitehdin referenssikuvan päälle, toisaalta se voidaan tehdä myös 3D-näkymän kautta.

Revitissä mallinnussuunta on äärimmäisen tärkeä asia. Mallinnettaessa seiniä ensimmäinen ja viimeinen syöttöpiste määrittää elementin sisä- ja ulkopinnan sijainnin sekä katsomissuunnan. Yleinen käytäntö on, että seinät piirretään myötäpäivään. Väliseinissä piirtosuunta ei ole niin tärkeä, kuin ulkoseinissä. Väliseinien ulko- ja sisäpintaa voidaan muuttaa piirtämisen jälkeen valitsemalla

seinä ja painamalla tämän jälkeen space näppäintä. Tällä tavoin siistimpi muottipinta saadaan halutulle puolelle seinää. Katsomissuunta on oletuksena ulkopinnassa pienten sinisten nuolten puolella.

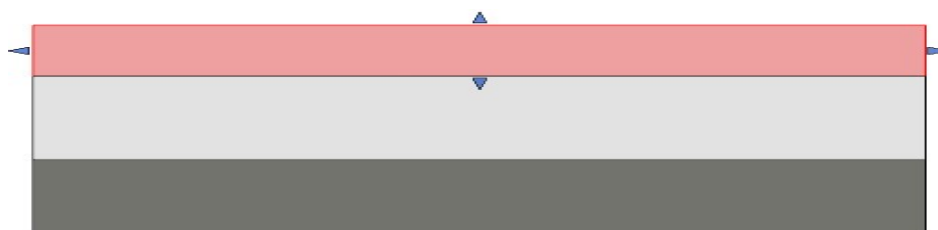


Kuva 23. Elementin katsomissuunta oletuksena sinisten nuolten puolella.

Ovi- ja ikkuna-aukot lisätään seiiniin arkkitehdin määrittämien aukkokokojen mukaisesti. Aukot ovat familyitä, jotka syövät geometriaa seinästä. Näitä aukko familyitä voidaan rakennella niin, että seinään tulee aukon kanssa samalla tarvittavat smyygit ja karmipuut sekä putoamissuojat.

5.1.1 Original ja parts

Mallinnettaessa seiiniä ovat ne oletuksena original-muodossa. Kaikki seinät voidaan mallinnuksen jälkeen muuttaa parts-tilaan. Tästä ominaisuudesta on hyötyä varsinkin mallinnettaessa monikerroksisia elementtejä. Parts toiminto "hajottaa" monikerroksisen elementin kerrokset omiksi osikseen. Parts-tilassa tehdyt muutokset seinän geometriaan eivät näy original-tilassa, mutta original-tilassa tehdyt muutokset näkyvät parts-tilassa. Tämä tarkoittaa sitä, että elementtikuvissa on käytettävä show parts-näkymää, jos elementtiin on tehty muutoksia parts-tilassa. Muutettaessa seinä originaalista parts-tilaan seinän eri kerrokset ovat muokattavissa sinisistä kahvoista, jotka saa näkyviin valitsemalla haluttu kerros ja painamalla sitten show shape handle painiketta.



Kuva 24. Parts tilassa seinän eri kerroksia voidaan muokata sinisistä nuolista.

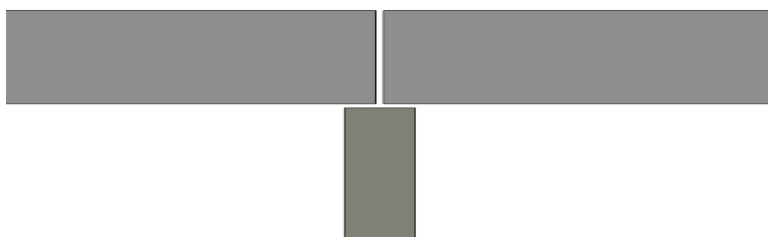
Tämän on erityisen hyvä ominaisuus muokatessa sandwich-elementtien nurkkaliitoksia, joissa seinän eri kerrokset ovat eri pituisia. Nurkkaliitos voidaan mallintaa myös tekemällä elementeistä ylipitkiä ja sitten geometriaa syöville familyillä muokata nurkka halutunlaiseksi. Tämä on kuitenkin huomattavasti hitaampi tapa.



Kuva 25. Elementin nurkkaliitos vasemmalla original- ja oikealla parts-tilassa.

5.2 Elementtijako

Seinien mallinnuksen jälkeen tehdään elementtijako. Seinät pilkotaan sopiviksi elementeiksi painon, koon ja saumojen sijoituksen perusteella. Kun seinät on jaettu elementeiksi ne eivät saa olla enää kytkettynä toisiinsa. Jokaisen elementin pää tulee erottaa toisista elementeistä disallow join -komennolla. Jaettaessa seiniä elementeiksi split walls -työkalu erottaa ne toisistaan automaattisesti. Elementin painoa ei pysty näkemään ennen kuin siitä on tehty assembly. Tässä vaiheessa varsinkin isoista elementeistä voi tehdä väliaikaisesti assemblyn, jolloin saa selville elementin painon ja tietää tarvitseeko elementtiä pienentää tai voiko sitä vielä kasvattaa.



Kuva 26. Seinät erotettu toisistaan.

5.3 Päätyliitokset

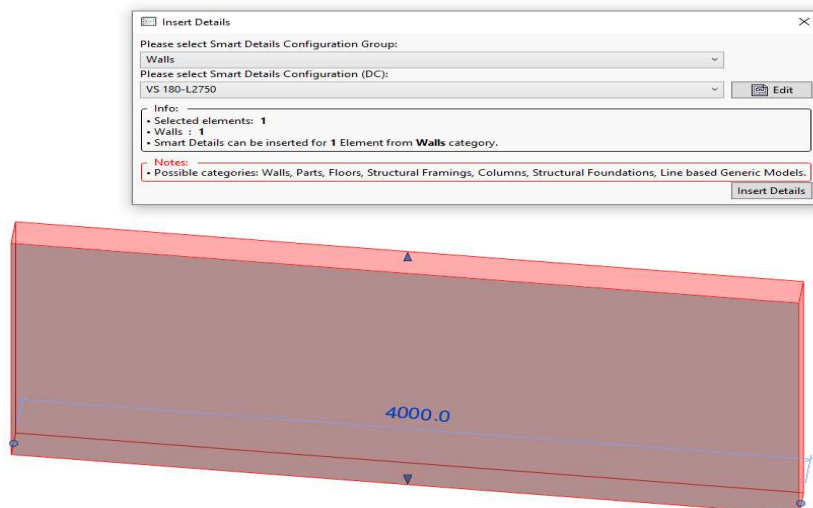
Elementtijaon jälkeen mallinnetaan liitokset elementtien pystysaumoihin. Liitoksien mallinnus tehdään smart connections -työkalulla. Työssä tehtiin sääntöryhmit erikseen viistoille ja suorille elementin päätyliitoksille. Jos elementin molemmissa päissä on samanlaiset liitokset, saadaan ne lisättyä yhdellä sääntöryhmällä, mutta jos päätyliitokset ovat erilaiset molemmissa päissä tehdään liitokset käyttämällä molempia sääntöryhmiä.

5.4 RAK varaukset

Varaukset laattaelementeille tai paikallavaluvälipohjalle elementin yläpään kannattaa mallintaa vasta liitosten mallinnuksen jälkeen. Joissain liitoksissa varaus häiritsevästi lisäystä elementtiin eikä elementtiliitos mallintunut oikein.

5.5 Valutarvikkeet

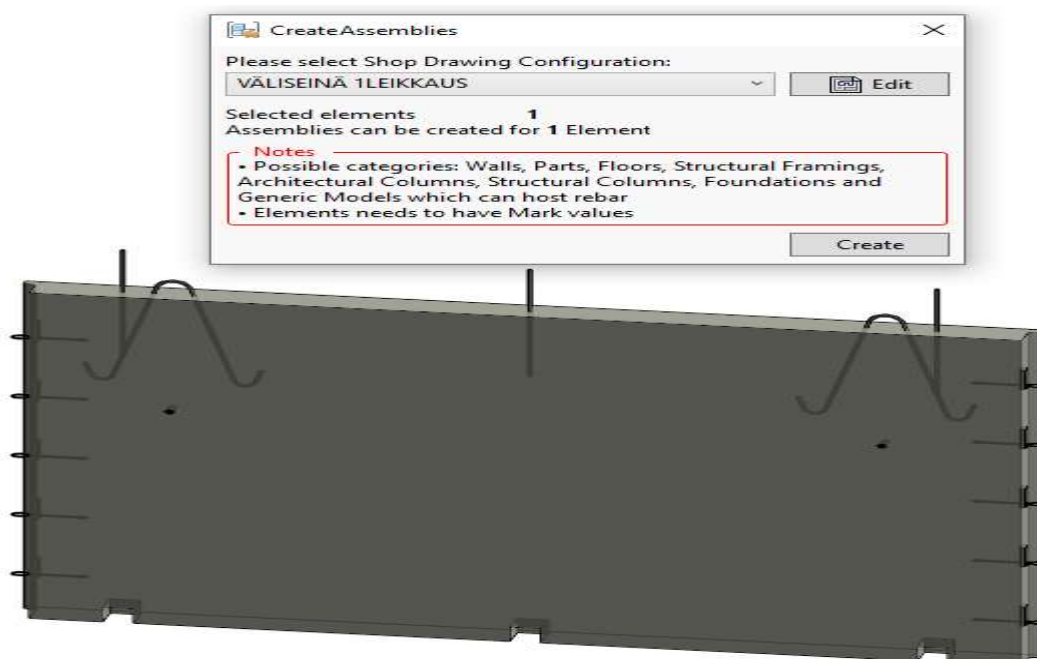
Elementtien valutarvikkeet lisätään smart connections -työkaluun rakennettujen sääntöryhmien avulla. Varaukset, tartuntatavat, valuankkurit, suojakaideholkit, nostolenkit ja muut tarvikkeet saadaan lisättyä kaikki kerralla samalla sääntöryhmällä, tai ne voidaan ryhmitellä omiin ryhmiinsä. Valutarvikkeet kannattaa lisätä yhteen elementtiin kerrallaan ja sitten käydä elementti läpi, jos jokin tarvike vaatii manuaalista siirtoa. Esimerkiksi alapään kolot sekä yläpään tartuntatavat vaativat monesti siirtämistä oviaukkojen takia. Ulkoseinäelementeissä tarvikkeet ovat järkevintä lisätä parts-tilassa elementin sisäkuoreen sillä kaikki tarvikkeet yleensä sijaitsevatkin sisäkuoreessa. Valutarvikkeet lisätään valitsemalla seinä ja painamalla Insert Elements näppäintä. Tämän jälkeen valitaan mitä seinään halutaan lisätä ja valitaan Insert Details ja ohjelma lisää tarvikkeet valitun sääntöryhmän mukaisesti.



Kuva 27. Valutarvikkeiden lisäys smart connections -työkalulla.

5.6 Assembly ja piirustusten luonti

Kun seinään on mallinnettu kaikki tarvittava, voidaan siitä luoda assembly haluttujen piirustussääntöjen mukaisesti. Aluksi valitaan haluttu seinä ja painetaan Create Assemblies näppäintä. Tämän jälkeen valitaan haluttu kokoonpano ja painetaan Create näppäintä ja ohjelma muuttaa seinän elementiksi ja valmistaa elementistä piirustukset valitun kokoonpanon mukaisesti.



Kuva 28. Seinän muuttaminen elementiksi.

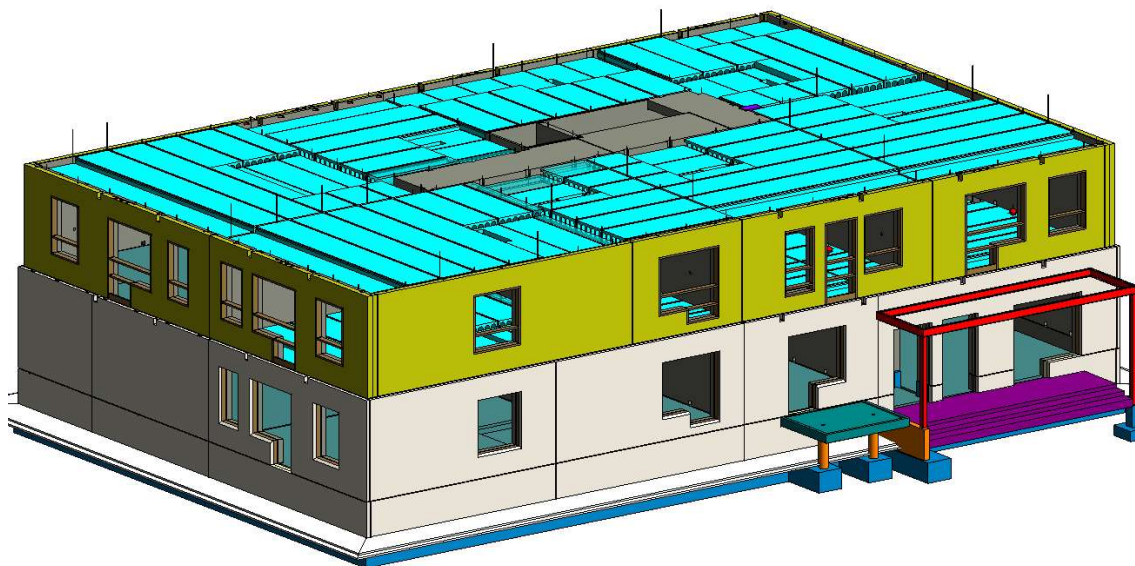
Piirustusten luonnin jälkeen näkymät ja taulukot asetellaan oikeille sivuille. Aluksi kannattaa tehdä jokaisesta erityyppisestä elementistä mallipiirustukset, joiden asettelua voidaan käyttää luodessa uusia samalla kokoonpanolla olevia elementtejä. Toimiva tapa jatkossa voisi olla luoda Revit aloituspohjaan mallielementit valmiiksi jokaiselle kokoonpanolle, jolloin luodessa elementtejä halutut näkymät menisivät suoraan oikeille sivuilleen. Mallielementit pitäisi pystyä rajaamaan projektista siten, että ne eivät häiritse projektia esimerkiksi näy elementtiluetteloissa tai tarvikeluetteloissa.

6 Pilottihanke

Tutkimuksen loppupuolella mallinnettiin tapaustutkimustyyppisesti kerrostalokohde. Vaatimuksena mallinnukselle oli tuottaa YTV tarkkuustason 2 mukaisia elementtejä. Tapaustutkimuksessa kerättiin tietoa työkaluihin luotujen asetusten toimivuudesta. Tarkoitus oli mallintaa kohteen sokkeli- ja seinäelementit raudoituksia lukuun ottamatta, sekä tuottaa näistä valmistuspiirustukset elementtituotantoa varten.

Kohde on viisikerroksinen kerrostalo, jossa alin kerros tulee sandwich-elementeistä ja neljä ylintä kerrosta sisäkuorielementeistä erillisellä ulkomuurauksella. Kohteessa välipohjat ja yläpohja toteutetaan ontelolaatoilla.

Sokkelielementtien, 1. kerroksen sekä 2. kerroksen elementtien mallinnukseen aikaa kului noin yksi viikko. Pilottihankkeen seurauksena saatiin tietoa eri asetusten toimivuudesta ja siitä, mitkä asetukset vaativat vielä jatkokehitystä. Yksinkertaisiin elementteihin tarvikkeiden lisääminen tapahtui jopa erittäin nopeasti, mutta jos elementin geometria muuttui monimutkaisemmaksi, saattoi tarvikkeiden lisäämiseen kulua useita kymmeniä minuutteja jopa tunteja. Vaativissa elementeissä aikaa kului enemmän, kun valmiiksi tehty sääntöryhmä ei toiminut vaan jouduttiin tekemään manuaalista työtä tai luotiin kokonaan uusi sääntöryhmä.

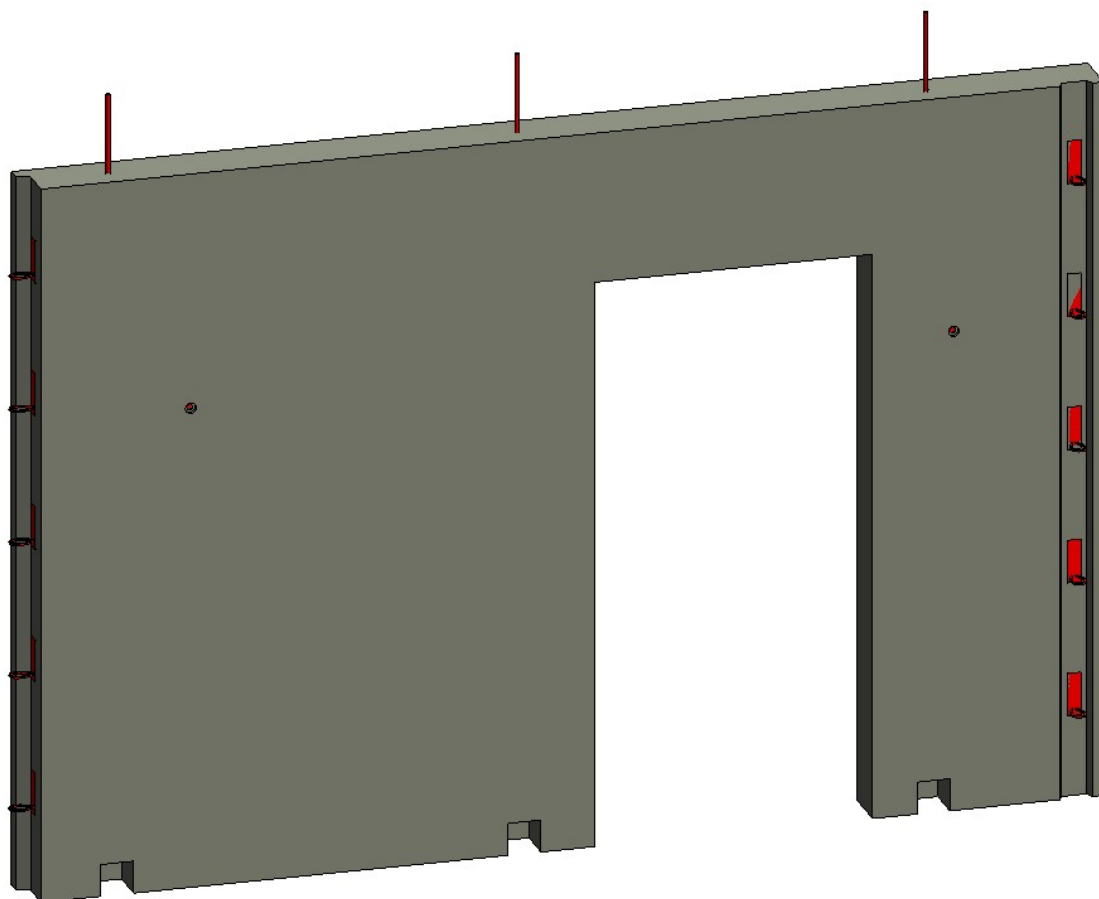


Kuva 29. Havainnekuva pilottihankkeesta.

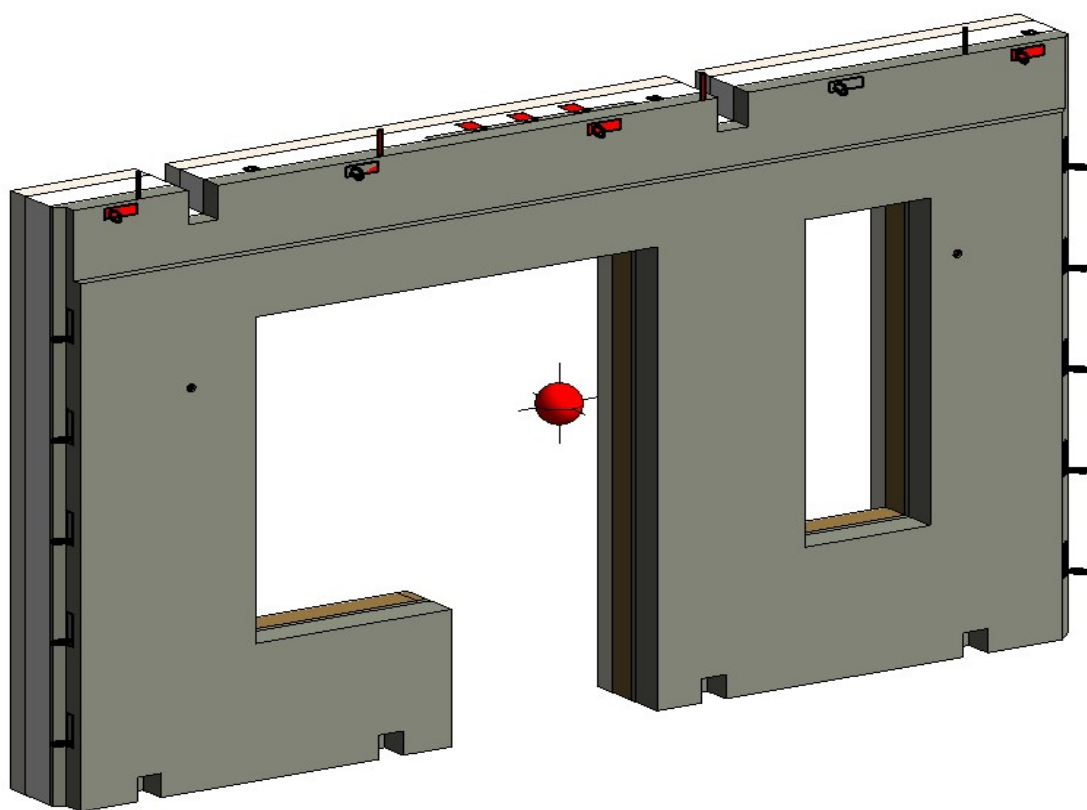
Viimeistään työskentely pilottihankkeen parissa toi selville, kuinka havainnollistava 3D-malli on verrattuna 2D-piirrokseen. Tämä ominaisuus onkin yksi kiistatonta eduista tehdessä suunnittelua tietomallintamalla. Työn edetessä selveni käsitys myös siitä, kuinka paljon erilaisia familyitä käyttäjän on luotava, että kaikki tarvittava saadaan mallinnettua.

Pilottihankkeen elementeistä saatiin tuotettua valmistuskuvat Revit-mallinnusohjelmassa. Ainoastaan sähkösuunnittelijan merkintöjen siirtoa Autocadista ei keretty tehdä tämän opinnäytetyön puitteissa. Jo ennen opinnäytetyöhön ryhtymistä oli tiedossa, että 2D-piirtona tuotettujen merkintöjen siirtäminen Revit-mallinnusohjelman elementtikuviin tulee olemaan haasteellinen. Aikaisemmin 2D-suunnittelussa kaikki samantyyppin elementit olivat samassa tiedostossa, joka laitettiin varauskiertoon. Revitissä jokaisen elementin merkintäsivusta täytyy tehdä oma erillinen DWG-tiedosto, johon merkinnät tehdään ja siirretään Revittiin. Merkintöjen siirtoon tehdään jatkokehityksenä oma ohjeistuksensa, kuinka se tulevaisuudessa aiotaan suorittaa.

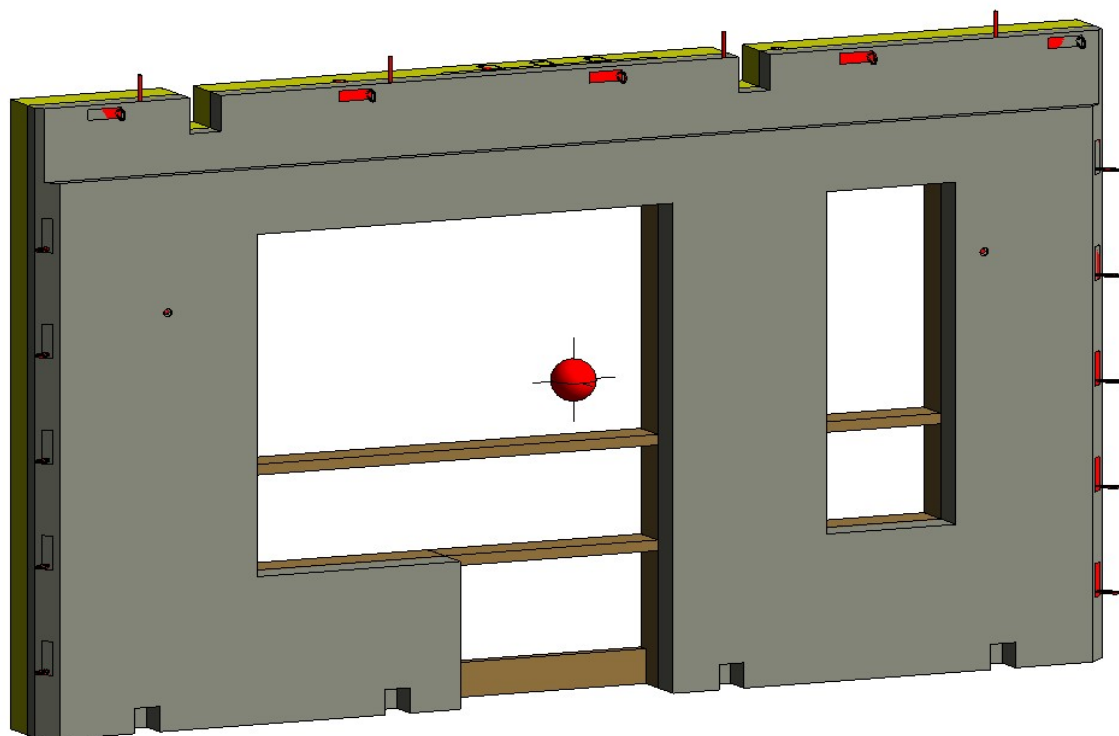
Opinnäytetyön liitteenä on pilottihankkeen tietomallista tuotettuja elementtipiirustuksia kuvien 30 ja 31 elementeistä lukuun ottamatta raudoitus- ja merkintäsivuja.



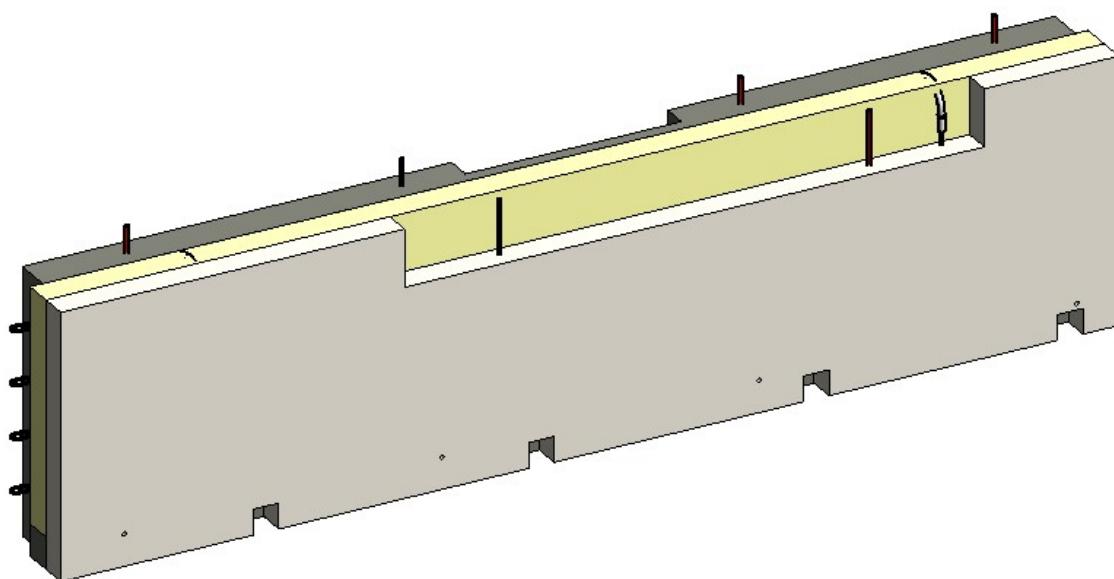
Kuva 30. Väliseinäelementti.



Kuva 31. Sandwich-elementti.



Kuva 32. Sisäkuorielementti.



Kuva 33. Sokkelielementti.

7 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli nopeuttaa ja automatisoida elementtisuunnittelua Revit-tietomallinnusohjelmassa, sekä saavuttaa valmiiden piirustusten tuottaminen suoraan mallista. Näissä tavoitteissa onnistuttiin mielestäni varsin hyvin. Precast Concrete lisäosan työkalujen avulla elementtien mallinnukseen saatiin erittäin paljon nopeutta ja mallinnuksen tarkkuustasoa saatiin nostettua elementtitehtaita palvelevalle tasolle. Elementtikuvien tuottaminen automatiikan kautta saatiin toimimaan jo varsin hyvin, mutta kuvista ei vielä saatu automaattisesti yhtä siistejä kuin käsin tehdyistä.

Tavoitteena oli tuottaa automaattiset piirustusasetukset seinä- ja sokkelielementeille, ja tässä tavoitteessa onnistuttiin. Piirustukset vaativat toki muokkaamista vielä piirustusten luonnin jälkeen, mutta automatiikka saatiin toimimaan siten että tarvittavat näkymät, taulukot ja piirustusarkit saadaan luotua automaattisesti. Piirustusarkkeja tulee nykyisin paljon enemmän elementtiä kohden kuin ennen, mutta tämä johtuu siitä, että esitettäviä asioita on enemmän. Elementtien raudoitusten mallintamista ei tutkittu tässä työssä, mutta raudoitteille luotiin jo oma sivunsa.

Yksi hieno oivallus automaattisten mitoitusten tuottamiseen oli ”malliviivojen” lisäys familyjen sisään. Näiden malliviivojen avulla mitoitusta saatiin hallittua paremmin, ja tämä tapa toimii useimpien familyjen kohdalla.

Suurimmat haasteet jäivät elementtien varauskierron toteutuksen suhteen. Reikiä pystytään kyllä siirtämään IFC-ohjelman kautta suoraan rakennemalliin, mutta 2D-piirtona tuotettujen sähkö- ja LVI-tarvikemerkintöjen siirtämisessä on haasteita. Ajatus kuvien siirtämisestä mallinnusohjelmasta DWG-muotoon siksi, että niihin saadaan merkattua TATE-suunnittelijoiden merkintöjä ei mielestäni tunnu oikealta ratkaisulta. Varsinkaan, jos tätä siirtoa ei saada onnistumaan jonkinlaisen automaation kautta. Muillakin suunnittelualoilla tapahtuu samaa siirtämistä, kohti tietomallintavaa suunnittelua. Mielestäni tulevaisuudessa kaikki

TATE-suunnittelijoiden tiedot pitäisi olla suoraan siirrettävissä rakennemalliin, natiivimallien tai IFC-formaatin kautta.

Eroja nopeudessa mallintamalla ja 2D-piirtona tehtyjen elementtikuvien välillä on mielestäni turha vertailla vielä tässä vaiheessa. On aivan selvää, että monimutkaisempi mallinnusohjelma vaatii huomattavasti enemmän opiskelua, kuin yksinkertaisempi CAD-ohjelma. Uusien suunnitteluprojektien myötä tarvittava family kirjasto kasvaa eikä tätä työtä tarvitse tehdä tulevaisuudessa enää niin paljon.

Insinööritoimisto Kantelinen jatkaa Revitin käyttöä jatkossakin rakennusten tietomallinnuksessa. Vaikka elementtisuunnittelua ei vielä tämän opinnäytetyön aikana saatu siirrettyä kaikilta osin tietomallintavaan elementtisuunnitteluun, oli tämä erittäin suuri askel kohti tuota päämäärää. Lisäksi työ lisäsi huomattavasti sekä omaani että insinööritoimiston tietomallinnustaitoja. Tietomallintavan elementtisuunnittelun kehitystyötä jatketaan jatkossa uusien suunnitteluprojektien yhteydessä.

8 Pohdinta

Mielestäni suurin haaste yrittäessä siirtää suunnittelua tietomallipohjaiseen suunnitteluun on se, että mallinnusohjelma ja tarvittavat lisäosat vaativat erittäin paljon kalibrointia ennen kuin niiden avulla saadaan tuotettua valmiita suunnitelmia ja niillä voitaisiin tehdä tuottavaa suunnittelutyötä. Agacadin Precast Concrete lisäosassa olevista työkaluista ei ole käyttäjälleen hyötyä sellaisenaan, vaan käyttäjän on itse muokattava niitä niin, että niistä saadaan apua suunnittelussa. Elementtikuvien tuottaminen automaattisesti mallista pitää pysyä hiomaan niin, että manuaalisen työn määrä saadaan aivan minimiin. Lisäksi tätä opinnäytetyötä tehdessä huomasimme, että joidenkin asioiden nopeuttamiseksi pitäisi opetella taas uusia ohjelmia, että turha manuaalinen työ saadaan karsittua.

Kaikkein hienointa olisi se, jos elementit osattaisiin jossakin vaiheessa tuottaa suoraan mallista ilman erillisiä piirustuksia. Jos elementtikuvia ei tarvitsisi luoda ollenkaan, vapauttaisi se huomattavasti aikaa varsinaiseen suunnittelutyöhön parantaen näin myös suunnittelun laatua.

Toimistossa tehtiin samaan aikaan toista opinnäytetyötä, jossa päivitettiin yrityksen Revit aloituspohjaa. Käytimme yhdessä noin tuhat tuntia ohjelmistojen säätöihin ja uusien familyjen luontiin. Kehitystä saatiin rutkasti aikaiseksi, mutta erittäin paljon kehittämistä ja hienosäätöä jäi vielä tekemättä. Helposti toiset tuhat tuntia tai jopa enemmän voidaan varata käytettäväksi, että Revit-mallinnusohjelmalla päästään oikeasti kiinni tuottavaan suunnittelutyöhön tinkimättä insinööri-toimiston olemassa olevasta laatujärjestelmästä, eikä ohjelman kehittäminen toki koskaan lopu kokonaan. Tämä työmäärä varsinkin pienemmässä yrityksessä näyttää merkittävää osaa yrityksen käytettävistä resursseista. Kehitystyö itsessään on pois työstä, joka tuottaa suoraa kassavirtaa yritykselle. Tästä syystä tällaista kehitystyötä ei välttämättä voida toteuttaa yhdellä kertaa ja uuden ohjelmiston käyttöönotto viivästyy.

Yksi erittäin suuri plussa lisäosan tuottajan puoleen on se, että ongelmatilanteissa lähettämiini viesteihin vastattiin viipymättä. Sain nopeasti neuvoja lisäosan käytöstä, joka nopeutti huomattavasti työn suorittamista, kun ei tarvinnut kaikkea selvittää aivan itse. Työtä tehdessä lisäosasta paljastui kehityksen kohteita ja jopa suoranaisia virheitä, joihin otettiin myös nopeasti kantaa ja ohjelmaan tehtiin päivityksiä näiden korjaamiseksi. Ohjelmiston tuottajan ollessa näin hyvin yhteydessä käyttäjään mahdollistaa se ohjelman nopean kehittämisen ja virheiden korjaamisen.

Kehittämismahdollisuuksia tulevaisuudessa on luoda valutarvike- ja piirustusasetukset laatta-, pilari- ja palkkielementeille. Tärkein kehitysalue tulevaisuudessa olisi tutkia kuinka TATE-suunnittelijoiden merkintäkierto saataisiin toteutettua järkevästi. Lisäksi voisi tutustua Agacadin Wall Reinforcement -työkaluun, jolla saadaan automatisoitua elementtien raudoitusten mallinnusta.

Lähteet

- 1 Betoniteollisuus ry. 2021. Rakenne-ja elementtisuunnittelu. <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/rakenne-ja-elementtisuunnittelu/>.4.2.2021.
- 2 Elementtisuunnittelu. 2020. Sandwich-julkisivut. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>.4.2.2021.
- 3 Elementtisuunnittelu. 2020. Talonrakentaminen. <https://elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/talonrakentaminen>.7.2.2021.
- 4 Betoniteollisuus ry. 2020. BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallin-
nusohje. <https://elementtisuunnittelu.fi/tekniset-artikkelit>
- 5 BuildingSMART. 2012. YTV2012 osa5 tilaajan ohje. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_RAK_Tilaajan_ohje.pdf
- 6 BuildingSMART. 2012. YTV2012 osa5. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf
- 7 Autodesk. 2021. Revit Rakennesuunnitteluun. <https://autodesk.fi/products/revit/structural>.8.2.2021.
- 8 Autodesk. 2021. About Families. <https://bit.ly/3frldjl>.9.3.2021.
- 9 BuildingSMART. 2021. Industry Foundation Classes. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>.7.3.2021
- 10 AGACAD. 2021. Precast Concrete. <https://agacad.com/products/bim-solutions/precast-concrete/overview>.7.3.2021.

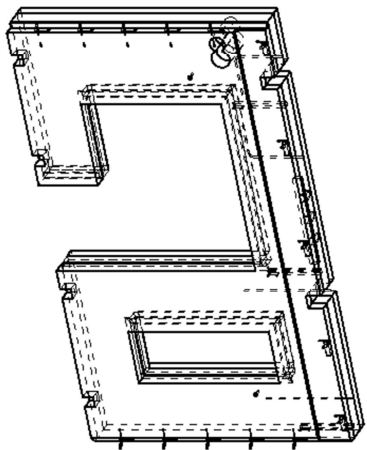
Sandwich-elementti

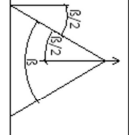
3D-kuva ja elementin tiedot

MATERIAALUUTTELO				TARVELUETTELO	
NIMI	MATERIAALI	TILAVUUS	PINTA-ALA	Tarvike	Määrä
ULKOKUORI	BETONIELEMENTTI C35/45 XC4 XF1	1,07 m ³	9,7 m ²	KAPU 603	3
ERISTE	EPS-graaniitti	1,54 m ³	9,1 m ²	KÄÄMIKENKÄ	3
SISÄKUORI	BETONIELEMENTTI C30/37 XC1	1,45 m ³	9,0 m ²	PNL FS	2
				PVL 80	10
				PVL 100	5
				TIG-1000	4
				VEWOM 15	2

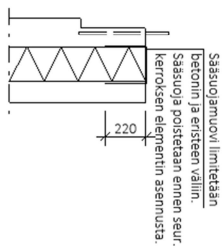
PUUTAVARALUETTELO	
KOKO	MÄÄRÄ
48x148	12,32 m

MATERIAALUUTTELO			
Sivu 1ELEMENTIN TIEDOT		
Sivu 2PIIRUSTUS		
Sivu 3LEIKKAUS		
Sivu 4RAUDOITUS		
Sivu 5MERKINNÄT		





SURIN SALLITTU NOSTOKULMA
8-60° JA 8/2<30°



Säsuojanuovi liimetään
betonin ja eristeen välillä.
Säsuojia poistetaan ennen seur.
kerroksen elementin asennusta.

220

HUOMI! NOSTOSSA NOUDATETTAVIA AINA NOSTO-OSAVALMISTAJAN OHJEITA

NOSTOPUOMIA KÄYTETTÄÄN AINA KUIN
KULMA 8 ON SUUREMPI 60° TAI
KULMA 8/2 ON SUUREMPI 30°

MITTATARKKUUS: NORMAALILUOKKA, SUUNNITTELUKÄYTTÖKÄ: SK: 100 VUOTTA, UK: 50 VUOTTA

ULKOKUORI: C35/45 SÄÄNKESTÄVÄ XC4 XF1 BETONIPETE 35 mm +/-10mm

SISÄKUORI: C30/37 XC1 BETONIPETE 20 mm +/-10mm

TERÄS: T=A500HW/B500B, #=B500OK, S=235JRG2, RST=EN 1.4301 (AISI 304), E=B600KX

NOSTOLENKIT: PNLFS (Peikko Oy), NOSTOKULMA<30° NURKISSA KYNÄPYÖRISTYS KATSOMISSUUNTA: SISÄLTÄ

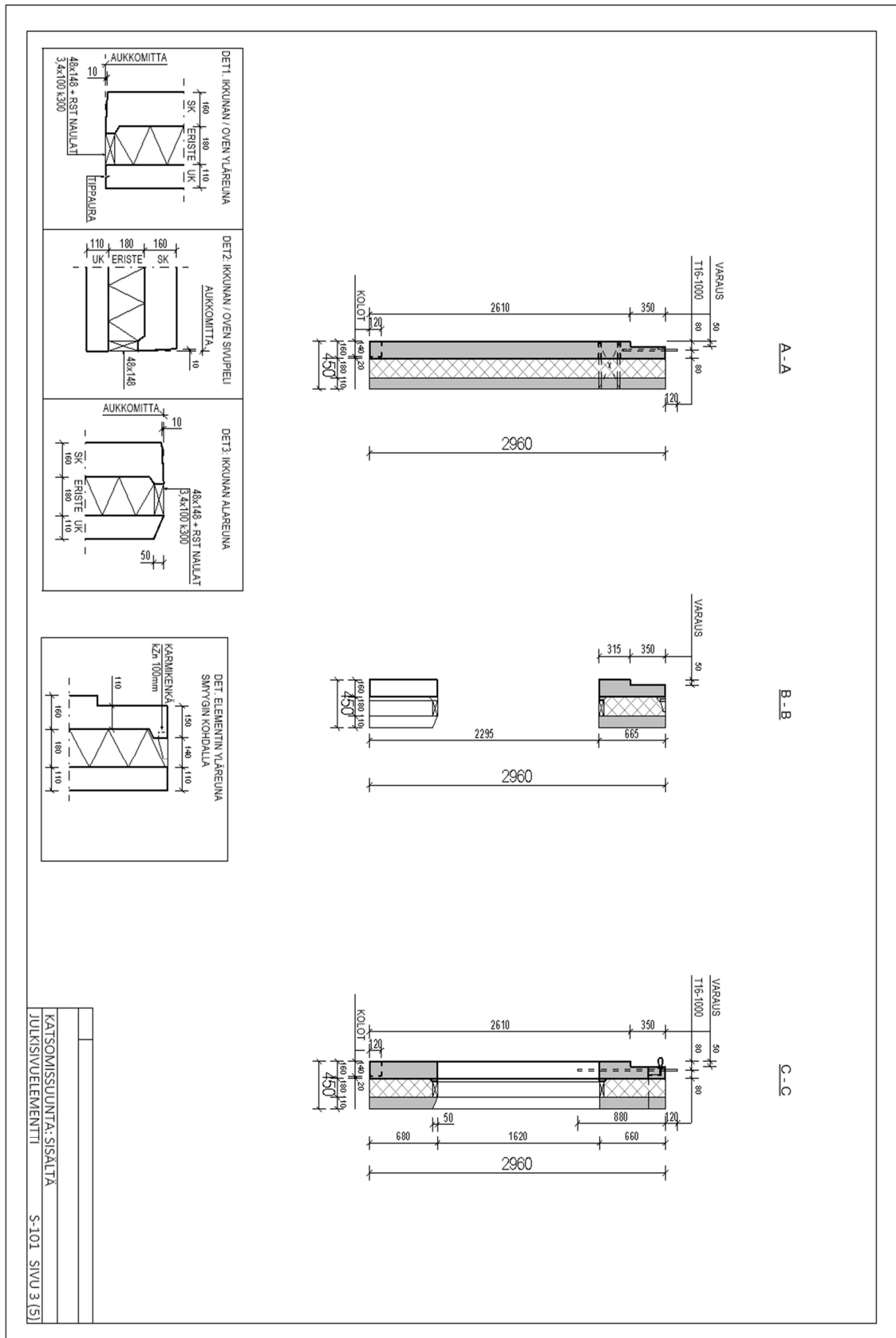
ELEMENTIN PAINO: **6,4 t**

KPL

MUOTTIPINTA : HIENOPESTY VÄRBETONI
VÄRI: ARKKITEHDIN MUKAAN

S-101 SMU 1 (5)

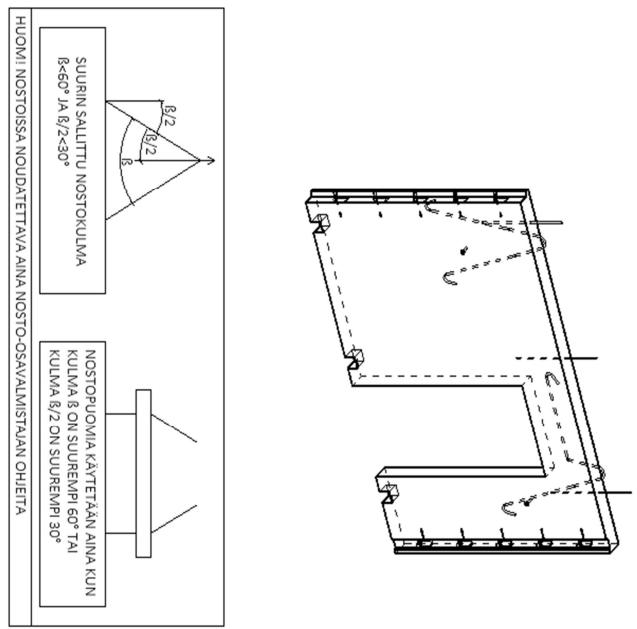
Pystyleikkaukset



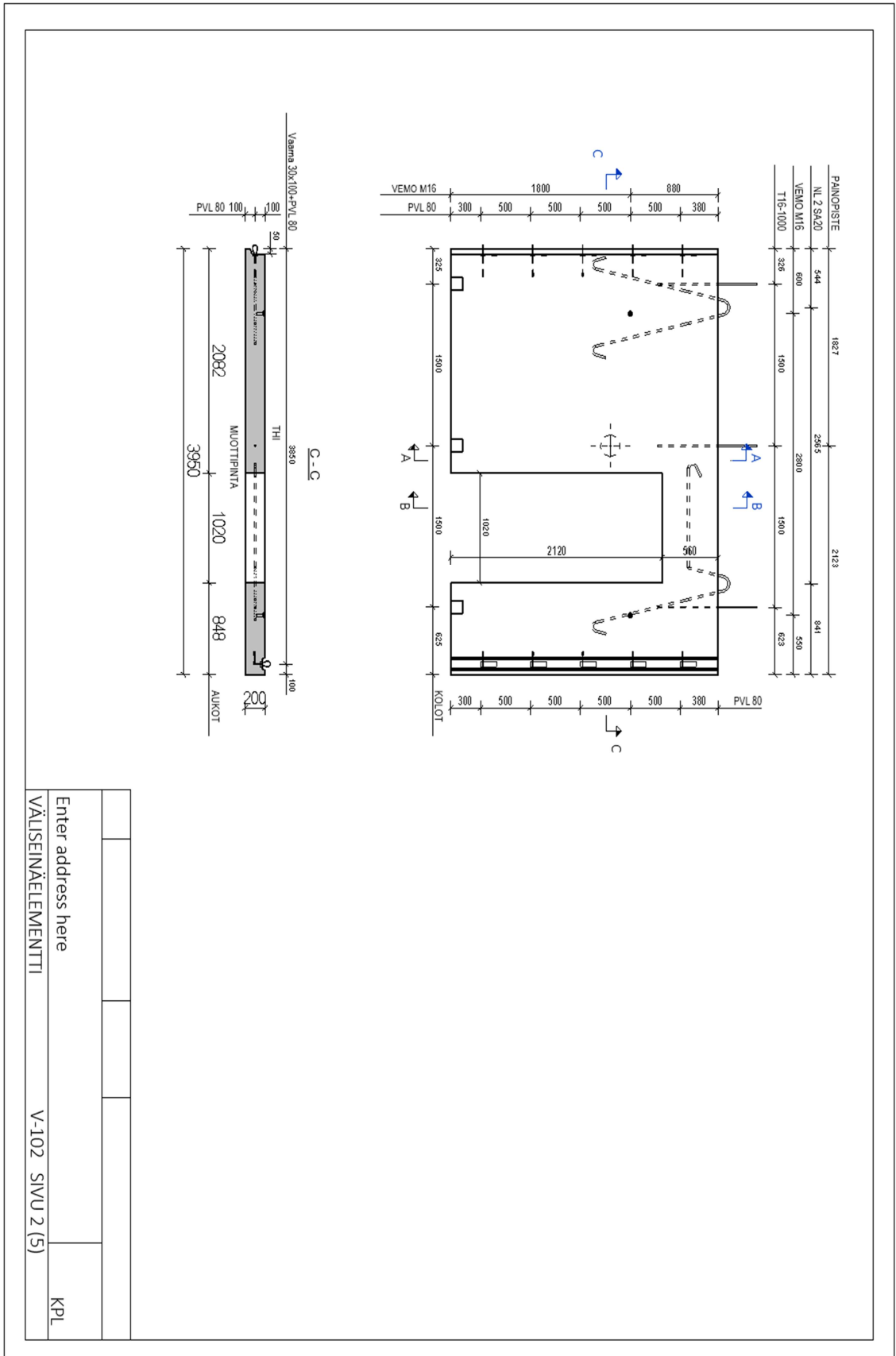
KATSOMISSUUNTA: SISÄLTÄ
 JUURISIVUELEMENTTI S-101 sivu 3 (5)

Väliseinäelementti

3D-kuva ja elementin tiedot

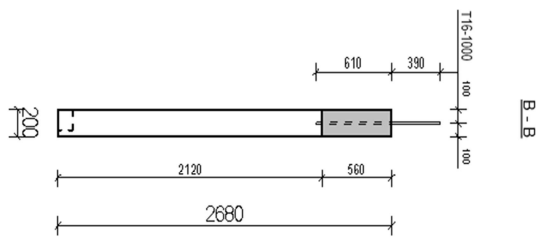
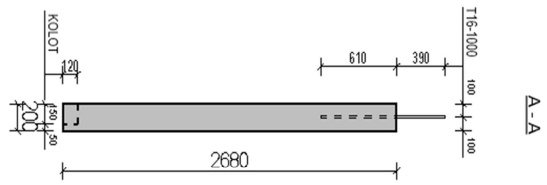
<p>Sivu 1 ELEMENTIN TIEDOT Sivu 2 PIIRUSTUS Sivu 3 LEIKKAUS Sivu 4 RAUDOITUS Sivu 5 MERKINNÄT</p>							
MATERIAALI		TILAVUUS		PINTA-ALA		TARVIKELUETTELO	
NIMI	MATERIAALI	TILAVUUS	PINTA-ALA	Tarvike	Määrä		
VÄLISEINÄELEMEN- TINNI	BETONIELEMENTTI C30/37 XC1	1,65 m ³	8 m ²	PVL 80	10		
				SA 20	2		
				T16-1000	3		
				VEMO M16	2		
							
<p>SUURIN SALUTTU NOSTOKULMA $B/2$ JA $B/2 < 30^\circ$</p>				<p>NOSTUJON KÄYTTÄÄN AINA KUN KULMA B ON SUUREMPI 60° TAI KULMA $B/2$ ON SUUREMPI 30°</p>			
HUOMI! NOSTOISSA NOUDATETTAVAA AINA NOSTO-OSAVÄLIMISTÄÄN OHJEITA							
MITTATÄRKKYYS: NORMAALI LUOKKA, SUUNNITTELUKÄYTTÖKÄ: 100 VUOTTA							
BETONI: C30/37, XC1		BETONIPESITE		ELEMENTIN PAINO:			
TERÄS: T=A500HW/B500B, #=B5000K, S=235JR2, NST=EN 1.4301 (AISI 304), E=B600KX		20 mm		+/-10mm		4,1 t	
NOSTOLENKIT:SAI(Pintos Oy),		NOSTOKULMA<30°		KPL			
NUKKISSA KYNÄPYÖRISTYS				KATSUMISSUUNTA:TUNNUKSEN PUOLELTA			
				VÄLISEINÄELEMENTTI			
				V-102 sivu 1 (5)			

Elementtipiirustus



Enter address here					
VÄLISEINÄELEMENTTI				V-102	SIVU 2 (5)
				KPL	

Leikkaus



Enter address here			
VÄLISEINÄELEMENTTI	V-102	SIJU 3 (5)	KPL