

Samuli Hyttinen

Seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

1.11.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Samuli Hyttinen Seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostaminen 52 sivua + 4 liitettä 1.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	BIM-teknologiapäällikkö Teemu Ahonen Lehtori Mervi Toivonen
<p>Insinööriyö tehtiin seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostamiseksi Pöyry Finland Oy:ssä. Tietomallintaminen on yleistynyt rakennusalalla osana suunnitteluprosessia ja yritysten on kehitettävä keinoja nopeuttaa tapojaan tuottaa rakentamisen vaatimia dokumentteja. Työn tavoitteena oli perustaa Tekla Structures -ohjelmistolla yritykselle kloonimalli, jossa sandwich-tyyppisille seinäelementeille tehtiin viimeistellyt piirustukset. Näistä piirustuksista tehtiin kloonipohjat, joita voidaan käyttää uusien elementtipiirustusten tuottamiseen.</p> <p>Aiheeseen tutustuttiin ottamalla osaa yrityksen järjestämiin mallintamista käsitteleviin koulutuksiin sekä lukemalla tietomalleista tehtyjä insinööritöitä viime vuosilta. Koska aihetta käsittelevää kirjallisuutta ei juuri ole tarjolla tai se on vanhentunutta, tietoa kerättiin verkkolähteistä ja kansallisista mallintamista ohjaavista julkaisuista. Lisäksi tehtiin kaksi haastattelua yrityksessä tiedon hankkimiseksi.</p> <p>Piirustusten teko aloitettiin kehittämällä yrityksessä aiemmin tuotettuja piirustusten näkömääsetuksia. Ensin elementeistä tehtiin piirustukset sen hetkisillä asetuksilla, joihin pyydettiin kommentteja yrityksen asiantuntijoilta. Kommenttien perusteella tehtiin tarvittavat korjaukset asetuksiin, jonka jälkeen tehtiin uudet piirustukset, jotka toimivat kloonipohjina.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena tehtiin kloonipiirustusohjat sandwich-tyyppisille seinäelementeille. Kloonipiirustusohjia tehtiin kaksi, joista toiseen lisättiin sivu elementin sähkösuunnitelmaa varten. Jotta kloonipohjat toimisivat mahdollisimman tehokkaasti, on elementtien oltava mallinnettu oikein. Tämän vuoksi osana insinööriyötä tehtiin myös lyhyt mallinnusohje seinäelementtien mallintamiseen sekä tallennettiin mallintamiseen käytettäville komponenteille valmiita asetuksia. Asetusten avulla varmistutaan siitä, että osat on nimetty oikein ja tarvittavat tiedot on annettu, jolloin voidaan varmistua siitä, että kloonipohjat toimivat.</p> <p>Insinööriyön tuotoksille oli tilaajayrityksellä selvästi tarvetta. Sitä mukaan, kun esiasetuksia valmistui, ne ladattiin kaikkien suunnittelijoiden käyttöön. Samoin insinööriyön aikana kehitettyjä piirustusasetuksia käytettiin projekteissa nopeuttamaan piirustusten tekoa.</p>	
Avainsanat	Tekla Structures, tietomalli, seinäelementti, kloonimalli

Author(s) Title Number of Pages Date	Samuli Hyttinen Increasing the Efficiency of Wall Element Design Based on Building Information Model (BIM) 52 pages + 4 appendices 1 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Teemu Ahonen, BIM Technology Manager Mervi Toivonen, Senior Lecturer
<p>This graduate study was commissioned by Pöyry Finland Oy. The purpose was to find ways to increase the efficiency of building information model -based wall element design. The goal was to create a cloning model and import elements into it from other models by using Tekla Structures.</p> <p>Information related to the topic of this study was partly gained through reading previous graduate studies about BIM from recent years. However, internet publications and national guidelines for modeling structures were the main sources of information. Two interviews were also held at Pöyry.</p> <p>First, drawings were made using the existing view properties. Comments received from these drawings were used to modify the properties, after which new drawings were made. These were then used as cloning templates.</p> <p>The results of the project are two different cloning templates, where the other has an additional view for electrical design. To ensure proper functioning of the cloning templates, a short modeling manual and pre-settings for common components were made for users.</p> <p>As the project proceeded parts of it were downloaded for designers to use. The results are already widely used in ongoing company projects and have improved the efficiency and competitiveness of the company in its field.</p>	
Keywords	Tekla Structures, BIM, wall element, cloning model

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoitteet	3
2.1	Tutkimusmenetelmät	4
2.2	Rajaukset	5
3	Elementtirakentaminen Suomessa	6
3.1	Elementtirakentamisen historia	6
3.2	Elementtirakentaminen nykyään	7
3.3	Betoni rakennusmateriaalina	8
4	Seinäelementtien suunnitteluprosessi	10
4.1	Suunnittelun lähtötiedot	10
4.2	Työturvallisuus	11
5	Tietomalli	13
5.1	Tietomallinnus	14
5.2	Tekla Structures	15
5.3	Mallinnusta säätelevät julkaisut	16
5.3.1	Yleiset Tietomallivaatimukset 2012	16
5.3.2	BEC 2012	17
6	Piirustusten tuottaminen Tekla Structuresilla	19
6.1	Piirustustyypit	19
6.2	Piirustuksen sisältö	21
6.3	Piirustuksen tasot	24
7	Kloonimallin perustaminen ja piirustusasetusten kehittäminen	27
7.1	Kloonimallin perustaminen	27
7.2	Piirustusasetusten kehittäminen	28
7.3	Kloonipohjien teko ja käyttö	31
8	Mallinnusohjeen teko	35
8.1	Nimeäminen	35
8.2	Sandwich-elementin mallinnus	37

9	Päätelmät	42
9.1	Tavoitteiden saavuttaminen	42
9.2	Korjatut ongelmat piirustuksissa	43
9.3	Korjaamattomat ongelmat piirustuksissa	46
9.4	Jatkokehitysehdotukset	48
10	Yhteenveto	49
	Lähteet	50
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelu 1: Kari Lassila	
	Liite 2. Haastattelu 2: Juho Akola	
	Liite 3. Piirustus ennen asetusten muokkaamista	
	Liite 4. Piirustus asetusten muokkaamisen jälkeen	

1 Johdanto

Insinööriyön aihe muodostui Pöyry Finland Oy:n metsäteollisuuden ja ydinvoiman rakennesuunnittelun osastopäällikön, Janne Ranzin, sekä BIM-tekniologiapäällikön, Teemu Ahosen, kanssa pidetyssä palaverissa keväällä 2016. Ranzin ja Ahosen mukaan yrityksellä on tarvetta tehostaa työskentelyä sellaisilla rakennesuunnittelun osa-alueilla, jotka toistuvat hankkeesta toiseen.

Perinteisesti piirustukset on tuotettu CAD-ohjelmilla (Computer-aided Design) eli tietokoneavusteisena suunnitteluna, jolloin suunnittelijan on täyttynyt piirtää jokainen viiva ja kirjoittaa jokainen teksti itse. Suunnittelu on yhä laajemmin siirtymässä asiakirjakeskeisestä suunnittelusta tietomallipohjaiseksi, sillä 3D-mallinnus kehittyi valtavaa vauhtia rakennusalailla [1, s. 23]. Tästä johtuen suunnittelutoimistojen tulee keksiä uusia keinoja tehostaa toimintatapojaan pärjätäkseen kilpailussa muiden suunnittelutoimistojen kanssa. Tällä hetkellä aikaa käytetään ensin rakenteen mallintamiseen, jonka jälkeen siitä tehdään vielä piirustus. Tietomallista on saatava tuotettua tarvittavat tulosten mahdollisimman tehokkaasti. [2.]

Tietomallinnus lisääntyy osana rakennesuunnittelua ja erityisesti isoissa hankkeissa tietomallinnusta käytetään lähes poikkeuksetta. Tietomallipohjaisen suunnittelun ajatuksena on se, että elementti suunnitellaan alusta loppuun kolmiulotteisista osista. Kun elementin malli on valmis, tulostetaan siitä piirustus rakentamista varten. Usein hankkeissa vain elementtien geometria mallinnetaan, jolloin elementin vaikutus ympäröiviin rakenteisiin on vaivattomampaa havaita. Tämän jälkeen elementin geometria ajetaan ulos mallista ja raudoitetaan perinteisellä CAD-ohjelmalla. Näin ollen tietomalli ei sisällä kaikkea rakennusosan valmistamiseen tarvittavaa tietoa. [2.]

Osien mallintaminen itsessään on melko yksinkertaista ja nopeaa, mutta aikaa vievä osio on piirustusten tuottaminen mallista. Piirustuspuolella on tehtävä erilaisia suodattimia eri näkymille ja yksittäisille osille, tehtävä leikkauksia sekä lisättävä tunnisteet (Part Mark) osille ja raudoiteille. Jotta tätä piirustuspuolella tapahtuvaa aikaa vievää muokkaamista voitaisiin vähentää, on yrityksellä tarve saada käyttöön kloonimalli, jossa yleisimmille elementtityypeille on tehty valmiit piirustus pohjat. Jotta säästettävän ajan määrä voidaan maksimoida, tulee kloonipohjana toimivien piirustusten olla mahdollisimman huolellisesti tehty. Näissä niin sanotuissa kloonipohjissa on kaikki tarvitta-

vat näkymät sekä leikkaukset jokaiselle elementtityypille. Kloonipohjia voidaan käyttää uusissa projekteissa piirustusten tehokkaampaan tuottamiseen.

Kaikkia piirustuksia ei mallissa kannata kuitenkaan tehdä. Rakennetyypit ja -detaljit on edelleen kannattavaa tehdä perinteisellä 2D-suunnittelulla, sillä hyvin usein yrityksillä on jo ennestään valmiit piirustuspaketit tavallisimmille rakennetyypeille ja tyyppidetalleille. Näitä vanhoja piirustuksia voidaan usein hyödyntää hankkeissa sellaisenaan tai vähillä muutoksilla. Myöskään erilaisten ohuiden rakennekerrosten, kuten höyrynsulun tai vedeneristeen mallinnus ei ole tarkoituksenmukaista. Näin ollen esimerkiksi vedeneristys suunnitelmien tuottaminen tietomallista ei ole kannattavaa.

Insinööriyön tilaajana toimii Pöyry Finland Oy, joka on osa Pöyry-konsernia (kuva 1). Pöyry on kansainvälinen konsultointi- ja suunnitteluyhtiö, joka toimii pääasiassa energia-alaan, teollisuuteen ja infrastruktuuriin liittyvissä hankkeissa. Yrityksellä on 19 toimipistettä Suomessa, joissa työskentelee noin 1600 työntekijää. Maailmanlaajuisesti Pöyryllä on 6000 työntekijää 45 eri maassa. [3.]



Kuva 1. Pöyry Oyj:n logo [4].

Työt Pöyry Finland Oy:ssä aloitin keväällä 2015 harjoittelijana opintojeni työharjoittelujaksossa. Tämän jälkeen olen jatkanut osa-aikaisena työntekijänä opintojen ohessa, joten insinööriyön tekeminen Pöyry Finland Oy:lle tuntui luontevalta. Harjoitteluni aikana pääsin käyttämään Tekla Structures -ohjelmistoa työssäni päivittäin. Mielestäni tietomallipohjainen suunnittelu on tullut jäädäkseen osaksi suunnittelua ja siksi koen, että asiaan syventyminen olisi tulevaisuuteni kannalta tärkeää.

2 Tavoitteet

Insinööriytyön nimi on Seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostaminen. Työ tehdään rakennesuunnittelun ja dokumenttien tuotannon näkökulmasta. Insinööriytyön päätavoitteena on selvittää, mitkä asiat vievät aikaa seinäelementtien mallintamisessa ja suunnitteludokumenttien tuottamisessa, sekä kehittää ratkaisuja havaittuihin ongelma-kohtiin. Kerätyn tiedon pohjalta tehdään Pöyry Finland Oy:lle kloonimalli, jota voidaan käyttää piirustusten tuottamiseen tulevilla projekteilla. Insinööriytyön toisena tavoitteena on tehdä lyhyt mallinnusohje sandwich-elementtien mallintamiseen, jotta varmistetaan, että elementit on mallinnettu oikein. Tämä on ensisijaisen tärkeää piirustusten automaation kannalta.

Insinööriytyön tuotoksena tehdään kloonimalli erilaisista seinäelementeistä, joista tehdään mahdollisimman viimeistellyt piirustukset. Kloonimallia käytetään uusissa hankkeissa piirustusohjelmien kopiointi lähteenä. Kun uudessa projektissa ryhdytään tuottamaan piirustuksia elementeistä, voidaan kloonimallissa luodun piirustuksen näkymät ja niiden asetukset kopioida uuteen elementtipiirustukseen. Jotta piirustukset vaatisivat mahdollisimman vähän manuaalista muokkausta, tulee automaattisten piirustusasetusten olla mahdollisimman monipuolisia ja virheettömiä. Tämän vuoksi osana insinööriytyötä testataan tilaajaryityksen sen hetkisiä automaattisia piirustusasetuksia ja pyritään korjaamaan havaitut ongelmat.

Sandwich-elementtien mallinnusohjeen tarkoituksena on yhtenäistää tilaajaryityksen mallinnustapaa, jolloin suunnittelijasta riippumatta elementin tietomallin tietosisältö on samanlainen. Oikea mallinnustapa on ensisijaisen tärkeää, jotta piirustuspuolella käytettävät asetukset osien mitoittamiseen ja esitystapaan toimisivat oikein. Näin ollen piirustuspuolella tapahtuva manuaalinen mittojen lisääminen, osien viivatyypin muuttaminen ja raudoitteiden merkintöjen lisääminen jäisi mahdollisimman vähäiseksi.

Yhtenä osatavoitteena on tallentaa seinäelementtien mallintamisessa yleisimmin käytetyille komponenteille valmiita asetuksia. Samat asetukset eivät tietenkään voi olla samanlaiset jokaisessa kohteessa. Siksi dialogeille täytetään mahdollisimman paljon kenttiä valmiiksi, jotka todennäköisesti ovat samat kohteesta riippumatta. Mallinnusohjeessa kerrotaan, mitä suunnittelijan tulee itse vielä lisätä. Tämä nopeuttaa suunnittelijoiden työtä, kun heidän ei tarvitse käyttää aikaa komponenttien dialogien täyttämiseen.

Omat henkilökohtaiset tavoitteet koskevat pääasiassa itse insinööriyön tekemistä. Tavoite on oppia työskentelemään järjestelmällisesti ja johdonmukaisesti, hallitsemaan niin kokonaisuuksia ja aikataulusta kuin myös omaa ajankäyttöä. Insinööriyöprosessin aikana vastaan tulee myös varmasti ongelmia, joiden ratkaisemiseksi on kehitettävä omia ongelmanratkaisutapoja. Insinööriyön aiheen vuoksi tavoitteenani on myös harjaannuttaa omia vuorovaikutus- ja yhteistyötaitoja.

2.1 Tutkimusmenetelmät

Mallintamista käsittelevää kirjallisuutta on tarjolla vähän sekä niissä esitetty tieto on osittain vanhentunutta. Tästä syystä tietoa kerätään tutkimusta varten useista eri verkkolähteistä. Aluksi tutkitaan mallintamista ohjaavat kansalliset julkaisut sekä insinööriyöt, jotka käsittelevät tietomalleja ja tietomallinnusta. Mallintamiseen liittyen tietoa kerätään yrityksen järjestämistä mallintamiseen liittyvistä koulutuksista, Pöyry Finland Oy:n asiantuntijoilta sekä Tekla User Assistance -palvelusta. Myös oma työkokemus tietomallintamiseen liittyen toimii tietopohjana mallinnusta koskevissa asioissa.

Insinööriyön aikana tehdään kaksi haastattelua. Haastatteluilla pyritään saamaan käytännön tietoa seinäelementtien suunnittelusta ja mallintamisesta sekä mahdollisista ongelmista, jotka toistuvat hankkeesta toiseen. Ensimmäisenä tullaan haastattelemaan projektipäällikkö Kari Lassilaa seinäelementtien suunnitteluun liittyen. Toinen haastateltava tulee olemaan rakennesuunnittelija Juho Akola, jolla on kokemusta seinäelementtien mallintamisesta. Akolan haastattelu tullaan tekemään, jotta saadaan vinkkejä mallinnusohjeen tekemistä ja rakennetta varten. Haastattelulla pyritään selvittämään mitä komponentteja tulisi käyttää ja missä järjestyksessä. Lassilan haastattelu on insinööriyön Liite 1 ja Akolan haastattelu on Liite 2.

Piirustusasetusten kehittämiseksi seinäelementeistä tehdään nykyisillä asetuksilla elementtipiirustukset ilman suurempia muokkauksia. Tämän jälkeen pyydetään kommentteja tilaajayrityksen asiantuntijoilta, joilla on kokemusta seinäelementtien suunnittelusta ja piirustustuotannosta, piirustusten havainnollisuudesta ja tietosisällöstä ottamatta kantaa rakennetekniseen toimivuuteen. Kommentteja pyydetään tulostettuihin piirustuksiin, joihin asiantuntijat merkkavat hyviä ja huonoja puolia sekä antavat vaihtoehtoisia esitystapoja esimerkiksi rauditusverkon esittämiseksi.

2.2 Rajaukset

Insinööri työ on rajattu käsittelemään vain sandwich-tyyppisiä seinäelementtejä. Komponenttien ja työkalujen esiasetuksia tehdään kantaville ja ei-kantaville sandwich-elementeille. Lisäksi piirustuspuolella kehitettävät automatisoidut piirustusohjelmat ja niiden asetukset toimivat pääasiassa vain sandwich-elementeille. Kloonimalliin tuodaan referenssikohteista vain sandwich-elementtejä.

Osana insinööriä tehdään ohje sandwich-elementtien mallintamiseen, jossa esitellään yleisimmät työkalut ja komponentit, joita tulisi käyttää. Lisäksi ohjeistetaan piirustusten tekoa kloonimallia hyödyntäen. Mallinnusohje tulee vain Pöyry Finland Oy:n käyttöön, sillä se sisältää sellaista tietoa, jota ei haluta kilpailevien suunnittelutoimistojen käyttöön. Tämän vuoksi mallinnusohje määritettiin salaiseksi. Tässä työssä käydään läpi, miten mallinnusohje on tehty.

Työssä ei oteta kantaa seinäelementtien rakennetekniseen toimivuuteen. Pääpaino on kloonimallin, mallinnusohjeen ja komponenttien esiasetusten tekemisessä, testaamisessa ja kehittämisessä. Tässä työssä tietomallia käsiteltäessä tarkoitetaan tietomallia, joka on luotu Tekla Structures -ohjelmistolla, sillä se on tilaajayrityksessä käytössä oleva mallinnusohjelma.

3 Elementtirakentaminen Suomessa

3.1 Elementtirakentamisen historia

Elementtirakentaminen rantautui Suomeen 1900-luvun puolenvälin tienoilla. Toisen maailmansodan aiheuttamien tuhojen ja huonon taloustilanteen vuoksi tarvittiin mahdollisimman tehokasta ja taloudellista rakennustapaa. Ratkaisuksi löytyi teollisuusrakentamisesta liikkeelle lähtenyt elementtirakentaminen. Tiettävästi ensimmäiset elementtipalkit Suomessa tehtiin Valtion Rautateiden Hyvinkään konepajan kattorakenteisiin vuonna 1946 (kuva 2). Ensimmäiset tehdasvalmisteiset elementit kiinnitettiin Helsingin Etelärantaan valmistuneeseen Hotelli Palaceen vuonna 1952, juuri ennen Helsingin olympialaisia. Elementit olivat hiottuja valkobetonia julkisivuelementtejä. Nykyisin rakennus tunnetaan nimellä Teollisuuskeskus, jossa toimii Elinkeinoelämän keskusliiton ja muiden tärkeimpien työnantajajärjestöjen pääkonttori [5]. Yksi tunnetuimmista ensimmäisistä täyselementtirakennuksista on Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus. [6, s. 19–32.]



Kuva 2. Valtion Rautateiden Hyvinkään konepajan elementtipalkit [6, s. 26].

Erilaisista tehdas- ja hallirakennuksista tuttua pilareiden ja palkkien muodostamaa kantavaa runkoa alettiin käyttää myös asuinrakentamisessa 1950-luvun edetessä. Tämän ansiosta julkisivuelementit tulivat myös asuinrakentamiseen. Lämpöeristyksellä varustettuja seinäelementtejä alettiin kutsua sandwich-elementeiksi, joita alkuun oli kahta tyyppiä: nauha- ja ruutuelementtejä. Se on nykyään yleisimmin käytetty betoninen julkisivutyyppi [7]. Sandwich-elementti koostuu kahdesta tavallisesti teräsverkolla ja reuateräksillä raudoitetusta betonisesta kuoresta, jotka on liitetty toisiinsa kuorien välissä olevan lämmöneristeen läpi menevillä teräsansailta tai -pistokkailla. [6, s. 47–48.] Lämmöneristeenä käytetään jäykkää mineraali- tai lasivillaa, polyuretaania ja polystyreeniä [8, s. 51]. Arkkitehti voi valita betonin värin ja pintakäsittelyn hyvin laajasta valikoimasta. Viime aikoina yleistyneet graafiset pinnat ovat tulleet tyypillisten laatta- ja väribetonipintojen sekä hiottujen pintojen rinnalle ulkokuoren pintakäsittelynä. [9.]

3.2 Elementtirakentaminen nykyään

Betonelementtien osuus kaikista runkorakenteista on noin kolmannes ja julkisivuista noin 15 % [9]. Betonelementtien kysynnän arvioidaan kasvavan jopa viidenneksellä vuonna 2016. Seinäelementtien menekki on kasvanut vuodessa peräti 26,9 prosenttia [10, s. 8]. Kysyntä jakautuu kuitenkin epätasaisesti eri puolille Suomea, sillä uusia asuinkerrostaloja rakennetaan tällä hetkellä kasvukeskuksiin kiihtyvällä tahdilla (kuva 3). Teollisuusrakentamisessa on puolestaan hiljaisempaa. Suomessa koko betoniteollisuuden vuosittainen liikevaihto on vajaat miljardi euroa. [11.]



Kuva 3. Talonrakentaminen, uudet aloitukset Suomessa [12].

Rakentaminen kasvaa tänä vuonna viime vuoteen verrattuna uudisrakentamisen pirstymisen ansiosta. Talonrakennus näyttää elpymisen merkkejä, sillä Rakennusteollisuus ry arvioi, että vuonna 2016 uusia aloituksia on noin 38 miljoonan kuution edestä mikä vastaa noin 31 500 asuntoa. Takavuosien määrästä jäädään silti kauas, sillä ennen finanssikriisin puhkeamista vuonna 2007 taloja rakennettiin yli 50 miljoonan kuution verran eli noin 41 500 asuntoa. Rakentaminen keskittyy kuitenkin yhä vahvemmin pääkaupunkiseudulle. [12;13.]

Kivipohjaisten rakennusmateriaalien teollisuus on merkittävä työllistäjä Suomessa, sillä yksinään betonielementtitehtaita on yli 100 ja valmisbetoniasemia noin 250. Betoniteollisuus alihankkijoineen työllistää noin 10 000 ihmistä Suomessa. [14, s. 74.] Rakennustuotteita valmistavien firmojen tilanne on parantunut huomattavasti pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen pirstymisen ansiosta [12].

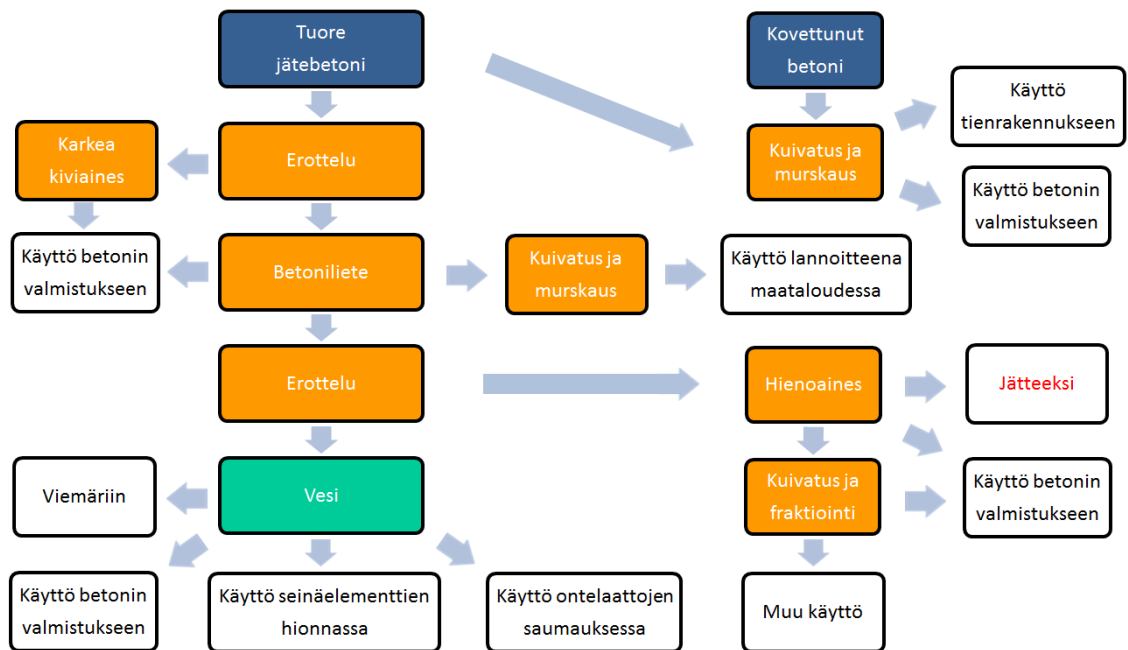
3.3 Betoni rakennusmateriaalina

Betoni on maailman käytetyin rakennusaine. Sitä käytetään vuosittain noin 13 miljardia kuutiometriä ja siitä Suomessa vuotuinen käyttö on noin 5 miljoonaa kuutiometriä [15]. Noin puolet Suomessa käytettävästä betonista tehdään valmisosiksi, kuten elementeiksi. Elementtien käytöllä saavutetaan useita etuja paikan päällä valettuun rakennusosaan verrattuna, kuten:

- tasaisempi laatu
- lyhempi rakennusaika
- ympäristöhaittojen, kuten pölyn ja melun, hallinta
- pienempi materiaalihukka kierrätyksen ansiosta. [16.]

Betoniteollisuus kilpailee uusilla ominaisuuksilla kuten ääneneristys, taloudellisuus ja ulkonäkö. Eräs kilpailuvaltti on nykyisin myös ympäristöystävällisyys. [7.] Betonin hiilidioksidipäästöistä noin 70 % aiheutuu sementin valmistuksesta, vaikka sementin polttoprosessin kehittyminen onkin vähentänyt sekä energiankulutusta että kokonaispäästöjä. Suomessa elementtien valmistuksessa on ekologisuuteen kiinnitetty huomiota myös muilla osa-alueilla. Esimerkiksi lähes kaikki Suomessa betonirakentamiseen käytettävä betoniteräs on valmistettu kierrätysraaka-aineesta.

Betoniteollisuus käyttää lähes kaiken yli jäävän materiaalinsa uudelleen joko prosessissa tai muuten (kuva 4). Noin kaksi prosenttia betonielementtiin käytettävästä betonista jää yli. Tuore betoni käytetään joko sellaisenaan tuotannossa tai se erotellaan kiviainekseksi tai lietteeksi. Kiviaines käytetään joko uuden betonin valmistamiseen tai maanrakennuksessa ja liete puolestaan kalkin tapaan maanparannukseen sen korkean pH-arvon ansiosta. Mikäli betoni ehtii kovettua ennen käsittelyä, murskataan se ja käytetään betonin valmistuksessa tai maanrakennuksessa. Betonin valmistukseen käytettävästä kiviaineksen määrästä murskettua voi olla 10–20 % ilman, että se vaikuttaa elementin ominaisuuksiin.



Kuva 4. Betonijätteen kierrätys [17].

Betonin valmistukseen käytettävään veteen on myös kiinnitetty huomiota, sillä teollisuus kierrättää vettä tuotantoprosessissaan. Kierrätysvettä käytetään betonin valmistukseen joko sellaisenaan tai yhdessä vesijohtoveden kanssa. Lisäksi betonipumput, betonisekoittimet ja kuljetuskalusto pestään pääasiassa kierrätysvedellä. Kierrätysvettä syntyy myös kovettuneen betonin sahauksesta, hiomisesta ja vesisuihkupuhdistuksesta.

[14, s. 30–48; 17.]

4 Seinäelementtien suunnitteluprosessi

4.1 Suunnittelun lähtötiedot

Seinäelementtien suunnittelu tapahtuu arkkitehdin laatimien lähtötietojen perusteella. Tyypillisiä tapoja luoda rakennemalli on vertailtu Samppa Ylösen tekemässä opinnäytetyössä: Elementtirakenteisen toimistorakennuksen mallintaminen Tekla Structures -ohjelmistolla. Opinnäytetyössä on esitelty ja vertailtu seuraavat tavat:

- mallintaminen suoraan lähtötiedoista
- mallintaminen arkkitehdin laatiman tietomallin pohjalta, käyttäen sitä referenssimallina
- mallintaminen arkkitehdin laatiman tietomallin pohjalta, käyttäen Convert IFC objects to native object -komentoa
- mallintaminen viemällä tasopiirustukset pohjaksi Tekla Structures -ohjelmistoon
- mallintaminen 3D DWG -piirustusten pohjalta.

Ylönen on tullut opinnäytetyössään siihen tulokseen, että paras ja nopein tapa luoda rakennemalli on mallintaa rakenteet hyödyntämällä arkkitehdin laatimaa tietomallia referenssimallina. Ylönen huomauttaa, että käytettäessä arkkitehdin laatimaa tietomallia referenssimallina, tulee varmistua arkkitehtimallin oikeellisuudesta sekä siinä käytettyjen mallinnustapojen suhteen esimerkiksi koroissa ja mitoissa. Ylönen mainitsee myös 2D DWG -tasopiirustusten viemisen malliin eri tasoille toimivaksi tavaksi helppokäyttöisyytensä ansiosta. DWG on AutoCAD-ohjelman käyttämä tiedostotyyppi. [18.] Tilaajayrityksessä seinäelementit suunnitellaan tavallisesti arkkitehdin tuottamien 2D DWG -tasopiirustusten päälle [2].

Elementtien mitat määräytyvät jännevälien ja paksuuksien mukaan. Elementin korkeus on tyypillisesti 2985 mm asuntorakentamisessa. Sandwich-tyyppisten seinäelementtien sisä- ja ulkokuorien paksuudet ovat lähes aina samat. Kantavissa elementeissä sisäkuoren paksuus on tyypillisesti 150 mm ja ei-kantavissa vastaavasti 80 mm. Ulkokuoren paksuus on tavallisesti 70 mm, ellei valittu pinnoite vaadi tilaa. Eristeen paksuus vaihtelee vaaditun U-arvo vaatimuksen sekä valitun eristetyypin mukaan. [2.]

Elementin raudoitus riippuu siitä, onko seinä kantava vai ei. Jäykistävässä seinissä raudoitus määräytyy stabiliteetin laskennassa saatujen rasitusten perusteella. Seinien pääraudoituksena käytetään tyypillisesti vakio kokoisia verkkoja. Kantavissa seinissä aukkojen ylitykset mitoitetaan erikseen palkkina, jolloin niihin tulee paikallisesti enemmän raudoitetta. Ei-kantavien seinien suunnittelussa tulee huomioida asennusaikana mahdollisesti aiheutuvat normaalia suuremmat rasitukset. Lisäksi elementin reunoihin sekä aukkojen ympärille asennetaan pieliteräkset, jotta elementti pysyy suorana eikä halkea. Ulkokuoressa on niin ikään pieliteräkset sekä raudoiteverkko keskeisesti. Mikäli ulkokuori on 70 mm paksu, ei betonipeitteen vähimmäispaksuus täyty. Ulkokuoren pitää kestää säärasituksia ja siksi raudoitteena käytetään ruostumatonta terästä. [2.]

Sisä- ja ulkokuori yhdistetään toisiinsa eristeen läpi joko pistokkailla tai ansailla. Seinäelementit sisältävät usein myös paljon muita valutarvikkeita, muun muassa seinän kiinnitystä, väliaikaista tuentaa sekä työturvallisuuden takaamista varten. Seinät kiinnitetään viereisiin elementteihin tyypillisesti vaijerilenkeillä ja päällekkäiset elementit toisiinsa tappikoloin ja tartuntatapein. Kiinnityslevyjä puolestaan tarvitaan esimerkiksi silloin, kun parveke kiinnitetään seinäelementtiin hitsaamalla. Nostolenkkeinä pyritään käyttämään sellaisia tuotteita, jotka voidaan jättää elementtiin asennuksen jälkeen. [2.]

4.2 Työturvallisuus

Viime vuosien aikana työturvallisuuteen on kiinnitetty yhä enemmän huomiota. Kypärän käyttö ja viikoittaiset työturvallisuusmittaukset ovat suuremmilla työmailla arkipäivää. Kesäkuun alussa vuonna 2009 tuli voimaan Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009), joka korvasi aiemmat rakennus- ja elementtityön turvallisuudesta annetut asetukset. Asetusta sovelletaan rakennushankkeen eri vaiheissa: valmistelussa, suunnittelussa, rakentamisessa ja kunnossapidossa. Rakennesuunnittelun asiakirjojen tulee työturvallisuuteen liittyen sisältää vähintään ne tiedot mitä asetus velvoittaa esittämään. VNa 205 pykälän 7 mukaan:

Rakennuttajan on suunnittelutoimeksiannossa edellytettävä suunnittelijoilta työturvallisuuden huomioonottamista rakentamisessa ja siinä on annettava sellaiset tiedot, joita suunnittelija tarvitsee työturvallisuuslain 57 §:n mukaisen vastuunsa toteuttamisessa. Elementtirakentamisessa vastaavan rakennesuunnittelijan on huolehdittava, että rakennesuunnitelmat ja erityissuunnitelmat ovat asennustyön turvallisuuden kannalta ristiriidattomat ja muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää elementtirakentamisen toteutuksen sille asettamat työturvallisuusvaatimukset. [19, 7§.]

Insinööriyön kannalta merkityksellisimmät pykälät säädetään luvussa 8 Työturvallisuus elementtirakentamisessa. Elementtirakentamisen suunnitelmista säädetään seuraavaa:

Rakennesuunnittelijan on annettava toteutuksesta vastaaville elementtien asennussuunnitelman laadintaa varten riittävät tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuslaitteista ja niiden kiinnittämisestä. [19, 36§.]

Valmisosasuunnitelmien muodostamassa kokonaisuudessa on annettava seuraavat tiedot elementtiin liittyen: käsittelylujuus, nostolenkit, painopiste, nosto-ohje, varastointiohje, vaaditut tukipinnat, kiinnitysosat, väliaikaistuntojen tarve, epäkeskeisesti kuormitettujen rakenteiden väliaikaistuet ja niiden purkamisajankohta sekä tukitankojen kiinnitys. Osa tiedoista voidaan antaa elementtipiirustuksen yleisteksteissä (kuva 5) ja osa voidaan antaa erillisissä työselosteissa.

TUOTETIEDOT		
Betonilaadut	Sisäkuori: C30/37	Ulkokuori: C30/37
Betonipeitteen nimellisarvo	20mm ± 10mm	, Sisäkuori
Betonipeitteen nimellisarvo	35mm ± 10mm	, Ulkokuori
Maksimi raekoko	Sisäkuori: 16mm	Ulkokuori: 12mm
Toleranssiluokka	Luokka N	
Mittatoleranssi	Betonielementtien toleranssit 2011	
Pintakäsittelyluokka	BY40 Luokka 2	
Pintakäsittely 1	MUO-A	, Sisäkuori
Pintakäsittely 2	THI-A	, Ulkokuori
Viisteet 1	P= kynäpyörästys r=3mm	
Muotistanostolujuus	15 MN/m ²	
Kuljetus- ja Asennuslujuus	21 MN/m ²	
Nostolenkit	Noston haarakulma max. 60 astetta.	
Jatkospituus	T8(E7,E6)=250mm, T10(E9)=400mm, T12=500mm, T16=750mm, T20=1000mm	
Verkkojen limitys	Yksi silmäväli, verkot voidaan tarvittaessa korvata irtotangoilla.	
Betoniterasten laatu	T= B500B	E= B600KX
Kuvaussuunta	Elementti katsottu sisältä.	
Huom !	Elementtiä saa nostaa ja kääntää vain nostolenkkien kohdalta ja kuljettaa syrjällään sisäkuoren varassa.	

Kuva 5. Esimerkki elementtipiirustuksessa annetuista tuotetiedoista liittyen turvallisuuteen.

Rakennesuunnittelija voi edellä mainituissa kohdissa olla vastaava rakennesuunnittelija, tuoteosasuunnittelija tai valmisosasuunnittelija. Tuoteosasuunnittelijan tulee laatia riittävät ohjeet elementtien käsittelystä, nostamisesta ja asentamisesta suunnitelmien liitteiksi. Elementtivalmistajilta, -kuljettajilta ja -asentajilta saa tietoa näihin aiheisiin liittyen, mutta velvollisuuksien vastuunjaosta on sovittava projektissa erikseen.

[1, s. 20–21.]

5 Tietomalli

Vaikka tietomallinnus on ollut osa suunnitteluprosessia varsinkin laajemmissa projekteissa jo pidemmän aikaa, on tilaajalle joskus vielä epäselvää mitä kaikkea tietomalli voi pitää sisällään ja millä tavoilla sitä voidaan hyödyntää rakentamisen koko elinkaaren ajan. Tietomalli mielletään vain 3D-malliksi, josta saadaan käsitys tulevista rakenteista ja niiden sijoittumisesta vanhoihin rakenteisiin nähden. Ei tiedetä sitä, että tietomallista voidaan tuottaa muun muassa perinteisiä piirustuksia ja määrätietoja halutussa muodossa sekä työvaihekohtaisia piirustuksia. Tulostettavat 2D-piirustukset ovat vain pieni osa mallin valtavasta informaatiosta. [1, s. 38–39.]

Tietomalli (BIM) on digitaalisessa muodossa oleva rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus. Lyhenne BIM (Building Information Modeling) on yleisesti käytetty lyhenne tietomallinnuksesta. [20.] Tietomallit mahdollistavat muun muassa:

- ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannusten vertailun investointipäätöksiä tehtäessä
- erilaiset analyysit, kuten elinkaarianalyysi, ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toimissa. [21. s. 5.]

Tietomallin etuna voidaan mainita sen olevan kolmiulotteisuutensa ansiosta huomattavasti havainnollisempi kuin perinteinen 2D-pohjainen suunnittelu. Erityisesti henkilöt, jotka eivät ole tottuneet lukemaan piirustuksia, saavat käsityksen tulevista rakenteista ja muutoksista helpommin, mikä edesauttaa eri vaihtoehtojen vertailua ja mahdollisten ongelmakohtien havaitsemista. Perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelussa projektin tiedot ovat hajallaan eri piirustuksissa ja dokumenteissa, joten muutosten hallinta on hankalaa. Mallissa muutosten vaikutus ympäröiviin rakenteisiin on helppo huomata ja piirustuksissa ohjelma korostaa muutokset. [20.]

Mallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden sekä kestäväen kehityksen mukaisen prosessin tukeminen. Jotta mallista saataisiin sen täysi potentiaali hyödynnettyä, on malleille ja mallinnukselle asetettava projektikoh-

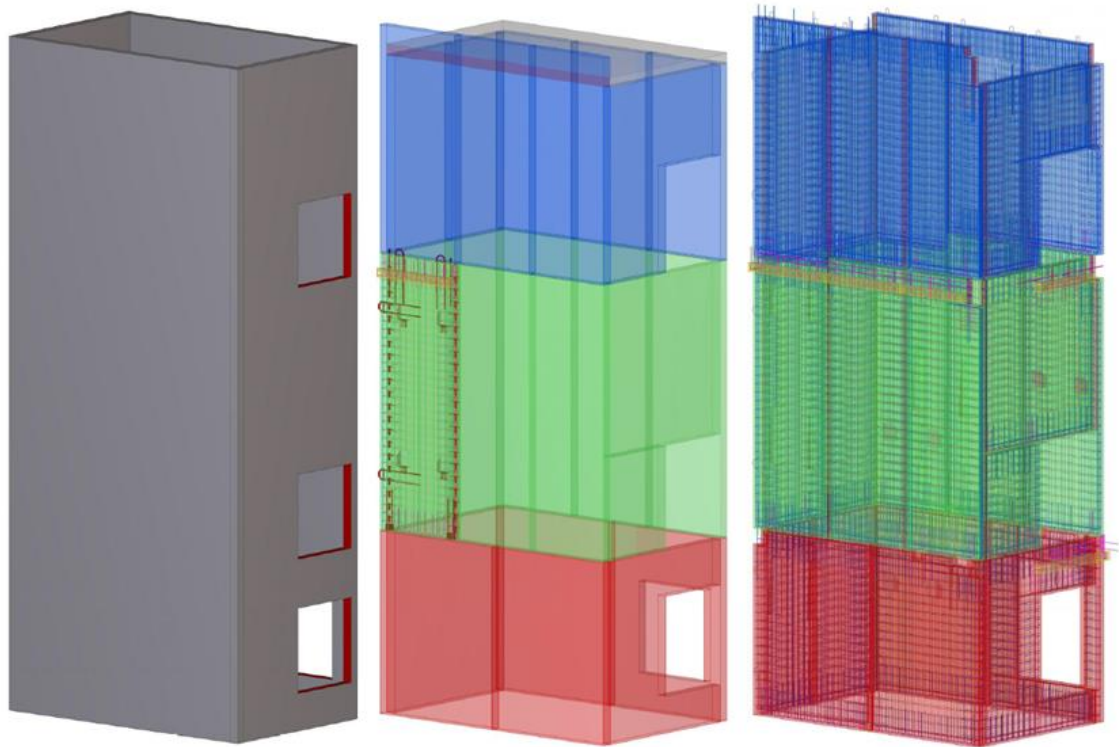
taiset tavoitteet ja vaatimukset. Tyypillisiä mallinnukselle asetettavia tavoitteita ovat esimerkiksi

- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana. [21, s.5.]

Tietomallipohjaisen suunnittelun ansiosta voidaan tietoja toimittaa sähköisessä muodossa. Tästä esimerkkinä mainittakoon pelkän sähköisen taivutusluettelon toimittaminen raudotetehtaalle. Tietomallipohjaisessa rakennesuunnittelussa pyritään piirustukset tehdä vastaamaan 2D-suunnittelussa tuotettavia piirustuksia. Näin toimitaan, sillä työmaalla vielä harvoin on käytössä ohjelmia, joilla tietomallista voitaisiin itse tulostaa piirustuksia tai tutkia tietomallia. Mikäli hankkeen eri osapuolilla olisi mahdollisuus käyttää tietomallia, voisi mallista tuottaa tulosteita, tiedon käyttäjän (suunnittelija, tehdas, työmaa) itsensä määrittämien tarpeiden mukaan. [1, s. 38–39.]

5.1 Tietomallinnus

Tietomallipohjainen suunnittelu toimii sitä paremmin, mitä useampi rakennushankkeen osapuoli käyttää tietomalleja. Tällöin mallintamisessa saavutettavat yksittäisen suunnittelualan hyödyt jakaantuvat koko rakennushankkeelle. [22.] Tietomallinnettavassa kohteessa suunnittelijaryhmän työ tulee aloittaa normaalia aiemmin, jotta tietomallin kaikki hyödyt voidaan saavuttaa. Mikäli malli on valmis ennen rakennusvaihetta, on muutosten teko helpompaa ja kustannussäästöt voivat olla merkittäviä. Siksi onkin tärkeää, että yleisaikataulua luotaessa urakoitsijan ja rakennustöiden alkamisen väliin varataan tarpeeksi aikaa elementtisuunnittelulle. [23, s. 50–53.]



Kuva 6. Eri suunnitteluvaiheiden erot porrashuoneen mallinnustarkkuudessa. Suunnitteluvaiheet vasemmalta oikealle: yleissuunnittelu, hankintoja palveleva suunnittelu ja toteutussuunnittelu. [24, s. 11–19.]

Mallintamiseen käytettävä työn määrä kasvaa huomattavasti mallinnustarkkuuden kasvaessa suunnittelun edetessä (kuva 6). Yleisten tietomallivaatimusten 2012 osassa 5 Rakennesuunnittelu, on laadittu ohjeet mallien sisällöstä suunnittelun eri vaiheissa. YTV2012 käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.3.1. Elementtirakenteiden suunnitteluun menee tavallisesti enemmän aikaa kuin paikallavalurakenteiden suunnitteluun. Elementtien liitosten, detaljien ja varusteluiden suunnittelu on aikaa vievää, mutta toisaalta työmaalla tehtävän työn kesto lyhenee. [22.]

5.2 Tekla Structures

Tietomallipohjaisen suunnittelun lisääntyessä ovat myös erilaiset mallinnusohjelmat yleistyneet. Yksi yleisimmin käytetyistä mallinnusohjelmista on suomalaisen Tekla Oy:n, vuonna 2004 Xsteelin pohjalta kehitetty, rakennesuunnitteluohjelmisto Tekla Structures. Tekla kehittää mallipohjaisia ohjelmistoja rakennuslalle, kunnille ja energiayhtiöille. Vuodesta 2011 asti Tekla on ollut osa yhdysvaltalaisista Trimble-konsernia ja vuoden 2016 alusta Tekla organisaationa muutti nimensä Trimbleksi. [25; 26.]

Tekla Structuresilla (myöhemmin Tekla) voi mallintaa kaiken tyyppisiä rakenteita kaikista materiaaleista ja sen voi yhdistää laskentaohjelmistoihin. Samassa mallissa voi työskennellä useita suunnittelijoita samaan aikaan eri suunnittelualoilta. Näin mahdolliset ongelmakohdat on helpompi havaita. Elementtisuunnittelun kannalta työtä helpottamaan on Teklaan tehty erilaisia työkaluja muun muassa raudoitteiden ja eri valutarvikkeiden mallintamiseen.

Kloonimallin tekemiseen on käytetty Teklan versiota 21.0. Aiempiin versioihin verrattuna, piirustusten tekoa on mahdollista automatisoida enemmän. Uusi ominaisuus on, että piirustusasetuksilla voidaan luoda useita eri näkymiä eri asetuksilla. Asetuksissa on määritetty mitä siinä näytetään ja millä tavalla. Asetuksilla määritetään myös mitkä osat mitoitetaan ja millä tavalla. Juuri sandwich-elementeissä vaaditaan useita näkymiä ja samasta näkymästä voidaan haluta antaa eri tietoja.

5.3 Mallinnusta säätelevät julkaisut

Tietomallien käyttöä on tutkittu ja ohjeistettu kansallisissa tietomallintamista käsitellessä hankkeissa. Tarve vaatimuksille ja ohjeille johtuu rakennusalaalla nopeasti kasvavasta tietomallien käytöstä. Julkaisuissa asetetaan vähimmäisvaatimukset malleille ja mallien tietosisällöille. Näin mahdollistetaan se, että tietomallintamisen kaikki mahdollisuudet voitaisiin hyödyntää. Merkittävimmät julkaisut mallintamiseen liittyen ovat Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 ja BEC 2012 hankkeen yhteydessä tuotetut julkaisut elementtien mallintamiseen, luettelointiin ja piirustuksiin liittyen. [22.]

5.3.1 Yleiset Tietomallivaatimukset 2012

Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 (myöhemmin YTV2012) on laajan kehittämishankkeen, COBIM (Common BIM requirements), tulos. Tietomallivaatimukset kattavat uudis- ja korjausrakentamiskohteet, sekä rakennusten käytön ja ylläpidon. YTV2012 määrittelee yleiset periaatteet tietomallipohjaiselle suunnittelulle, joita noudatetaan hankekohtaisesti tehtyjen päätösten mukaan. Ohjeistus koostuu seuraavista osista:

- 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.

Insinööriyön kannalta perehdyttiin tarkemmin osiin 1, 2, 5 ja 6.

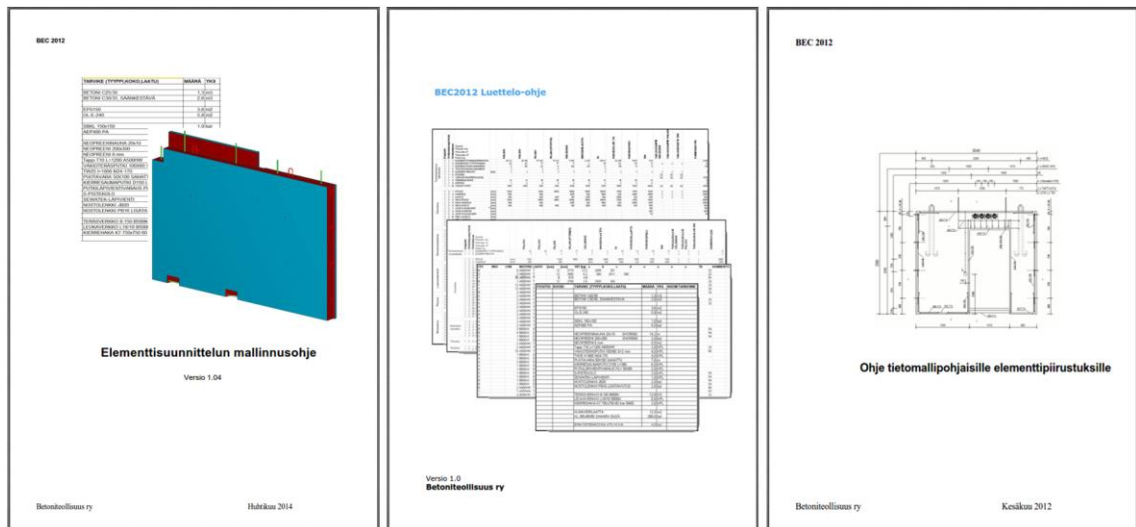
Tietomallinnusvaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu noudatettaviksi kaikissa rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan sopia mitä muita ohjeita tai lisävaatimuksia tulee hankkeissa noudattaa. Hankkeissa tulee yhteisesti sopia, missä määrin noudatetaan urakoitsijoiden ja tilaajien omia tietomalliohjeita.

[1, s. 38–39; 21, s. 1–7.]

5.3.2 BEC 2012

Vuodesta 2011 betonielementtiteollisuus, rakennesuunnittelijat ja silloinen Tekla Oyj (nykyisin Trimble) ovat kehittäneet betonielementtien 3D-suunnittelua, tietomallinnusta ja tiedonsiirtoa. BEC 2012 -projektin tavoitteena on yhtenäistää elementtirakenteiden suunnittelu- ja mallinnuskäytäntöjä ja samalla kehittää mallintavan suunnittelun työkaluja. Sen puitteissa on tehty elementtisuunnittelun mallinnusohje, luettelo-ohje sekä ohje tietomallipohjaisille elementtipiirustuksille (kuva 7). Lisäksi hankkeessa on kehitetty

komponentteja Tekla Structures -ohjelmaan elementtien ja niiden lisäosien mallintamista varten. [27, s. 4.]



Kuva 7. BEC 2012 -projektissa tuotetut ohjeet [27; 28; 29].

Elementtisuunnittelun mallinnusohjeessa tarkennetaan YTV2012 Osa 5 Rakennesuunnittelu osuutta ja ohjeistetaan siinä esitettyjen vaatimusten toteuttamista Teklassa. Ohjeistuksen tarkoituksena on määrittellä tiettyjä sääntöjä betonielementtien mallintamiseen. Tällöin mallien pitäisi olla samankaltaisia mallintajasta tai suunnittelutoimistosta riippumatta, mikä on edellytys mallien täyden potentiaalin hyödyntämiselle. [27.]

Luettelo-ohjeessa on määritelty mitkä asiat elementin tiedoista tulisi taulukoida piirustuksiin ja millä tavalla. Ohjeen liitteissä on listattu eri elementtityyppien tunnuksat, joiden mukaan elementit tulisi nimetä. Pöyry Finland Oy:llä käytössä olevan numerointiohjeen tunnuksat vastaavat ohjeen tunnuksia eri elementtityypeille. Lisäksi liitteissä on määritelty käytettävät raudoitteiden taivutustyyppit sekä konsolityypit. [28.]

Insinööriyön kannalta tärkein hankkeessa tuotetuista ohjeista on ohje tietomallipohjaisille elementtipiirustuksille. Ohjeessa todetaan, että hankkeessa tuotettujen mallipiirustusten tulisi toimia esimerkkeinä uusia piirustuksia tehtäessä. Lisäksi tulee pyrkiä noudattamaan yleisiä ja/tai projektikohtaisia piirustusohjeita. Julkaisussa annetaan yleisesti ohjeet muun muassa suositellusta paperikoosta, fonttikoosta ja mitoituksista. Elementtityypeittäin on annettu tarkemmat ohjeet piirustuksen sisällöstä ja esitystavoista. [29.]

6 Piirustusten tuottaminen Tekla Structuresilla

Jokaisesta erilaisesta elementistä laaditaan oma piirustus. Tekla tunnistaa samanlaiset elementit, antaa niille saman tunnuksen ja tekee vain yhden piirustuksen elementeistä. Piirustuksen taulukosta selviää, montako kappaletta kyseistä elementtiä valmistetaan. Elementtien sarjatuotannon kannalta on tärkeää, että samanlaisista elementeistä on vain yksi valmistuspiirustus. Samalla myös suunnittelijan työmäärä vähenee. [23, s. 50–53.]

Elementtipiirustusta tehtäessä tulee noudattaa BEC 2012 -projektissa tuotettua piirustusohjetta elementtipiirustuksen sisällöstä. Hankkeessa tuotetut mallipiirustukset ovat elementtiteollisuuden tarkastamat ja hyväksymät. Tärkeitä asioita piirustuksessa ovat

- piirustuksen yleisilme ja luettavuus
- näkymät ja niiden sisältö
- mitoituksen periaatteet
- taulukoiden rakenne ja sisältö
- raudoite ja tarviketunnusten sisältö
- katsomissuunnat.

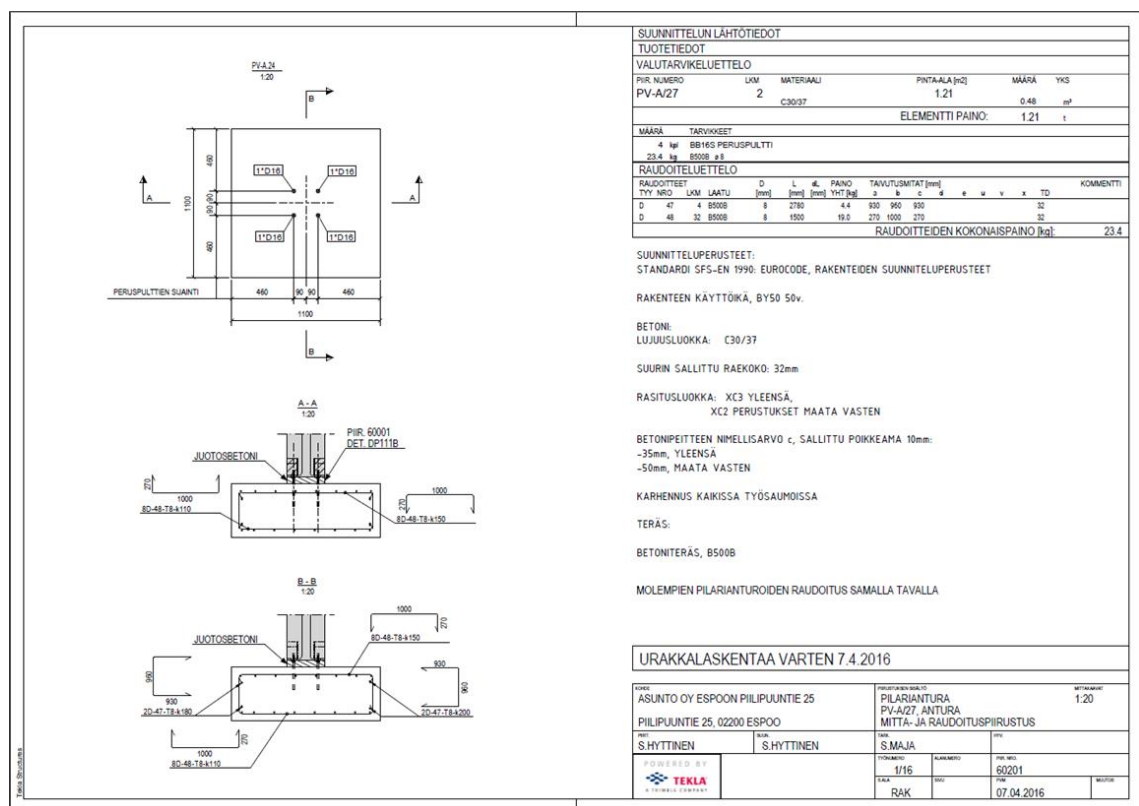
Piirustus on kuvanto mallista, joten jos mallin puolella tehdään muutoksia, muuttuvat ne myös piirustuksiin. Kun piirustukset tuotetaan mallista, poistaa se samalla muun muassa raudoiteluettelon teon ja eri viivatyypin määrittämisen manuaalisesti. Ohjelma tunnistaa raudoitteiden taivutustyyppit ja osaa antaa niille yksilölliset tunnukset. Ohjelma myös esimerkiksi tunnistaa onko rakenne näkyvän pinnan takana ja määrittää sille oikean viivatyypin. [29, s. 2; 30, s. 18.]

6.1 Piirustustyyppit

Teklassa on mahdollista tehdä viiden tyyppisiä piirustuksia. Piirustuksen luonteesta riippuen tulee valita sopivin piirustustyyppi tilanteen mukaan. G-piirustusta (General arrangement drawing) käytetään tavallisesti plaanipiirustusten ja asennuspiirustusten tekoon. Siinä piirustus luodaan mallista valitun näkymän tai näkymien mukaan. Piirustus luodaan samoilla näkymäsyvyyksillä ja piirustuksessa esitetään samat osat mitä

näkymässä/näkymissä on suodatettu näkyviin. Tyypillisiä G-piirustuksia ovat antura-plaani, elementtikaaviot, paalutuspiirustus ja peruspulttikaavio.

Insinööriyön kannalta C-piirustus (Cast unit drawing) on tärkein piirustustyyppi. Se voidaan luoda vain betonisesta osasta. Siinä esitetään kyseisen betonisen valuyksikön valmistamiseen vaadittavat tiedot, kuten suunnitteluperusteet, mitat, valutarvikkeet sekä raudotteet (kuva 8). C-piirustusta käytetään, kun tehdään elementtipiirustuksia elementtitehdasta varten tai paikallavalurakenteista, kuten anturoista ja laatoista, mitta- ja raudituspiirustuksia työmaata varten. Kloonimallipohjana käytettävät piirustukset sandwich-seinäelementeistä ovat C-piirustuksia.



Kuva 8. Esimerkki C-piirustuksesta.

Teräsrakenteista piirustuksia tehtäessä, G-piirustuksen lisäksi käytetään A-piirustusta (Assembly drawing) ja W-piirustusta (Single-part drawing). A-piirustus luodaan osista, jotka on liitetty toisiinsa hitsein ja muodostavat näin yhden kokoonpanon. W-piirustus on osapiirustus, joka luodaan jokaisesta erilaisesta teräsosasta, joka kyseisestä kokoonpanosta löytyy. A- ja W-piirustukset tehdään konepajoja varten. W-piirustuksissa annetaan osille yksilölliset tunnuksset sekä mitat osien valmistamiseen ja A-

piirustuksissa näytetään millä tavalla kokoonpanon osat on liitetty toisiinsa. G-piirustuksessa on esitetty mihin kokoonpanot työmaalla tulevat sekä miten kokoonpanot on kiinnitetty toisiinsa. Multidrawing on niin ikään konepajapiirustus ja sitä käytetään, jos halutaan yhdellä piirustuksella näyttää useampi osa- tai kokoonpanopiirustus.

[30, s. 26–45]

6.2 Piirustuksen sisältö

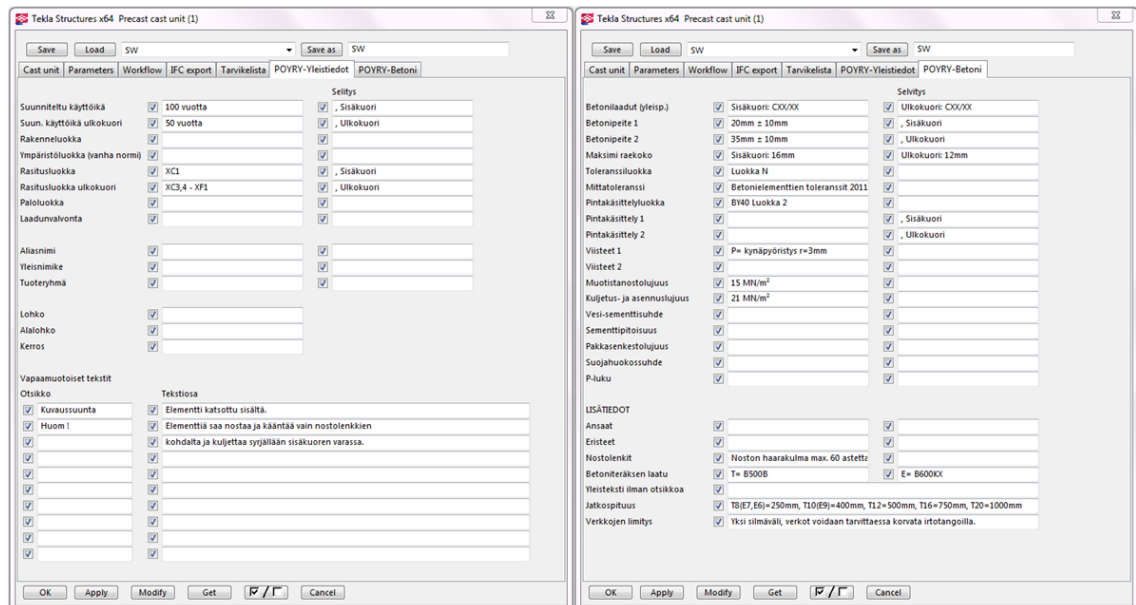
Teklassa piirustus koostuu kahdesta osasta. Ensimmäinen osa on piirustuksen raamit (Layout). Layout-valikosta voidaan määrittää paperikoko, dokumenttityyppi ja nimiö. Layout määrittelee myös sen, mitä taulukoita piirustuksessa näytetään. [30, s. 16.] Seinäelementtipiirustusta tehtäessä tulee valita paperikooksi BEC 2012 suosituksesta A3 (420 mm x 297 mm) ja lisätä tämän kokoisia sivuja tarvittava määrä. Riippuen elementin vaativuudesta ja mahdollisesta sähkösuunnitelmasta, tulee sivuja yhdestä neljään. Ensimmäinen sivu tulee varata taulukoille ja elementin 3D-näkymälle. [29, s. 3–6.]

Taulukot ovat Teklassa niin sanottuja templateja. Teklassa on taulukoita valmiina, mutta niitä voi tehdä itse ja muokata Template Editor -nimisellä työkalulla. Taulukoiden toiminta perustuu ehtolauseisiin, joiden avulla haetaan tieto tietomallin yleisistä tiedoista tai osan/kokoonpanon tiedoista. Jotta osat taulukoituvat oikein, tulee mallintaessa kiinnittää erityistä huomiota mallinnustapoihin ja nimeämiskäytäntöihin. Esimerkiksi valutarvikkeiden luokka (class) määrittää sen mitä tietoja osasta kerrotaan ja millä yksiköllä osat listataan valutarvikeluetteloon (taulukko 1). [30, s. 339]

Taulukko 1. BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen mukainen luokittelu valutarvikkeille. [25, s. 28]

OSAT	CLASS	YKS	ESIM
EI TULE RAPORTTEIHIN/TAULUKOIHIN	0		URAT
NIMI + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	100	KPL	SBKL, HPMK
NIMI + PROFIILI + PITUUS + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	101	KPL	PUTKI
NIMI + WIDTH + HEIGHT + PITUUS + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	102	KPL	NEOPRENELAPPU
NIMI + PROFIILI + MATERIAALI + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	103	M	NEOPRENENAUHA, SAHATAVARA, SÄHKÖPUTKI
NIMI + MATERIAALI + PAKSUUS + UDA:PRODUCT DESCRIPTION	104	M ²	ERISTE

Kaikki elementin valmistamiseen tarvittava tieto tulisi antaa mallipuolella kokoonpanon ominaisuuksiin. Näin toimittaessa tiedot listautuvat kansilehdellä oleviin taulukoihin ja päästään eroon erillisistä tekstitiedostoista, jotka lisätään piirustuksiin yleisteksteinä. Kokoonpanon ominaisuuksissa annetaan useita eri elementtiä koskevia tietoja kuten betonipeitteet, rasisluokat ja pintakäsittelyt (kuva 9). Valutarvikkeista, joita ei mallineta, kuten esimerkiksi ansaat ja kuljetustuet, voidaan tiedot lisätä Tarvikelista-välilehdeltä.

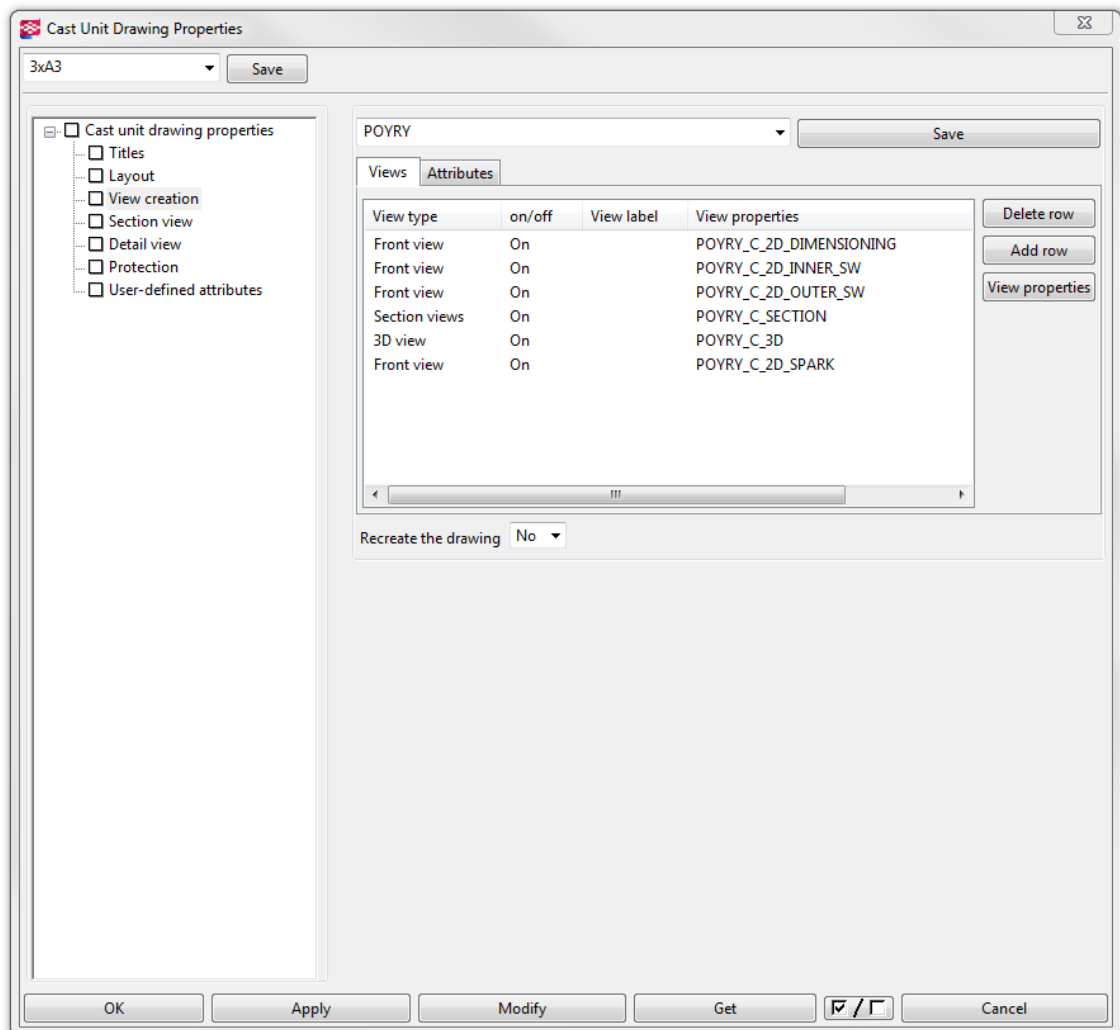


Kuva 9. Kokoonpanon ominaisuudet.

Toinen osa, josta piirustukset koostuvat ovat näkymät (View), joita piirustuksessa on yksi tai useampia piirustuksen luonteesta riippuen. Näkymä voi olla kuvanto koko mallista, osasta sitä tai yksittäisestä osasta. Ne voivat sisältää useita erilaisia objekteja, kuten rakennusobjekteja, joita ovat esimerkiksi osat, pultit, hitsit ja raudoitteet sekä liitännäishuomautuksia, kuten mittoja ja osa-/kokoonpanotunnuksia. Lisäksi näkymät voivat sisältää niin sanottuja itsenäisiä huomautuksia, jotka eivät ole osa mallia, kuten teksti- ja DWG-tiedostoja sekä erilaisia muotoja, kuten revisiopilviä. [30, s. 17.]

Uutena ominaisuutena Teklan aiempiin versioihin nähden, versiossa 21.0 voi valita näkymäikkunoiden määrän, katsomissuunnan sekä näkymissä käytettävät asetukset. Piirustusta tehtäessä halutut näkymät voidaan valita piirustuksen yleistason asetuksista halutuilla asetuksilla kohdasta View Creation (kuva 10). Nyt on siis esimerkiksi mahdol-

lista valita kaksi samaa näkymää elementistä, mutta eri asetuksilla. Näkymän katso-
missuunta määräytyy sen mukaan, miten osa on mallinnettu. [30, s. 350–351.]

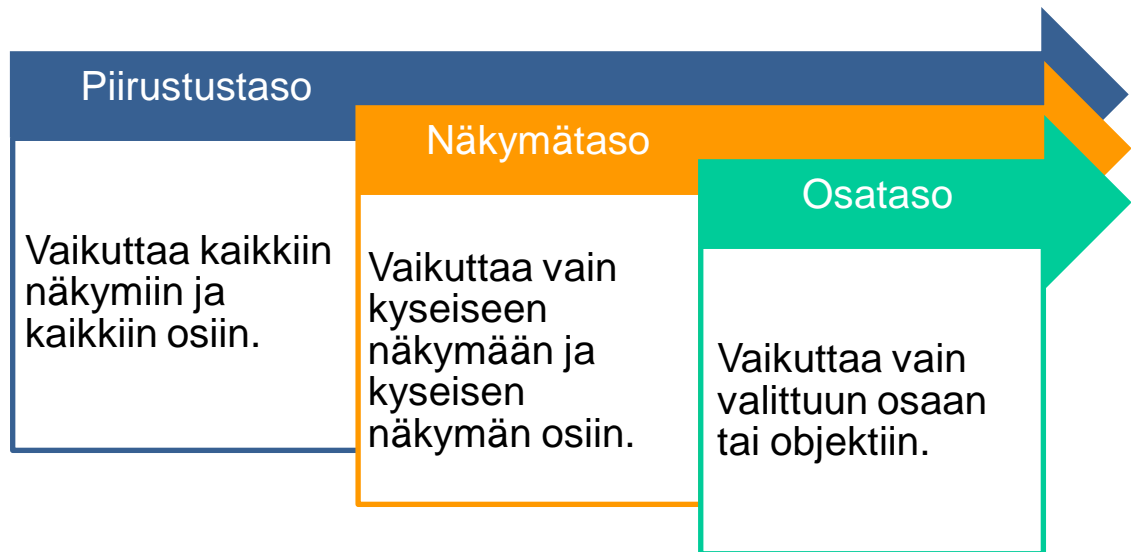


Kuva 10. C-piirustuksen piirustustason asetukset.

Kokoonpanon pääosa tulisi mallintaa sisältäpäin katsottuna vasemmalta oikealle, jotta ulkokuoren ulkopinta olisi muottipinta. Mikäli osa on mallinnettu siten, että muottipinta on väärä, voidaan BecSandwich-komponentissa alku- ja loppupisteen paikkaa muuttaa. Jos seinäelementti on mallinnettu kolmesta eri osasta (sisäkuori, eriste, ulkokuori) voidaan pääosan muottipinta muuttaa manuaalisesti Set Top in Form Face -työkalulla. Jotta katsomissuunta muuttuu myös näkymissä, tulee piirustustason asetuksissa Attributes-välilehdeltä vaihtaa käytettäväksi koordinaattijärjestelmäksi Fixed (kuva 10).

6.3 Piirustuksen tasot

Teklassa piirustus koostuu kolmesta eri tasosta, joilla voidaan tehdä piirustusta koskevia asetuksia. Eri tasot ja niiden välinen hierarkia on esitetty kuvassa 11. Tavoitteena olisi, että piirustustason ja näkymätason asetuksia säätämällä saataisiin piirustuksista halutunlaiset. Asetuksia muokatessa tulee edetä kuvan 11 mukaisesti vasemmalta oikealle. [30, s. 22–24.]



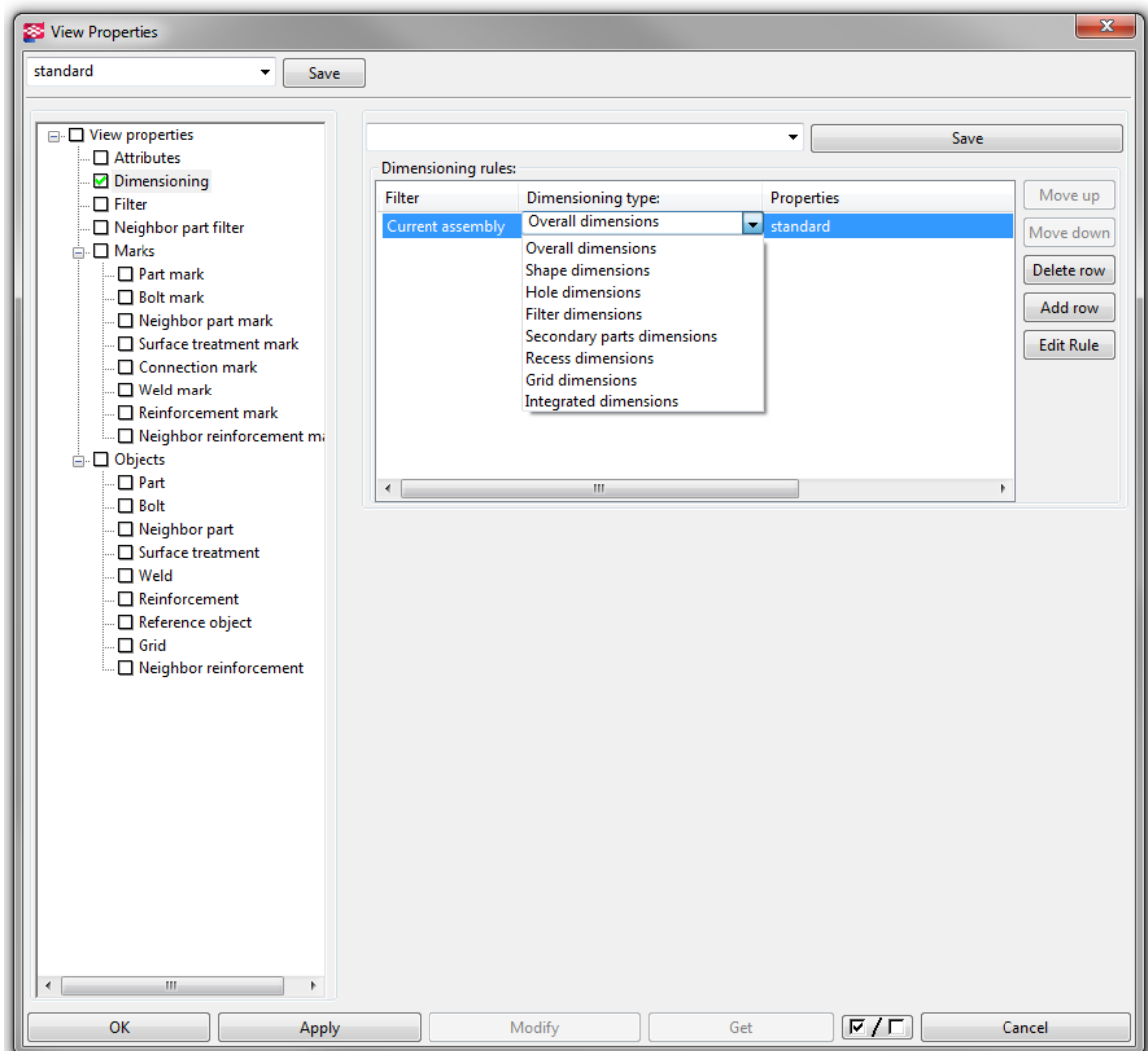
Kuva 11. Piirustusasetusten eri tasojen välinen hierarkia.

Yrityksessä on tehty piirustus- ja näkymätasolle valmiita asetuksia piirustustyyppin mukaan, joita kloonimallia tehdessä on tarkoitus käyttää ja yrittää löytää mahdollisia ongelmia ja puutteita. Asetuksilla pyritään siihen, ettei osatasolla tarvitsisi enää tehdä muokkauksia, sillä se on hidasta eikä ylemmällä tasolla tehdyt muutokset enää vaikuta osiin, joihin on tehty muutoksia osatason asetuksissa.

Aikaisempiin versioihin nähden, versiossa 21.0 piirustusdialogeja on muutettu ja niitä on pyritty selkeyttämään. Siinä missä ennen, dialogilta asetuksia muutettaessa, aukesi Teklaan aina uusi oma ikkuna, on nyt dialogeissa eri asetukset jaoteltu puurakenteeksi. Nyt asetuksia muokataan eri välilehdillä ja kaikki muutokset tehdään samaan aikaan valitsemalla Modify. Lisäksi piirustustason asetuksista suuri osa on viety näkymäkohtaisiin asetuksiin, joka mahdollistaa monipuolisempien näkymäkohtaisten asetusten teon. Piirustustasolle on jätetty vain ne asetukset, jotka todella koskevat koko piirustusta, kuten piirustuksen layout ja UDA-tiedot. UDA (User Defined Attributes) on Teklassa

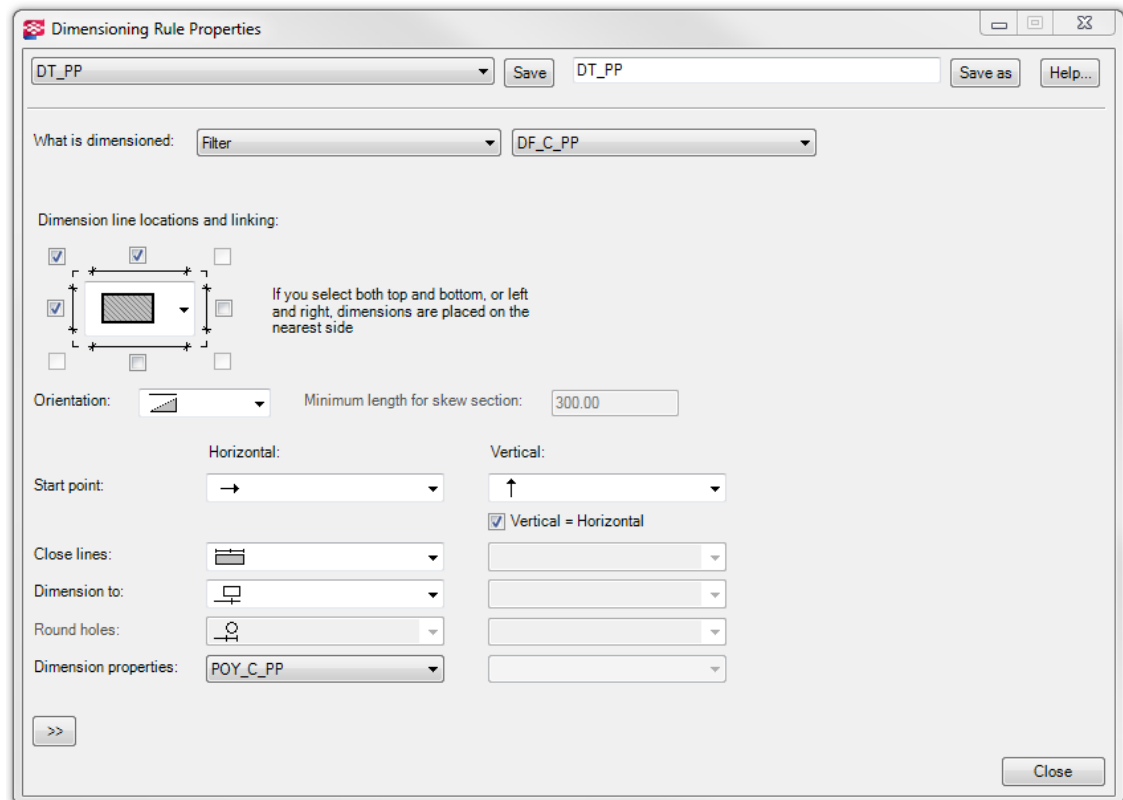
annettavaa liitännäistietoa. Piirustuksissa UDA-välilehdellä muun muassa täytetään nimiön tiedot sekä ohjataan piirustuksen taulukoita. [30, s. 307–309.]

Merkittävin muutos versioiden välillä piirustusten automaation kannalta on se, että mitoitusasetuksista (Dimensioning) on tehty näkymäkohtaista. Mitoitusasetuksia löytyy kahdeksan erilaista (kuva 12), joista Integrated dimensions on aiemmista versioista tuttu mitoitustapa. Tällöin mitoituksen lähtökohtana voidaan käyttää filteriä. Muissa mitoitustavoissa mitoituksen lähtökohta on joko kyseinen osa tai kokoonpano. Integrated dimensions mitoitusta käytettäessä Edit Rule -painikkeesta aukeaa vanha mitoitusdialogi. [30, s. 382–386.]



Kuva 12. Mitoitustyyppi vaihtoehdot näkymätason asetuksissa.

Muut mitoitustyytit mitoittavat nimiensä mukaisia asioita. Elementin muotojen, kuten päämittojen, aukkojen ja syvennysten, mitoittaminen onnistuu kyseiseen asiaan tarkoitettulla mitoitustyypillä. Näitä asetuksia käytettäessä Edit Rule -painikkeesta aukeaa uusi mitoitusdialogi, jonka sisältö vaihtelee valitun mitoitustavan mukaan (kuva 13). Mittaviivojen sijaintia ja suuntaa osaan/kokoonpanoon nähden voidaan ohjata dialogilta. [30, s. 394–401.]



Kuva 13. Uusi mitoitusdialogi suodatus perusteiselle mitoitukselle. Kuvassa elementin painopisteen mitoittava asetetus.

Elementeissä on usein paljon erilaisia valutarvikkeita muun muassa elementin kiinnitystä ja kuljetusta varten. Sandwich-tyyppisen seinäelementin mittanäkymässä mitoitetaan kaikki valutarvikkeet paikoilleen, joten mittanäkymää varten tehdään useampi Filter dimension mitoitussääntö. Mittaviivojen sijoittuminen piirustuksessa riippuu mitoitussäännön sijainnista näkymää koskevan mitoitussääntölistan rivistä. Listan ylimpänä olevan säännön mittaviiva sijoittuu lähimmäksi osaa/kokoonpanoa. [30, s. 394–401.]

7 Kloonimallin perustaminen ja piirustusasetusten kehittäminen

Insinööriyön päätavoitteena on tehdä Pöyry Finland Oy:lle kloonimalli, johon on koottu erilaisia sandwich-tyyppisiä seinäelementtejä. Näille elementeille tehdään mahdollisimman valmiit piirustukset kehittämällä piirustusasetuksia. Piirustuksista tehdään kloonipohjat, joita voidaan käyttää uusissa hankkeissa seinäelementtien piirustusten tuottamiseen. Jatkossa on tarkoitus tuoda kloonimalliin muitakin elementtejä, joista tehdään vastaavanlaiset kloonipohjat. Tämä insinööriyö rajattiin koskemaan vain sandwich-tyyppisiä seinäelementtejä.

Jotta kloonipohjat toimisivat mahdollisimman tehokkaasti, on piirustuksissa käytettävien piirustustason- ja näkymätasonasetusten toimittava mahdollisimman tehokkaasti. Tässä luvussa piirustusasetuksista puhuttaessa tarkoitetaan sekä piirustus- että näkymätason asetuksia.

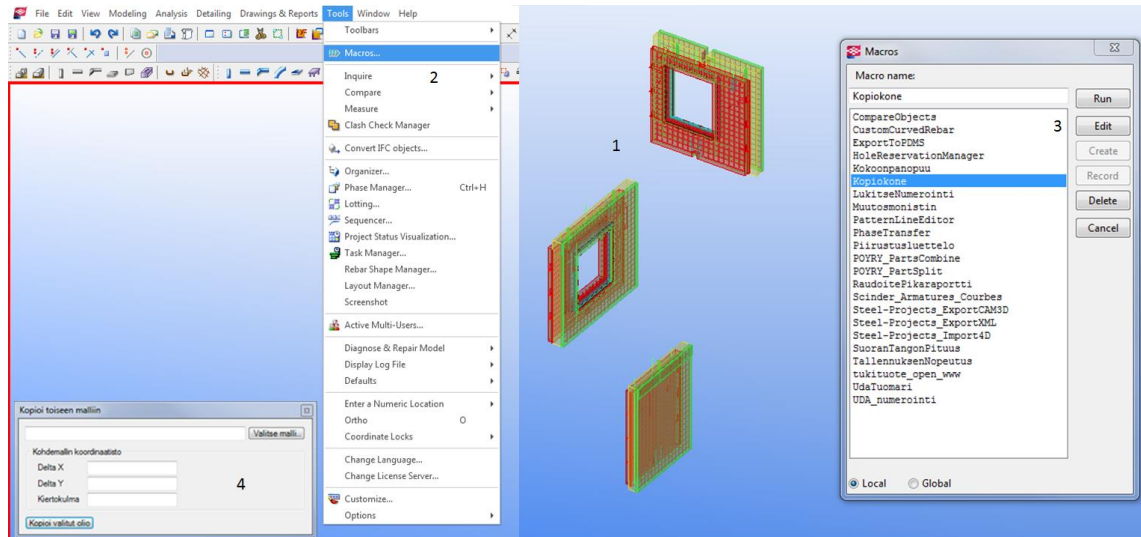
7.1 Kloonimallin perustaminen

Kloonimalli perustetaan tilaajayrityksen verkkolevylle, johon kaikilla yrityksen toimistoilla on pääsy. Malliin tehdään moduuliverkko, joka nimetään elementtityypin etuliitteen eli prefixin mukaan. Kloonimallien tekemistä varten tuodaan siihen lähes valmiita sandwich-tyyppisiä seinäelementtejä muutamasta eri referenssikohteesta Kopiokone-nimisellä makrolla. Makrojen avulla saadaan ohjelma tekemään tietyt tehtävät käyttäjän puolesta. Tilaajayrityksen ohjaajalta, Teemu Ahoselta, saatiin muutama referenssikohteen nimi, joista lähes valmiita elementtejä voidaan etsiä.

Tarkoituksena on tuoda kloonimalliin seinäelementtejä, jotka on mallinnettu vastaamaan YTV2012 Osassa 5 Rakennesuunnittelu, määriteltyjä vaatimuksia toteutussuunnitteluvaiheessa. Malliin tuotavien elementtien tulee olla vaativuudeltaan eritasoisia. Niiden tulee sisältää mahdollisimman paljon erilaisia osia ja valutarvikkeita, jotta piirustusasetuksia tulisi testattua mahdollisimman monipuolisesti. Samalla tutkitaan, kuinka näkymäasetukset selviävät vaativimmista elementeistä.

Kopiokoneen käyttö on melko yksinkertaista (kuva 14). Referenssikohteen mallista suodatetaan näkyviin kopioitavat kohteet (1) ja valitaan Tools-valikosta Macros (2). Macros-valikosta valitaan aktiiviseksi Kopiokone ja painetaan Run (3), jonka jälkeen

avautuu ikkuna, jossa valitaan malli, johon elementit halutaan kopioida (4). Jos kohdemallin koordinaatistoa ei määritellä, kopioituvat osat samaan kohtaan kohdemallin koordinaatistoa kuin referenssimallissa. Kun osat kopioidaan, avaa Tekla kohdemallin ja sulkee referenssimallin varoittamatta, joten ennen kopiointia tulee referenssimalli tallentaa tarpeen vaatiessa.



Kuva 14. Osien kopiointi mallista toiseen Kopioikone-työkalulla.

Elementtien kopioimisen jälkeen käydään elementit yksityiskohtaisesti läpi ja tarkistetaan, että kaikkien osien nimet sekä luokat ovat oikein. Valutarvikkeiden mallinnuksessa tärkeintä on oikean luokan määrittäminen. BEC 2012 -projektissa on määritetty mitä luokkaa tulee käyttää riippuen siitä, mitä tietoja valutarvikkeesta halutaan antaa valutarvikeluettelossa.

7.2 Piirustusasetusten kehittäminen

Toimiakseen mahdollisimman tehokkaasti, on kloonimallin seinäelementtien piirustus-ten oltava mahdollisimman monipuoliset. Kun piirustuksia käytetään kloonipohjana, kopioituu uuteen piirustukseen samat näkymät samoilla asetuksilla, kuin mitä kloonipohjissa on käytetty. Manuaalisesti lisätyt mitat eivät kuitenkaan kopioitu välttämättä oikein, minkä vuoksi automaattiasetusten olisi hyvä mitoittaa mahdollisimman paljon asioita.

Tilaaajaryityksellä on käytössä Ahosen kehittämät piirustuspuolen automaattiasetukset seinäelementtien eri näkymille. Tavoitteena on tehdä sellainen piirustustason asetus C-piirustukselle, jolla piirustukseen tulee tarvittavat näkymät oikeilla näkymäasetuksilla. Asetuksilla voidaan määrittää mitä näkymässä näytetään ja millä tavalla sekä mitä mitoitusasetuksia käytetään. Piirustuksen raamit ja taulukot ovat BEC 2012 -projektissa tuotettujen kaltaiset. Ahosen mukaan asetuksissa on vielä korjattavaa, sillä ne saattavat mitoittaa asioita vielä väärin tai ei ollenkaan. Asetukset tekevät todennäköisesti myös täysin turhia mittoja.

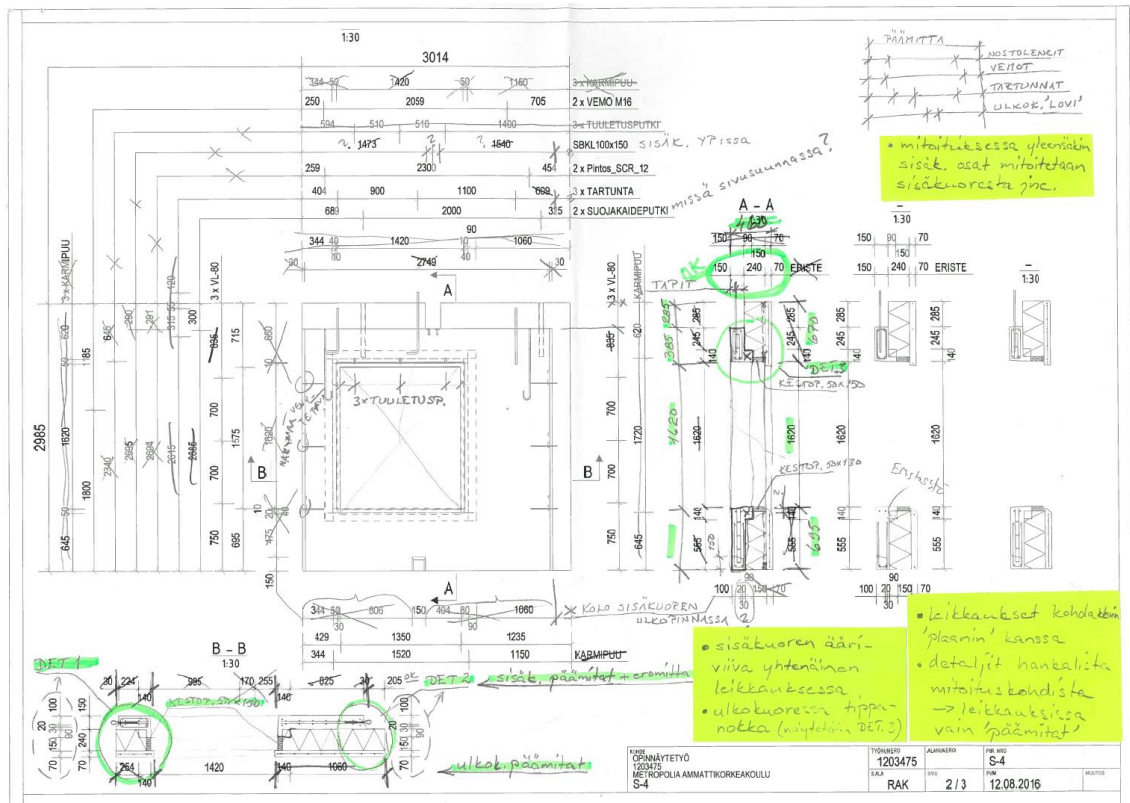
Piirustusasetusten kehittäminen aloitetaan tekemällä seinäelementeistä piirustukset nykyisillä asetuksilla. Piirustuksiin ainoana lisäyksenä tehdään elementistä vaakaleikkaus, jota ei pystynyt ohjelmassa automaattisesti lisäämään. Lisäksi pystyleikkausnäkyymiä tehdään kolme kappaletta, jokainen eri asetuksilla. Elementeistä tehdään piirustukset, joista jokainen koostuu BEC 2012 suosituksen mukaisesti tarvittavasta määrästä A3-kokoisia sivuja. [29, s. 5.]

Sivuja jokaiseen elementtipiirustukseen tulee kolme, joista ensimmäiselle tulee elementin 3D-näkymä, suunnittelun lähtötiedot, tuotetiedot sekä raudoite- ja valutarvikeluettelo. Toiselle sivulle tulee elementin mittanäkymä ja leikkaukset, joissa esitetään elementin mitat sekä mitoitetaan valutarvikkeet paikoilleen. Viimeisellä sivulla esitetään sisä- ja ulkokuoren raudoitus omissa näkymissään. Liitteenä 3 on esimerkki kantavan seinäelementin piirustuksesta nykyisillä asetuksilla. Ainoat piirustuksiin tehdyt muutokset liittyvät näkymien sijoitteluun.

Piirustuksiin pyydetään kommentteja suunnittelijoilta, joilla on kokemusta seinäelementtipiirustusten tekemisestä niin Teklalla kuin AutoCADilla sekä projektipäälliköiltä, joilla on kokemusta piirustusten tarkastamisesta. Kommentteja pyydetään luvussa 6 esitettyihin piirustuksen tärkeisiin asioihin eikä tarkoitus ole kommentoida elementtien rakenneteknistä toimivuutta. Piirustuksia vertaillaan BEC 2012 -projektissa tuotettuihin esimerkkipiirustuksiin seinäelementeistä ja etsitään eroavaisuuksia piirustusten välillä. Samalla tulee miettiä, pystytäänkö elementti toteuttamaan tehtaalla kyseisellä piirustuksella nopeasti ja vaivattomasti. Mittojen ja annettujen tietojen tulee olla yksiselitteisiä, jotta turhilta virheiltä välttyttäisiin elementin valmistuksessa.

Suunnittelijat ja projektipäälliköt tekevät merkintöjä piirustuksiin, jotka käydään yhdessä läpi kommentoijan kanssa. Korjattavat asiat kerätään yhteen ja käydään läpi yhdessä

Ahosen kanssa. Samalla päätetään mitkä ongelmista korjataan ja kuka ongelmat korjaa. Ahosen kanssa käydään läpi, mitkä korjattavista asioista on sellaisia, joita kannattaa edes lähteä korjaamaan. Ahosen mukaan osaa havaituista ongelmista ei pystytä Teklassa korjaamaan automaattisilla näkymäasetuksilla. Tarkemmin korjattuja ja korjaamattomia ongelmia on käsitelty kappaleissa 9.2 ja 9.3. Kuvassa 15 on esitetty eräs kommentoiduista piirustuksista.



Kuva 15. Esimerkki kommentoidusta piiruksesta.

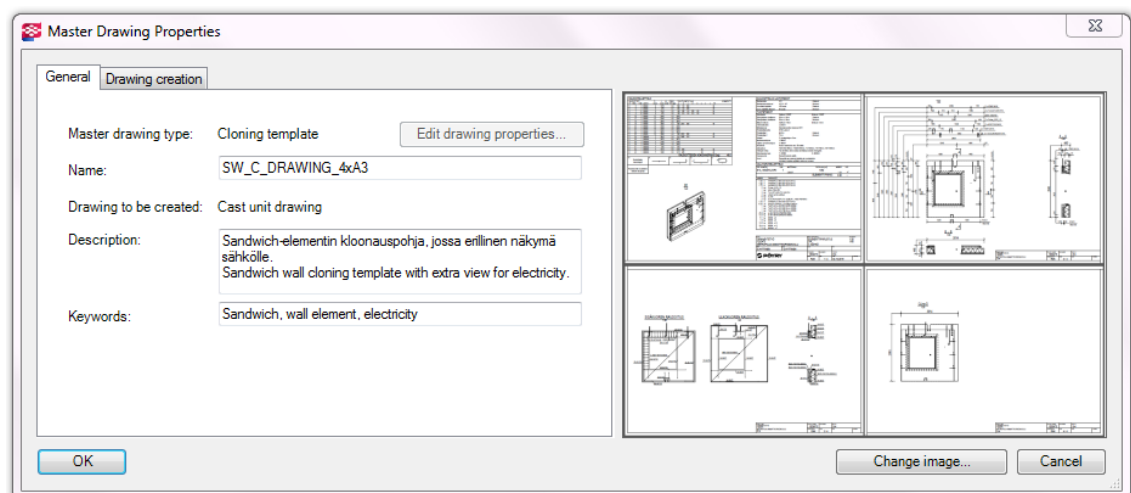
Kommenttien perusteella tehdään tarvittavat muutokset automaattiasetuksiin, mitoitusseurantaan, merkintätapoihin ja taulukoihin. Monet automaattiset mitoitusasetukset perustuvat osien luokkiin. Jotta kaikki tarvittavat mitat tulevat piirustuksiin, tulee niihin samalla ylimääräisiä mittoja. Ylimääräisten mittojen poistaminen on kuitenkin melko nopeaa samalla, kun suunnittelija tarkistaa piirustuksen.

Korjauksen jälkeen tehdään elementeistä toiset piirustukset korjatuilla asetuksilla ja käydään vielä kerran läpi mahdollisten ongelmien varalta. Liitteenä 4 on saman elementin korjattu piirustus kuin Liitteessä 3. Korjattuun versioon on lisätty myös yksi lisä sivu, jossa on näkymä elementistä sähkösuunnittelijaa varten.

7.3 Kloonipohjien teko ja käyttö

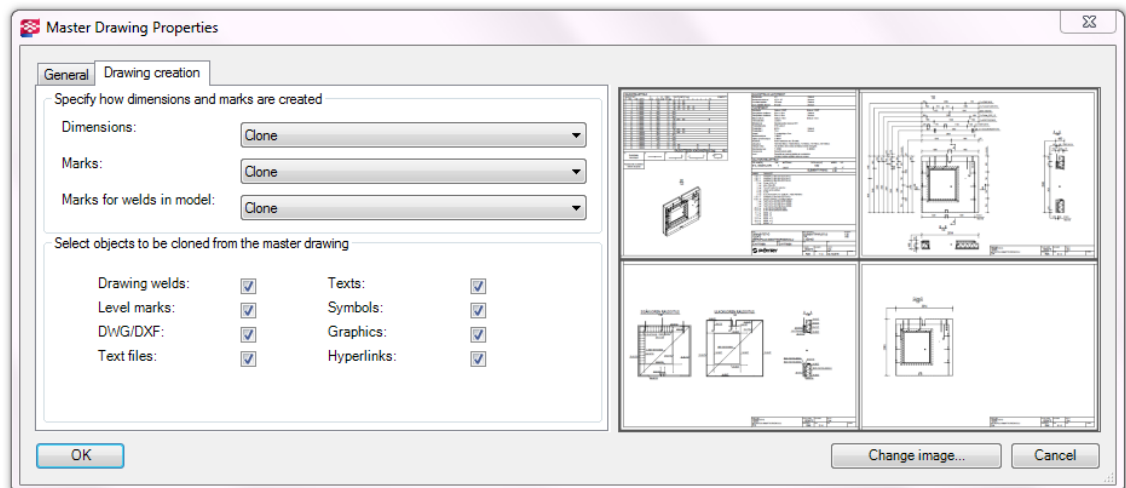
Piirustuksiin ja piirustusasetuksiin tehdään korjaukset saatujen kommenttien perusteella. Kantavan ja ei-kantavan seinäelementin piirustuksissa ei ole piirustusteknisesti merkittävää eroa, joten samaa kloonipohjaa voidaan käyttää molemmilla seinätyypeillä. Niinpä yhdestä aukollisesta kantavasta seinäelementistä tehdään viimeistelty piirustus, jossa on tarvittava määrä näkymiä ja leikkauksia oikeilla asetuksilla. Tämän jälkeen valmis piirustus kopioidaan uudelle sivulle ja lisätään siihen yksi sivu lisää sähkösuunnittelijalle varttua näkymää varten. Kloonipohjia tehdään kaksi erilaista, joista ensimmäisessä on kolme ja toisessa neljä A3-kokoista paperia. Jos elementti sisältää paljon valutarvikkeita voi suunnittelija käyttää kloonipohjaa, jossa on oma näkymä sähkösuunnittelijalle, jolloin piirustusten luettavuus paranee huomattavasti.

Kloonipohja tehdään valitsemalla piirustusluettelosta aktiiviseksi se piirustus, jota kloonipohjana halutaan käyttää. Ainoa piirustustyyppi, josta kloonipohjaa ei pystytä tekemään on G-piirustus. Tämän jälkeen klikataan hiiren oikeaa näppäintä ja valitaan Add to Master drawing catalog, jonka jälkeen aukeaa ikkuna, jossa voidaan antaa piirustukselle muun muassa nimi ja kuvaus (kuva 16). Kuvaukseen kirjoitettu teksti näytetään kloonipohjan kuvauksessa Master Drawing Catalogilla. Kloonipohjalle on mahdollista antaa myös kuva, joka näkyy katalogissa sekä esikatselukuvana. Tästä syystä kloonipohjille lisätään kuvakaappaukset piirustuksista, joista ne on tehty. [30, s. 80.]



Kuva 16. Kloonipiirustus pohjan asetukset.

Drawing Creation -välilehdeltä voidaan määrittää, mitä kaikkea kloonipohjasta kopioituu, kun sitä käytetään piirustusten tekoon (kuva 17). Mitoille, tunnuksille sekä mallinnettujen hitsien merkinnöille on valittavissa kolme eri tapaa miten ne uudessa piirustuksessa tehdään. Muidenkin kloonipohjissa olevien objektien kopioituminen uudelle piirustukselle voidaan määrittää samasta valikosta. [30, s. 85–86.]



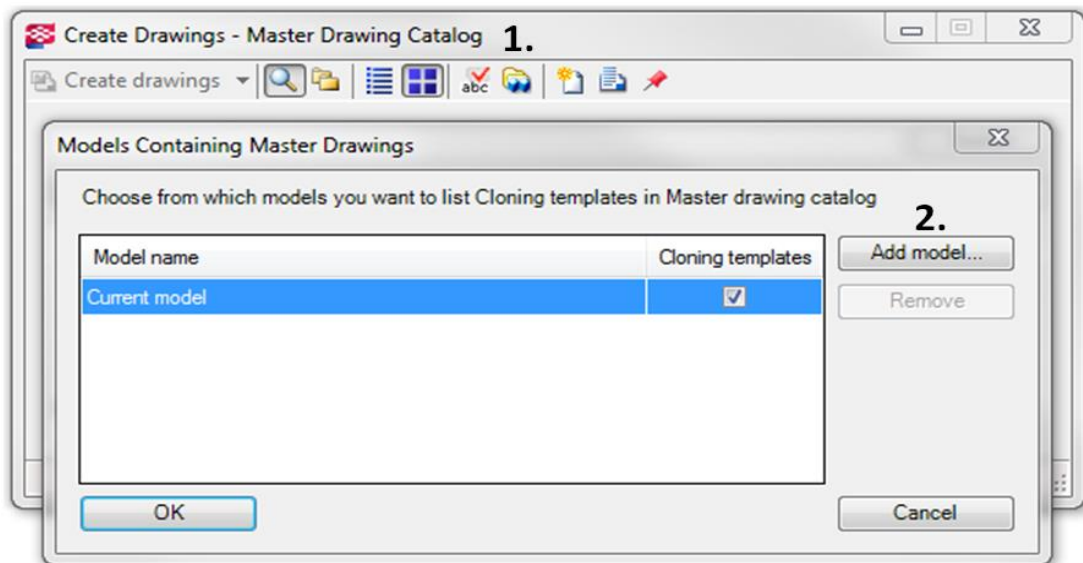
Kuva 17. Kloonipohjasta kopioitavien asioiden määrittäminen kloonipohjan asetuksissa.

Ensimmäinen vaihtoehto mittojen, tunnuksien sekä mallinnettujen hitsien merkintöjen kloonautumiselle on Ignore. Se nimensä mukaan ei luo kyseisiä asioita piirustukseen. Clone puolestaan käyttää näkymäasetuksina samoja asetuksia kuin kloonipohjassa. Create niin ikään käyttää samoja näkymäasetuksia kuin kloonimallissa, mutta tekee lisäksi muitakin mittoja eivätkä kaikki raudoitusmerkinnät kopioitu oikein. Tästä syystä kloonipohjiin asetetaan oletukseksi Clone. [30, s. 85–86.]

Piirustusluettelossa valitun piirustuksen kohdalle Master-sarakkeeseen tulee pieni oranssi piirustuksen kuva merkiksi siitä, että se on lisätty Master Drawing Catalogiin. Katalogin saa avattua valitsemalla Drawings & Reports -valikosta Create Drawings. Luodut kloonipohjat löytyvät pudotus valikosta kohdasta Cloning templates. [30, s. 80.]

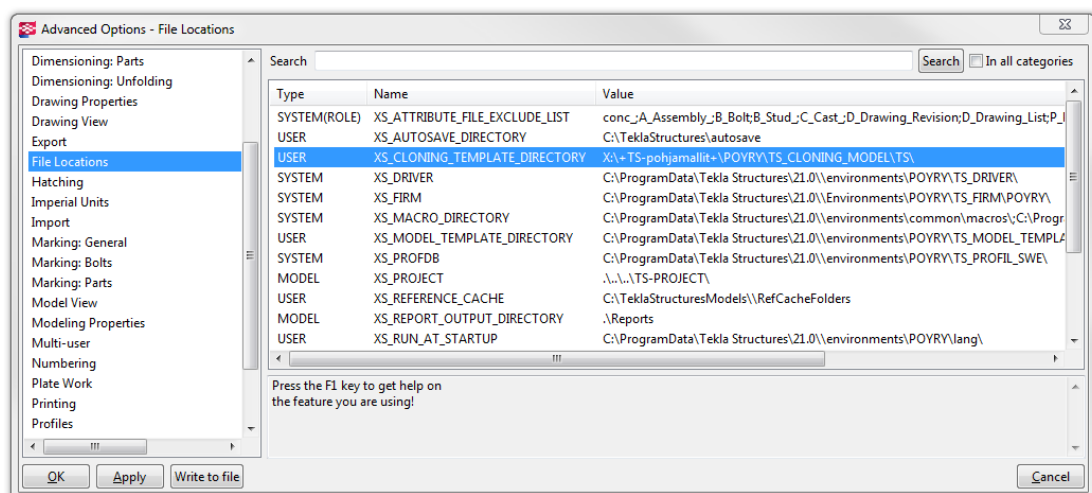
Kloonipohjana toimivat piirustukset on tehty kloonimallissa. Mikäli kloonipohjia halutaan käyttää muissa malleissa, pitää kloonipohjat hakea malliin Master Drawing Catalogin kautta. Katalogin työkaluriviltä valitaan kuvake, joka kuvassa 18 on merkattu numerolla 1. Tämän jälkeen aukeaa ikkuna, jossa voidaan hallita malleja, joista kloonipohjia hae-

taan. Kloonimalli voidaan hakea taulukkoon valitsemalla Add model (2.) ja hakea oikea mallikansio. [30, s. 91–94.]



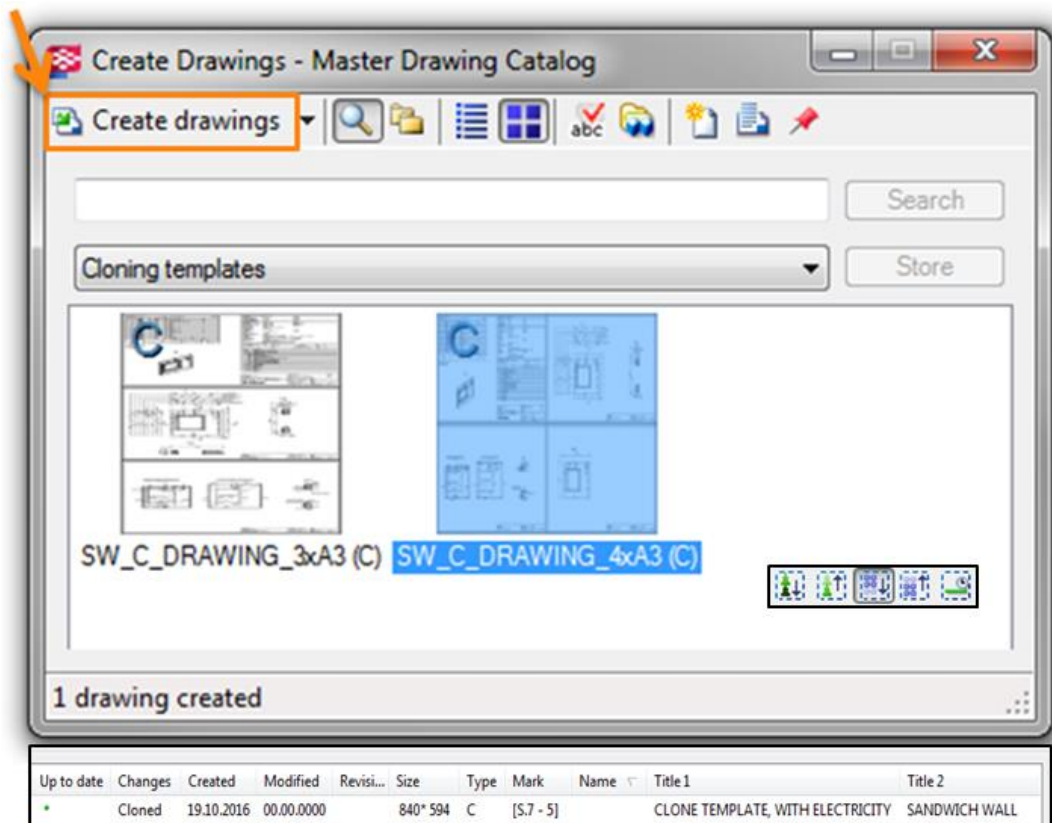
Kuva 18. Kloonipohjien haku toisesta mallista.

Vaihtoehtoisesti mallin asetuksista voidaan käydä vaihtamassa polkua, josta kloonauksen pohjat haetaan. Advanced Options -valikosta käydään muuttamassa kuvan 19 mukaiseen kohtaan arvoksi kloonimallikansion polku. Asetus on käyttäjätason asetus, joten jokaisen, joka haluaa käyttää kloonipohjia käynnissä olevissa projekteissa, tulee käydä muuttamassa tämä itse. Tämä muutetaan tilaajayrityksen pohjamalliin valmiiksi, jolloin kloonimallin polku on asetuksissa oletuksena kyseisessä kohdassa. [30, s. 91–94.]



Kuva 19. Advanced Options -valikko.

Elementti, josta piirustus kloonimallia käyttämällä halutaan tehdä, valitaan Assembly-valinnalla aktiiviseksi. Tämän jälkeen valitaan Master Drawing Catalogilta haluttu kloonipohja aktiiviseksi ja valitaan Create drawings. Piirustus ilmestyy piirustusluetteloon ja saa samat tiedot kuin kloonipohjalla on kloonimallissa (kuva 20). Kloonauksen onnistuminen tulee tarkastaa, sillä esimerkiksi näkymien sijainti suhteessa kloonipohjaan on suurella todennäköisyydellä muuttunut. [30, s. 92–93.]



Kuva 20. Piirustuksen teko kloonipohjan avulla.

Mikäli kloonipohjien asetuksiin halutaan tehdä muutoksia Master Drawing Catalogilla, tulee ne tehdä mallissa, jossa piirustukset on lisätty kloonipohjiksi. Jos muutoksia tehdään jossain toisessa mallissa, häviät ne kyseisen mallin katalogilta. Samalla Tekla tekee mallikansion alle .master-loppuisen tiedoston Drawings-kansioon. Poistamalla tämän tiedoston, löytyvät kloonipohjat taas katalogilta.

8 Mallinnusohjeen teko

Sandwich-elementtien mallinnusohjeen tarkoituksena on yhtenäistää tilaajayrityksen mallinnustapoja, jolloin suunnittelijasta riippumatta elementin tietomallin tietosisältö on samanlainen. Piirustusohjien automaation toimimisen kannalta, on ensisijaisen tärkeää, että seinäelementti sekä kaikki sen osat on mallinnettu ja nimetty oikein. Mallinnusohjeessa tullaan esittelemään suositeltavat komponentit seinäelementtien mallintamiseen sekä ohjeistamaan miten kloonipohjia voidaan käyttää piirustusten tuottamiseen.

Mahdollisten mallintamiseen liittyvien ongelmien ja hyväksi koettujen komponenttien kartoittamiseksi tehdään haastattelu, jossa haastatellaan rakennesuunnittelija Juho Akolaa, jolla on enemmän kokemusta seinäelementtien mallintamisesta (Liite 2). Haastattelulla pyritään saamaan lisäksi tietoa siitä, missä järjestyksessä eri osat tulisi mallintaa. Näin tehdään, jotta mallinnusohje voitaisiin rakentaa siten, että siinä esitellään suositellut komponentit siinä järjestyksessä, missä niitä tulisi käyttää.

Osana mallinnusohjeen tekoa, tallennetaan yleisimmin käytetyille komponenteille valmiit esiasetukset mallintamisen tehostamiseksi. Asuntotuotannossa elementtiratkaisut ovat vakioituneita, jolloin samoja ratkaisuja pystytään käyttämään useissa kohteissa [2]. Esiasetukset tehdään vastaamaan elementtisuunnittelu.fi sivustolta löytyviä liitosdetaljeja. Mallinnusohjeessa neuvotaan käyttämään näitä asetuksia, mikäli kyseiselle komponentille on sellaisia tehty.

Mallinnusohje tulee vain tilaajayrityksen käyttöön, sillä se sisältää sellaista tietoa, jota ei haluta kilpailevien suunnittelutoimistoiden käyttöön ja siitä syystä se on määritetty salaiseksi. Tästä syystä tässä luvussa käydään yleisellä tasolla läpi, miten ohje on tehty sekä asioita, joihin tulee kiinnittää huomiota mallintaessa. Lisäksi esitellään mallintamiseen suositeltavat komponentit lyhyesti.

8.1 Nimeäminen

Piirustusten automaattitoiminnot näkymissä ja taulukoissa toimivat oikein vain, jos osat on nimetty oikein. Ensimmäisenä komponenttien asetuksiin tallennetaan osille oikeat yrityksen ja BEC 2012 -projektin mukaiset luokat. Luokka määrittää miten se esitetään

piirustuksissa sekä määrittää tavan miten kyseinen osa listataan valutarvikeluetteloon. Seuraavaksi asetuksiin annetaan kaikille osille oikeat nimet ja etuliitteet. Etuliite on numerointia ja elementtitunnusta varten annettava tunnus, joka on tyypillisesti elementtiin viittaava kirjainyhdistelmä. BEC 2012 Luettelo-ohjeessa on liitteenä taulukko käytettäville elementtitunnuksille (taulukko 2).

Taulukko 2. BEC 2012 mukainen ohje seinäelementtien tunnuksille [28, s. 16].

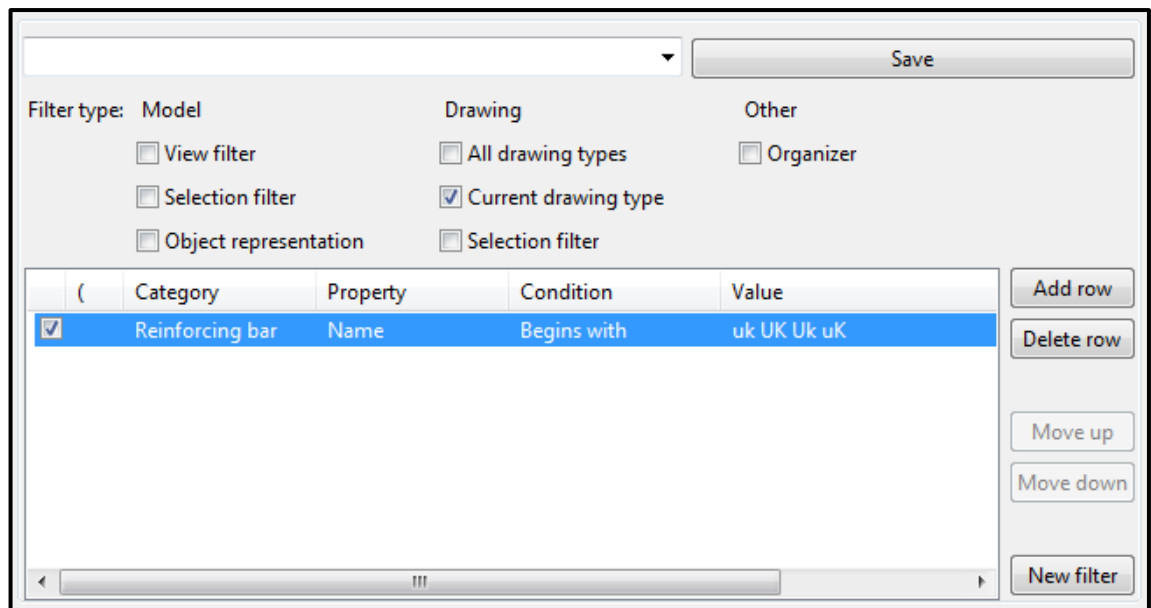
Seinäelementit	Tunnus
Väliseinä	V
Väliseinä (seinämäinen palkki)	VSP
Ruutuelementti (kantava)	S
Ruutuelementti (ei kantava)	R
Sisäkuorielementti (kantava)	SK
Sisäkuorielementti (ei kantava)	RK
Sisäkuorielementti (kantava, eriste + rappaus)	SKR
Sisäkuorielementti (ei kantava, eriste + rappaus)	RKR
Nauhaelementti (kantava)	NK
Nauhaelementti (ei kantava)	N
Kuorielementti	KE

Elementtien etuliitteen antaminen oikein on edellytys elementtien tehokkaalle hallinnalle. Teklassa on Organizer-niminen työkalu, johon pystytään tekemään erilaisia jaotteluja esimerkiksi elementtien etuliitteiden tai kerrostiedon perusteella. Organizerista voidaan muun muassa tuottaa BEC 2012 -projektin mukaisia elementtien määräluetteloita sekä piirustusluettelo, joka on Teklan oman piirustusluettelon kanssa ajan tasalla. [31.]

Näkymien ja automaattisen mitoituksen toiminta perustuu suodattamiseen nimen, etuliitteen ja/tai luokan perusteella. Tämän vuoksi esimerkiksi raudoitteet nimetään kuorten mukaan. Sisäkuoren raudoitteille annetaan nimeksi sk ja ulkokuoren raudoitteille nimeksi uk. Kuoresta kuoreen ulottuville raudoitteille nimeksi annetaan kk. Näin näkymiin voidaan suodattaa näkyviin vain sisä- tai ulkokuoren raudoitteet.

Nimiin perustuvassa suodatuksessa on huomioitava, että kirjoitusasulla on merkitystä. Teklassa suodatusta tehtäessä nimen perusteella, nimi täytyy olla kirjoitettu täsmälleen samalla tavalla näkymäsuodattimessa kuin itse mallissa. Suodattamalla nimen perus-

teella esimerkiksi aiemmin mainittuja ulkokuoren raudotteita, tulisi hakukriteeriin tehdä kuvan 21 mukainen suodatin.



Kuva 21. Suodattimen teko osan nimen perusteella.

Näin toimittaessa, piirustusten automaation toimimisen kannalta, ei ole väliä, miten suunnittelija on mallipuolella nimennyt osan. Ainoa edellytys on, että osan nimi on kirjoitettu muuten oikein. Tästä syystä pyritään suodattimet tekemään luokan perusteella, mutta välillä se ei aina riitä.

8.2 Sandwich-elementin mallinnus

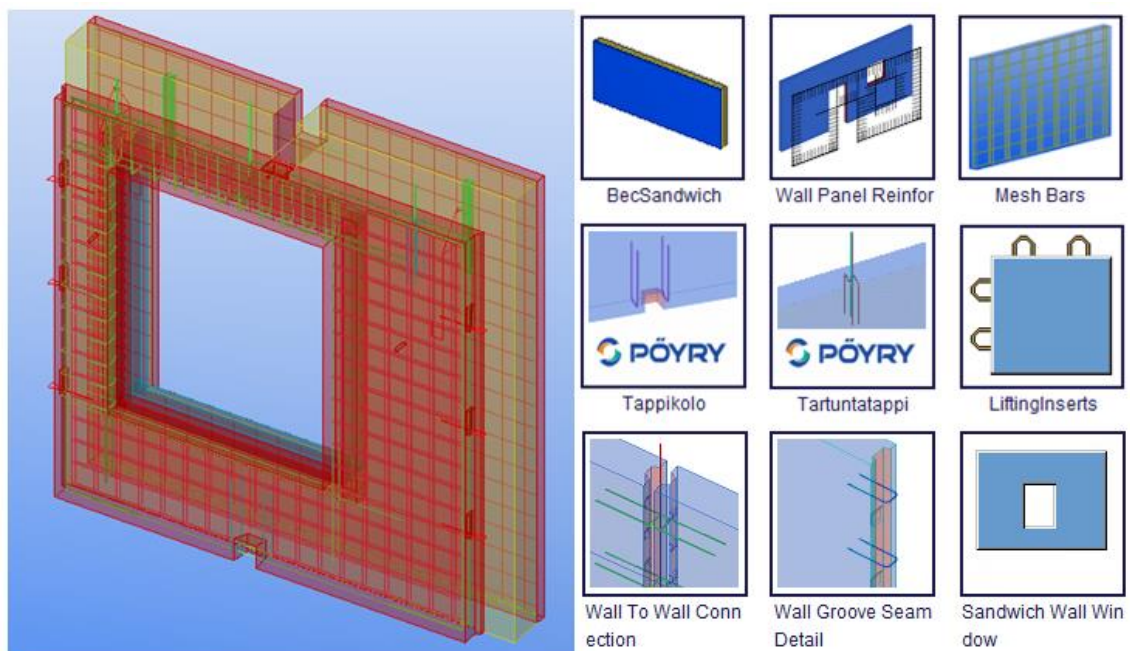
Tässä luvussa esitellään miten sandwich-tyyppinen seinäelementti tulisi mallintaa Teklassa. Ensin käsitellään toimenpiteet, jotka tulee tehdä ohjelmaa avatessa. Tämän jälkeen esitellään lyhyesti suositellut työkalut ja komponentit, joita tulisi käyttää ja joihin osana insinööriyötä on tehty valmiita asetuksia.

Monet yritykset ovat tehneet itselleen oman ympäristön ohjelmaan, joihin on tehty valmiita asetuksia eri osille, omia komponentteja ja valikoiden turhiksi koettuja ominaisuuksia on karsittu. Insinööriyössä tehtävät valmiit asetukset muun muassa seinäelementin mallintamiseen käytettäville komponenteille tallennetaan myös Pöyryn omaan

ympäristöön muiden suunnittelijoiden käytettäväksi. Teklan avattaessa ensimmäisenä aukeaa valikko, jossa valitaan käytettävä ympäristö, rooli ja lisenssi.

Lisenssi tulee valita kulloinkin mallinnettavan rakenteen mukaan, jotta kaikki työkalut toimivat ja piirustukset aukeavat oikein. Kloonimalli tehtiin Precast Concrete Detailing -lisenssiä käyttäen. Teräsrakenteita mallinnettaessa ja piirustuksia tehdessä tulee käyttää Steel Detailing -lisenssiä. Jos betonirakenteet raudoitteet mallinnetaan Steel Detailing -lisenssillä, tunnistaa ohjelma raudoitteet terästangoiksi. Piirustuspuolella tämä aiheuttaa ongelmia, sillä ohjelma ei osaa tunnistaa taivutustyyppisiä eikä listaa raudoitteita raudoitustaulukkuun.

Seinäelementin mallintamiseen käytetään Teklan ja tilaajayrityksen omia komponentteja. Teklassa on valmiita komponentteja betoniosien raudoittamiseen, osien liittämiseen toisiinsa, valutarvikkeiden lisäämiseen valuyksiköihin ja paljon muuta. Tässä kapaleessa on esitetty osa sandwich-elementin mallintamiseen käytettäväksi suositeltavista komponenteista. Komponentit on esitetty kuvassa 22. Komponenteille tehtiin valmiita asetuksia suunnittelijoiden mallintamisen avuksi. Tallennetut asetukset vastaavat Elementtisuunnittelu.fi sivustolta löytyviä Runkoliitokset ja Seinärakenteiden liitokset esimerkkidetaljien mukaisia, yleisimmin käytettyjä rakennedetaljeja.



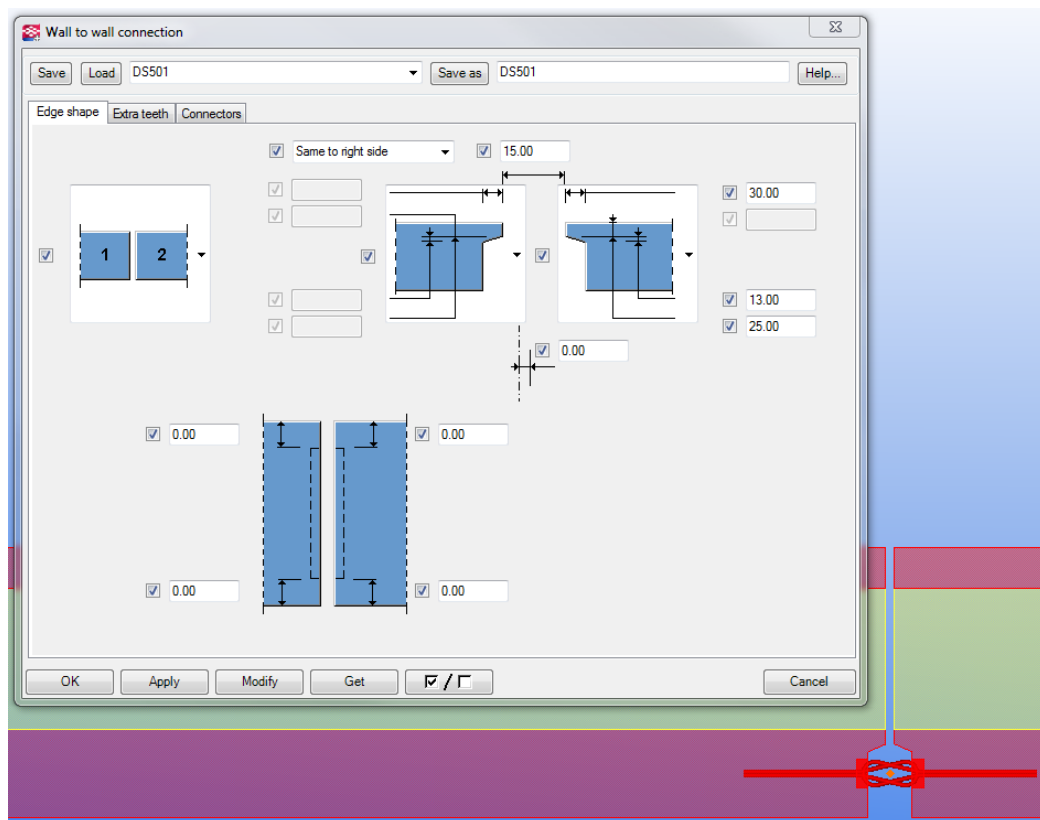
Kuva 22. Osa sandwich-tyyppisen seinäelementin mallintamiseen käytettäväksi suositeltavista komponenteista.

BecSandwich

BEC 2012 -projektissa on tehty BecSandwich -komponentti sandwichelementtien perusgeometrian mallintamiseen. Sillä voidaan määrittää eri kuorien paksuudet, pituudet ja korkeudet sekä eri osien nimet ja luokat samalta dialogilta. Komponentille tallennettiin asetukset kantavalle ja ei-kantavalle seinäelementille. Käytännössä, jokainen elementti on erikokoinen, joten asetuksiin tallennettiin valmiiksi tyypilliset kuoripaksuudet sekä osien nimet, tunnukset ja luokat. Komponentti on ladattavissa Elementtisuunnittelu.fi -sivustolta.

Wall To Wall Connection

Wall To Wall Connection -komponentilla voidaan tehdä elementtien välinen pystysauman liitos. Asetuksissa voidaan määrittää kuorien mahdolliset viisteiden ja vaaranojen dimensiot, vaijerilenkin tyyppi ja jako sekä saumateräksen parametrit. Kuvassa 23 on esitetty esimerkki insinööriyön yhteydessä tehdyistä tallennetuista asetuksista elementin mallintamisen nopeutumiseksi.



Kuva 23. DS501 Kantavien ulkoseinäelementtien liitos, betonivaarna + vaijerilenkit.

Wall Groove Seam Detail

Wall To Wall Connection luo älykkyyttä kahden elementin välille, joka ei aina ole hyvä asia, sillä komponenttia muokatessa molemmat elementit muuttuvat. Siksi vaijerilenkien mallintamiseen on suositeltavampaa käyttää komponenttia nimeltä Wall Groove Seam Detail. Se vaikuttaa vain yhteen elementtiin, minkä ansiosta sitä ei välttämättä tarvitse räjäyttää, jolloin mahdollisten muutosten teko on nopeampaa ja vaivattomampaa. [31.]

Sandwich Wall Window

Tällä komponentilla voidaan mallintaa elementtiin ikkuna- ja oviaukot. Muihin Teklan vastaaviin komponentteihin verrattuna, Sandwich Wall Window mahdollistaa aukkojen tarkemman detaljoinnin. Aukkojen viisteet on mahdollista mallintaa tarkasti kyseisellä työkalulla, jolloin käytännössä päästäisiin eroon erillisistä DWG-detaljeista. Versiossa 21.0, vierekkäiset ikkuna- ja oviaukot aiheuttavat vaikeuksia, sillä nykyisin toinen komponenteista joudutaan räjäyttämään. Seuraavassa versiossa ongelma pitäisi olla ratkaistu. [31.]

Wall Panel Reinforcement

Elementin verkkoraidoitteiden lisäksi, elementin pieliä kiertää pieliraidoitus. Pieliraidoitteet lisätään, jotta elementti pysyy suorana eikä halkeile. [2.] Komponentilla voidaan pieliterästen lisäksi mallintaa verkkoraidoitteet, ikkuna- ja oviaukkojen ylityksien sekä kapeiden pystykaistojen lisäraidoitteet. Akolan mukaan komponentti on aiemmissä versioissa tehnyt omituisia ratkaisuja raidoituksen suhteen, erityisesti, jos elementeissä on kapeita kaistoja oviaukkojen ympärillä. Tästä syystä pieliteräkset on joskus nopeampaa mallintaa ilman komponenttia. [31.]

Mesh Bars

Mesh Bars -komponentilla voidaan mallintaa sisä- ja ulkokuoren verkkoraidoitukset. Dialogilta voidaan määrittää tuleeko verkkoja yksi vai kaksi sekä verkkojen suojabetonipaksuudet. Dialogilta voidaan myös määrittää kumpi teräksistä, vaaka vai pysty, on lähempänä pintaa. Komponentti osaa myös leikata verkon siten, että se kiertää aukot. Suunnittelija määrittää dialogilta aukoilta koon, jota pienemmät aukot komponentti rau-

doittaa niin sanotusti läpi. Tässä komponentissa huomattiin ongelmia, verkkojen lisäämisen suhteen, jonka korjaamiseksi malli täytyi käynnistää uudelleen. Komponenttiin tallennettiin asetukset eri vakioverkoille, sillä Wall Panel Reinforcement -komponentti käyttää Mesh Barsia alikomponenttina. [31.]

Tartuntatappi ja Tappikolo

Näiden Pöyryn omien komponenttien avulla, päällekkäiset elementit voidaan liittää toisiinsa. Komponenteille tallennettiin asetukset, jotka lataamalla terästen luokat sekä nimet ovat oikein. Komponentit havaittiin osittain puutteellisiksi, sillä ne tekevät vain tietyn kokoisia lisäteräksiä. Mikäli lisäteräksiin halutaan tehdä muutoksia, joudutaan komponentti räjäyttämään. Näiden komponenttien dialogeille tullaan tekemään korjauksia, jotka mahdollistavat suojabetonipaksuuksien ja jatkospituuksien määrittämisen.

Lifting Inserts

Tällä komponentilla voidaan elementtiin mallintaa nostolenkit sekä määrittää painopiste. Komponentti osaa määrittää oikean kokoiset nostolenkit elementille sen painon perusteella, mutta usein nostolenkit saattavat osua aukkojen kohdalle. Tällöin nostolenkejä joudutaan siirtämään, jolloin myös on varmistettava nostolenkkien sopivuus elementin nostamiseen. [31.]

Kokoonpanopuu

Kokoonpano on valuyksikkö, joka sisältää kaikki seinäelementin osat. Pääosan tulee olla kokoonpanon tilavuudeltaan suurin osa eli yleensä sisäkuori. Kaikki muut betoniset osat lisätään samaan valuyksikköön. Muut osat, kuten valutarvikkeet ja eriste, lisätään kokoonpanoon niin sanottuna alikokoonpanona (Add as Sub-Assembly). Tällä tavalla lisätyt osat listautuvat valutarvikeluetteloon.

Ennen piirustusten luomista onkin hyvä tarkistaa seinäelementin osien välinen hierarkia Pöyryn omalla Kokoonpanopuu-makrolla. Makro näyttää väärin liitetyt osat punaisella. Valitsemalla ”Korjaa kytkennät”, makro korjaa kokoonpanon osien hierarkian kuntoon. Näin osat listautuvat piirustuksissa oikein valutarvikeluetteloon.

9 Päätelmät

9.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostamiseksi on insinööriyössä kehitetty tavoitteiden mukaisia asioita dokumenttientuotannon ja mallintamisen nopeuttamiseksi. Insinööriyön päätavoitteena oli perustaa Tekla Structuresilla kloonimalli yritykselle, johon tuotaisiin sandwich-tyyppisiä seinäelementtejä. Näille elementeille tehtiin valmiit piirustukset kehittämällä piirustus- ja näkymätason asetuksia. Yhdestä valmiista piirustuksesta tehtiin kaksi erilaista kloonipohjaa yrityksen käyttöön. Manuaaliset muokkaukset pyrittiin jättämään mahdollisimman vähäiseksi, sillä käytettäessä piirustuksia kloonipohjina, manuaalisesti lisätyt asiat eivät kopioitu aina oikein.

Elementin kaikkien osien on oltava mallinnettu oikein, jotta kloonipohjat toimisivat halutulla tavalla mahdollisimman tehokkaasti. Tästä syystä osana insinööriyötä tehtiin lyhyt mallinnusohje sandwich-tyyppisille seinäelementeille. Ohjetta noudattamalla varmistetaan siitä, että elementit on mallinnettu oikein. Ohjeessa kerrotaan mitä komponentteja tulisi käyttää sekä kerrotaan mahdollisista esiasetuksista, joita insinööriyön aikana komponenteille tallennettiin. Lisäksi ohjeessa neuvotaan miten kloonipohjia voidaan käyttää piirustustuotannossa.

Sitä mukaan, kun insinööriyössä saatiin aikaan korjattua näkymäasetuksia tai tallennettua komponenteille esiasetuksia, ladattiin ne Pöyryn ympäristöön kaikkien suunnittelijoiden käytettäväksi. Komponenttien esiasetuksia ja korjattuja näkymäasetuksia on jo käytetty monessa hankkeessa työn nopeuttamiseksi. Mallinnusohje niin ikään on ladattu kaikkien suunnittelijoiden käyttöön yrityksen sisäiseen verkkoon.

Insinööriyön henkilökohtaiset tavoitteet täyttyivät osittain, sillä ajankäytön suhteen olisi ollut parantamisen varaa. Tutkimussuunnitelmassa määritetyt riskit ajankäyttöön liittyen olivat muotoutua ongelmaksi. Erityisesti projektikiireiden vuoksi insinööriyön tekemiselle ei meinannut löytyä riittävästi aikaa ja välillä oli pitkiäkin taukoja työn tekemisestä.

Työskentely eteni kuitenkin järjestelmällisesti aloittamalla työskentely työn päätavoitteen eli kloonimallin parissa ja piirustusasetusten kehittämällä. Haastattelujen ja piirustusten kommentointien ansiosta, pääsin keskustelemaan uusien ihmisten kanssa ja

kehittämään vuorovaikutustaitojani. Myös tiivis työskentely yhdessä Ahosen kanssa kartutti yhteistyötaitoja. Kaiken edellä mainitun aikana, seinäelementit ja niissä käytetyt komponentit tulivat tutuiksi, joten mallinnusohjeen kirjoittaminen onnistui melko vaivattomasti.

Insinööriyön aikana pääsin myös opettamaan ohjelman käyttöä seinäelementtien mallintamiseen liittyen. Pääsin myös auttamaan muita suunnittelijoita seinäelementtien piirustusten teossa, korjattujen näkymäasetusten avulla. On ollut hienoa huomata, kuinka paljon asioita olen projektin aikana oppinut liittyen Teklan käyttöön ja piirustuksissa esitettäviin asioihin liittyen.

9.2 Korjatut ongelmat piirustuksissa

Piirustusasetusten kehittämiseksi insinööriyön aikana pyydettiin kommentteja sen hetkisillä näkymäasetuksilla tehtyihin piirustuksiin. Alkuperäisillä asetuksilla tehty piirustus on Liite 3 ja korjatuilla asetuksilla tehty piirustus on puolestaan Liite 4. Tässä kappaleessa käydään läpi kommenttien perusteella korjatut asiat piirustuksissa sivu kerrallaan ja kerrotaan miten ne paransivat BEC 2012 -projektissa määritettyjä piirustuksen tärkeitä asioita, jotka ovat

- piirustuksen yleisilme ja luettavuus
- näkymät ja niiden sisältö
- mitoituksen periaatteet
- taulukoiden rakenne ja sisältö
- raudoite ja tarvike-tunnusten sisältö
- katsomissuunnat.

Piirustuksen ensimmäisellä sivulla on elementin 3D-näkymä, nimiö, suunnittelun lähtötiedot ja tuotetiedot sekä raudoite- ja valutarvikeluettelo. Piirustusten yleisilmettä ja luettavuutta pyrittiin parantamaan viivapaksuuksia muokkaamalla. Elementin 3D-näkymään ja valutarvikeluetteloon ei tehty muutoksia. Suurimmat muokkaukset tehtiin muihin taulukoihin.

Raudoiteluetteloon lisättiin vaakarivit parantamaan sen luettavuutta sekä korjattiin eri sarakkeiden käännöksiä. Suunnittelun lähtötiedot ja tuotetiedot kirjataan mallipuolella valuyksikön ominaisuuksiin. Näiden taulukoiden selkeyttämiseksi tallennettiin elementille mallipuolella SW niminen asetus, jossa kenttiä on täytetty valmiiksi (kuva 24). Tätä asetusta käyttämällä ja täydentämällä tyhjät kohdat, tulee piirustuksien tietosisällöstä yhtenäisempi muiden suunnittelijoiden kanssa.

Parameter	Value	Value
Betonilaadut (yleisp.)	<input checked="" type="checkbox"/> Sisäkuori: CXX/XX	<input checked="" type="checkbox"/> Ulkokuori: CXX/XX
Betonipeite 1	<input checked="" type="checkbox"/> 20mm ± 10mm	<input checked="" type="checkbox"/> , Sisäkuori
Betonipeite 2	<input checked="" type="checkbox"/> 35mm ± 10mm	<input checked="" type="checkbox"/> , Ulkokuori
Maksimi raekoko	<input checked="" type="checkbox"/> Sisäkuori: 16mm	<input checked="" type="checkbox"/> Ulkokuori: 12mm
Toleranssiluokka	<input checked="" type="checkbox"/> Luokka N	<input checked="" type="checkbox"/>
Mittatoleranssi	<input checked="" type="checkbox"/> Betonielementtien toleranssit 2011	<input checked="" type="checkbox"/>
Pintakäsittelyluokka	<input checked="" type="checkbox"/> BY40 Luokka 2	<input checked="" type="checkbox"/>
Pintakäsittely 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> , Sisäkuori
Pintakäsittely 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> , Ulkokuori
Viisteet 1	<input checked="" type="checkbox"/> P= kynäpyörästys r=3mm	<input checked="" type="checkbox"/>
Viisteet 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muotistanostolujuus	<input checked="" type="checkbox"/> 15 MN/m ²	<input checked="" type="checkbox"/>
Kuljetus- ja asennuslujuus	<input checked="" type="checkbox"/> 21 MN/m ²	<input checked="" type="checkbox"/>
Vesi-sementtisuhde	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sementtipitoisuus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pakkasekestolujuus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Suojahuokossuhde	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
P-luku	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LISÄTIEDOT		
Ansaat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eristeet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nostolenkit	<input checked="" type="checkbox"/> Noston haarakulma max. 60 astetta	<input checked="" type="checkbox"/>
Betoniteräksen laatu	<input checked="" type="checkbox"/> T= B500B	<input checked="" type="checkbox"/> E= B600KX
Yleisteksti ilman otsikkoa	<input checked="" type="checkbox"/>	
Jatkospituus	<input checked="" type="checkbox"/> T8(E7,E6)=250mm, T10(E9)=400mm, T12=500mm, T16=750mm, T20=1000mm	
Verkkojen limitys	<input checked="" type="checkbox"/> Yksi silmäväli, verkot voidaan tarvittaessa korvata irtotangoilla.	

Kuva 24. Osa valuyksikön ominaisuuksiin tallennetuista tiedoista.

Taulukossa on nyt selkeytetty, mikä tieto koskee sisäkuorta, ja mikä taas ulkokuorta. Taulukoon on lisätty tieto betoniteräksen laadun kertovan kirjaimen merkityksen raudoitemerkeissä. Taulukoon on lisätty myös tiedot raudoitteiden jatkospituuksista sekä verkkojen limityksestä.

Piirustusten toisella sivulla on esitetty elementin mittanäkymä, jossa on annettu tietoja elementin mitoista sekä mitoitettu valutarvikkeet paikoilleen. Lisäksi sivulla on elementin pysty- ja vaakaleikkaus. Mittanäkymään on lisätty mitoitussääntö ulkokuoressa oleville aukoille. Tappikolon mittaviivaan on lisätty tarkentava tieto kolon koosta. Näkymän selkeyttämiseksi elementin päämitat on siirretty leikkausnäkyymiin ja viistemitoitus on jätetty näytettäväksi detaljeissa. Myös karmipuiden ja kuorten paksunnosten mitoitavat säännöt on poistettu näkymäasetuksista, sillä niiden mitoitussäännöt tekivät tarpeettomia sekä epäselviä mittoja.

Leikkausnäkyymiä on pyritty karsimaan. Aukkoihin liittyvät mitat on jätetty näytettäväksi detaljeissa. Leikkauksiin on kuitenkin lisätty elementin päämitat, sillä ne on helpompi havaita niistä kuin mittanäkymästä, jossa muutenkin on jo paljon mittoja. Lisäksi leikkausnäkyymiin lisättiin mitoitussääntö valutarvikkeille, kuten tartunnoille, joka mitoitaa valutarvikkeet elementin syvyysuunnassa paikoilleen.

Kolmannella sivulla on tiedot elementin raudoittamiseksi. Viivapaksumuksia säätämällä on pyritty siihen, että raudoitteet erottuisivat paremmin. Sisä- ja ulkokuorien raudoitus näkyymiä näkymäasetuksissa suodattimia muokattiin siten, että kuoresta kuoreen menevät raudoitteet näkyvät molemmissa näkymissä. Näkymistä piilotettiin pinnan takana olevat paksunnokset näkyymiä selkeyttämiseksi. Myös verkkoraudoitteiden merkintää muokattiin yksinkertaisemmaksi. Sivulle lisättiin elementin pystyleikkaus, johon näkymäasetuksissa määritettiin esitettäväksi valutarvikkeet ja raudoitteet sekä antamaan raudoitteille tunnuksia. Pystyleikkauksen tarkoituksena on selkeyttää raudoitteiden sijaintia toisiinsa ja valutarvikkeisiin nähden.

Seinäelementtien sähkösuunnittelussa on havaittu ongelmia aiemmissa projekteissa. Virheettömän elementin valmistamiseen vaaditaan eri suunnitteluosapuolten välistä kommunikaatiota. Seinäelementtien suunnittelussa pääasiallisesti vaaditaan rakenne-, elementti- sekä sähkösuunnittelijan välistä yhteistyötä. Sähköasennusten virheet ja puutteet ovat työläisiä korjata, joten suunnittelussa ja elementtien valmistuksessa tulee olla huolellinen. [32, s. 5.]

On varsin yleistä, että elementit suunnitellaan Teklalla, josta ajetaan DWG-piirustus sähkösuunnittelijalle. Tavallisesti sähkösuunnittelija on lisännyt omat tietonsa piirustuksessa elementin mittanäkymään, jossa on mitoitettu valutarvikkeet paikalleen. Mikäli elementti on monimutkainen ja sisältää paljon valutarvikkeita, tulee mittanäkymästä

helposti vaikealukuinen, jos siinä on esitetty myös elementin sähköistys. Jos tämän jälkeen esimerkiksi elementin valutarvikkeisiin tulee muutos, täytyy suunnittelijan tehdä melkoinen työ AutoCADilla piirustusten yhdistämiseksi, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa.

Ongelman ratkaisemiseksi tehtiin Teklaan oman näkymä sähkösuunnittelijaa varten. Näkymässä esitetään seinäelementin päämitat sekä valutarvikkeet ilman niiden paikoilleen mitoitusta. Tällä tavalla sähkösuunnittelijan on helppo havaita mahtuvatko sähkötarvikkeet valutarvikkeiden lomaan. Näkymä sijoitettiin omalle sivulle, jotta sähkösuunnittelijan mahdollisille teksteille, detaljeilla ja taulukoille on tilaa samalla sivulla. Elementtitehtaalla elementin valmistajankin työ helpottuu, kun piirustuksessa kaikki tieto sähköasennuksiin liittyen on samalla sivulla.

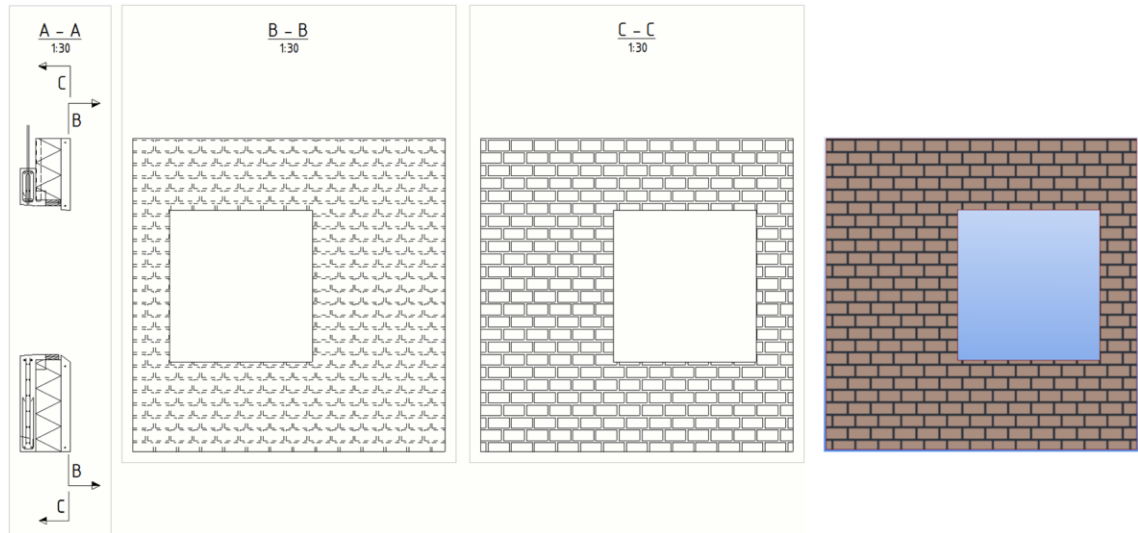
9.3 Korjaamattomat ongelmat piirustuksissa

Vaikka insinööriyön aikana saatiinkin paljon asioita piirustuksissa korjattua, jäi niihin vielä myös korjattavaa. Seinäelementit saattavat joskus sisältää hyvin paljon valutarvikkeita, jolloin valutarvikeluettelo saattaa ulottua lähelle nimiötä. Ongelmaksi tämä muotoutuu, jos nimiön päälle tulee ACN- tai revisiotaulukko. ACN (Assembly Control Number) on Teklassa annettava yksilöllinen numero elementille, joka pysyy samana, vaikka elementtitunnus muuttuisikin [27, s. 14]. Tulevaisuudessa Teklaan tullaan tekemään sellaiset layoutit elementtipiirustuksille, jossa ACN- ja revisiotaulukko ovat vaihtoehtoisesti nimiön vieressä.

Detaljien esittämiseen, esimerkiksi ikkuna-aukkojen reunoista, ei vielä keksitty tehokasta ratkaisua. Vaikka detaljit pääpiirteissään on samat monessa projektissa, on niissä aina myös pieniä projektikohtaisia eroja. Yksi vaihtoehto on mallintaa elementti sillä tarkkuudella, että elementistä voidaan ottaa detaljinäkymä. Kloonipohjiin detaljinäkymää ei valmiiksi lisätty, sillä se ei todennäköisesti uudessa piirustuksessa osuisi oikeaan kohtaan.

Toinen vaihtoehto on näyttää detaljit tuomalla piirustuksiin DWG-tiedostoja. Tekla tarjoaa ratkaisuksi Drawing Symbol Manageria. Se on detaljikirjasto, johon voidaan tallentaa omia 2D-detaljeja, joita voidaan sitten lisätä piirustuksiin. Nykyinen versio ei kuitenkaan vielä tue DWG-tiedostoja, joten ne joudutaan tuomaan malliin muilla tavoin.

Pintakäsittelyn lisäämisessä havaittiin muutama huomattava ongelma, sillä sen esittäminen piirustuspuolella osoittautui puutteelliseksi (kuva 25). Elementtien valmistuksen kannalta olisi tärkeää, että ladonta voitaisiin näyttää sisältä päin katsottuna. Tällöin elementin valmistajan on huomattavasti helpompi latoa tiililaatat muotin pohjalle oikein ennen ulkokuoren raudoitusta ja valua.



Kuva 25. Tiililadonnan esitys elementtipiirustuksessa ja kaappaus mallipuolelta.

Seinäelementtiin saatiin mallin puolella pintakäsittely (Surface Treatment) lisättyä melko vaivattomasti. Vaikka mallissa tiililadonta näkyy oikein pintakäsittelyn jokaisella sivulla, piirustuspuolella ladonta näkyy sisältä katsottuna väärin (kuva 25, leikkaus B-B). Jostain syystä piirustuksissa vaikuttaa siltä, että tiilet on limitetty kaksi kolmasosaa eikä yhtä kolmasosaa niin kuin olisi tarkoitus. Ulkoapäin tiilien ladonta onnistuu näyttää vaivattomasta, kuten kuvassa 25, leikkauksessa C-C, näkyy. Tiilien näyttäminen oikein onnistuu vain puolikkaan tiilen limityksessä.

Toinen havaittu ongelma oli se, että Tekla ei laskenut pintakäsittelyn painoa elementin kokonaispainoon. Jotta elementin paino saadaan oikeaksi, täytyy ulkokuoresta tehdä pintakäsittelyn verran paksumpi ja pintakäsittely lisätä erittäin ohuena rakenteena elementtiin.

9.4 Jatkokehitysehdotukset

Tilaaajayrityksessä pyritään tulevaisuudessa kasvattamaan elementtien määrää kloonimallissa. Tarkoituksena on tehdä vastaavanlaisia kloonipohjia muistakin tyypillisistä elementeistä. Pelkästään jo se, että riittävä määrä näkymiä ja joitakin tietoja valutarvikkeista sekä raudoitteesta tulee piirustukseen automaattisesti, nopeuttaa työtä merkittävästi. Kloonipohjissa myös paperikoot ja oikeat taulukot tulevat automaattisesti eikä niitä todennäköisesti tarvitse enää muuttaa. Piirustusten piirustus-, näkymä- ja osatason asetuksia voidaan kehittää loputtomasti, sillä eteen tulee aina uusi erikoistapaus, jota nykyiset asetukset eivät mitoitaisi tai näyttäisi oikein. Samoin on komponenttien esiasetusten kanssa.

Insinööriyön aikana sandwich-elementtien mallintamiseen tehdyn ohjeen kaltaisia lyhyitä ohjeita olisi hyvä tehdä muillekin elementtityypeille. Teklassa on paljon erilaisia komponentteja, jotka on tarkoitettu vain tietyille elementeille, mutta on myös sellaisia, jotka ovat hyödyllisiä monessa eri tilanteessa. Elementtityypeittäin voisi olla ohje, johon on koottu suositeltavat komponentit kyseisen osan mallintamiseen.

Insinööriyön tekemisen aikana eteen tuli muitakin asioita Teklaan liittyen, joista yrityksessä voitaisiin tuottaa insinööriyö tai innovaatioprojekti. Organizerin käyttö projekteissa on vielä melko olematonta. Tämä, johtuu siitä, että Teklan versiossa 21.0 sitä voi käyttää kerrallaan vain yhdeltä koneelta. Lisäksi mallin synkronointi Organizeriin voi suuremmissa malleissa kestää kymmeniä minuutteja. Ahosen mukaan ongelmat pitäisi olla korjattu Teklan seuraavassa versiossa. Organizeriin on mahdollista tehdä erilaisia suodattimia esimerkiksi kerroskohtaisesta, joita voidaan käyttää malli- ja piirustuspuolella suodattimena.

Toinen kehittämistä kaipaava työkalu Teklassa on aiemmin jo mainittu Drawing Symbol Manager. Kaikkea ei kannata mallintaa, sillä jotkin asiat on huomattavasti nopeampaa näyttää detaljissa. Drawing Symbol Manager on detaljikirjasto, jolla voidaan hallita 2D-detaljien käyttöä piirustuksissa. Nykyisessä versiossa DWG-piirustuksia ei pystytä vielä hyödyntämään. Mikäli tulevissa versioissa tämä on korjattu, voitaisiin kirjastoon kerätä aiemmissa projekteissa tuotetut detaljit yhteen. Lisäksi, kun uusia detaljeja tehdään, ne voitaisiin viedä detaljikirjastoon muiden suunnittelijoiden käyttöön.

10 Yhteenveto

Yritysten on kehitettävä keinoja nopeuttaa tapojaan tuottaa rakentamisen vaatimia dokumentteja tietomallista. Kun piirustusten tekemiseen menevä aika lyhenee, jää enemmän aikaa itse suunnittelulle. Hankkeesta toiseen tehdään samankaltaisia piirustuksia tyypillisimmistä elementtityypeistä, joten yrityksellä oli tarve perustaa kloonimalli, jossa yleisimmille elementeille on tehty mahdollisimman valmiit piirustukset, joita voidaan tulevaisuudessa käyttää kloonipohjina piirustusten tuottamiseen. Tämä insinööriyö rajattiin koskemaan vain sandwich-tyyppisiä seinäelementtejä.

Kloonipohjien toiminta perustuu näkymäasetusten automaatioon. Näkymäasetuksia kehitettiin tekemällä kloonimalliin tuoduista seinäelementeistä piirustukset sen hetkisillä asetuksilla ja pyytämällä kommentteja niihin yrityksen asiantuntijoilta. Kommenttien perusteella asetuksiin tehtiin tarvittavat muutokset. Korjatuista piirustuksista tehtiin kaksi erilaista kloonipohjaa, joista toiseen lisättiin omalle sivulleen näkymä elementistä sähkösuunnittelijaa varten.

Automaattisten näkymäasetuksen toimimisen ehtona on se, että elementit on mallinnettu oikein ja tästä syystä, osana insinööriyötä tehtiin myös lyhyt ohje seinäelementtien mallintamiseen. Mallintamisen tehostamiseksi, yleisimmille käytetyille komponenteille tallennettiin valmiita asetuksia. Mallinnusohje määritettiin salaiseksi, sillä se sisältää sellaista tietoa, jota ei haluta kilpailevien yritysten käyttöön.

Kloonimalliin on tulevaisuudessa tarkoitus tuoda myös muita tyypillisimpiä elementtejä, joiden piirustuksista voidaan niin ikään tehdä kloonipohjat. Vastaavanlaisia lyhyitä mallinnusohjeita, joissa pääasiassa esitellään suositeltavat komponentit, olisi hyvä olla myös muille elementtityypeille. Näin varmistuttaisiin siitä, että elementtien tietosisältö olisi sama mallintajasta riippumatta.

Insinööriyön tuotoksia hyödynnetään jo nyt laajasti varsinaisessa suunnittelutyössä, mikä on parantanut tilaajayrityksen tehokkuutta sekä kilpailukykyä alati tiukentuvilla markkinoilla. Kloonipohjia ei ole vielä projekteissa käytetty, mutta sitä mukaan, kun näkymäasetuksia ja komponenttien esiasetuksia saatiin valmiiksi, ladattiin ne yrityksen muiden suunnittelijoiden käyttöön. Myös mallinnusohje sandwich-tyyppisille elementeille on ladattavissa yrityksen sisäisessä verkossa.

Lähteet

- 1 Suomen Rankennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Tekstiosa, RIL 229-1-2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 2 Lassila, Kari, Projektipäällikkö, Pöyry Finland Oy, haastattelu, 15.6.2016.
- 3 Suomalainen juuriltaan – kansainvälinen osaamiseltaan. 2016. Verkkodokumentti. Pöyry Oyj.
<http://www.poyry.fi/sites/www.poyry.fi/files/media/related_material/poyry_suomi_2016_medium.pdf>. Luettu 22.8.2016.
- 4 Pöyry Oyj:n kotisivu. 2016. Logopankki. <<http://www.poyry.fi/tietoa-meista/poyry-globaalisti/logopankki>>. Luettu 3.8.2016.
- 5 Etusivu. 2016. Teollisuuskeskus. <<http://www.teollisuuskeskus.fi/>>. Luettu 22.8.2016.
- 6 Hytönen, Yki & Seppänen, Matti. 2009. Tehdään elementeistä, Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki: SBK-säätiö.
- 7 Elementtirakentamisen historia. 2016. Verkkodokumentti. Elementtisuunnittelu.fi.
<<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>>. Luettu 16.8.2016.
- 8 Betonijulkisivujen materiaali- ja valmistustekniikka. 1998. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy
- 9 Talonrakentaminen. 2016. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus ry.
<<http://betoni.com/betonirakentaminen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen/>>. Luettu 20.8.2016
- 10 Mannila, Merja. 2016. Seinäelementtien kysyntä kasvoi vuodessa neljänneksen. Rakennuslehti nro.26, 2.9.2016, s. 8.
- 11 Pisto, Ville. 2016. Betonitehtailija myhäilee – tilausten määrä suurin 25 vuoteen. Verkkodokumentti. <<http://yle.fi/uutiset/3-8994581>>. 30.6.2016. Luettu 12.8.2016.
- 12 Koistinen, Antti. 2016. Tuhansille ihmisille uusia koteja – betonielementtien kysyntä harppasi rajusti. <<http://yle.fi/uutiset/3-9070511>>. 5.8.2016. Luettu 12.8.2016.

- 13 Rakennusteollisuus suhdannekatsaus, kevät 2016. 2016. Rakennusteollisuus ry. Verkkodokumentti. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsaukset/2016/huhtikuu-2016/rtkevaan-suhdanne-net.pdf>>. Luettu 12.8.2016.
- 14 Betonin vihreä kirja. 2011. Verkkodokumentti. Viestintätoimisto Povitasku Oy. <http://www.finnsementti.fi/files/pdf/Betoni_vihrea_kirja.pdf>. Luettu 12.8.2016.
- 15 Käyttö talonrakentamisessa. 2016. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus. <<http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/kaytto-talonrakentamisessa/>>. Luettu 22.8.2016.
- 16 Valmisosien käyttö. 2016. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus. <<http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/valmisosien-kaytto/>>. Luettu 22.8.2016.
- 17 Kiertotalous toimii. 2016. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus. <<http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/kierratys/>>. Luettu 24.8.2016.
- 18 Ylönen, Samppa. 2012. Elementtirakenteisen toimistorakennuksen mallintaminen Tekla Structures -ohjelmistolla. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu.
- 19 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 205/26.3.2009.
- 20 Tietomallinnus. 2016. Verkkodokumentti. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL). <<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>>. Luettu 11.8.2012.
- 21 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 1: Yleinen osuus. 2012. BuildingSMART Finland. Helsinki.
- 22 Mallintava suunnittelu. 2016. Verkkodokumentti. Elementtisuunnittelu.fi. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>>. Luettu 22.8.2016.
- 23 Harmanen, Mikko. 2010. Betonielementtikohteiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi. Betoni-lehti, 1/2010, s. 50-53.
- 24 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 5: Rakennesuunnittelu. 2012. BuildingSMART Finland. Helsinki.
- 25 Edistyksellisiä ohjelmistoja rakennusalalle. 2016. Verkkodokumentti. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti>>. Luettu 3.8.2016.
- 26 Together we are shaping a smarter future for construction. 2016. Verkkodokumentti. Tekla. <<http://www.tekla.com/evolution/what.html>>. Luettu 3.8.2016.

- 27 BEC 2012, Elementtisuunnittelun mallinnusohje. Saatavissa <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/>>.
- 28 BEC 2012, Luettelo-ohje. Saatavissa <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/>>.
- 29 BEC 2012, Ohje tietomallipohjaiselle elementtipiirustukselle. Saatavissa <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/>>.
- 30 Tekla Structures Drawing Guide. 2015. Verkkodokumentti. Tekla. <https://teklastructures.support.tekla.com/system/files/Drawing%20Guide_210_enu.pdf>.
- 31 Akola, Juho, Rakennesuunnittelija, Pöyry Finland Oy, Skype-haastattelu, 7.9.2016.
- 32 Palolahti, T., Stagnäs, M. & Valjus, J. 2012. Betonielementtien sähköasennukset. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Haastattelu 1: Kari Lassila

AIKA: 15.06.2016, klo 9:10 - 10:40

PAIKKA: Pöyry Finland Oy, Pöyry-talo, Vantaa

HAASTATTELIJA: Samuli Hyttinen

HAASTATELTAVA: Kari Lassila, Projektipäällikkö

Teen Pöyrylle opinnäytetyötä seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostamisesta. Lähtötietojen kartuttamiseksi, teen haastattelun, jossa on tarkoitus saada käsitys seinäelementtien suunnittelun kulusta, mahdollisista ongelmista suunnittelussa ja piirustustuotannossa. Lisäksi toivon saavani kommentteja esimerkkipiirustuksiin, jotka on tehty BEC2012 projektissa. Tarkoitus on saada kokeneemman henkilön näkökulma aiheesta.

Haastateltavana toimii projektipäällikkö Kari Lassila.

Mistä seinäelementin suunnittelu lähtee; miten määräytyvät rakennetyyppi, mitat, aukotus ym.? Voiko rakennesuunnittelija vaikuttaa?

Seinäelementtien mitoitus, miten tehdään; tarkkaan vai käyrästöistä? Kantavat/eikantavat/jäykistävät seinät? Entä miten tehdään aukkojen ympärökset?


Raudoitus; käytetäänkö aina verkkoa? Ovatko ulkokuorissa teräkset aina ruostumatonta terästä?

Käytetäänkö kuorien kiinnitykseen toisiinsa ansaita vai pistokkaita: onko jommatkummat yleisempiä/suotavampia/halvempia? Miten elementtien väliset liitokset toteutetaan? Kuka ja miten elementteihin tuleva sähkövarustelu lisätään piirustuksiin?

Opinnäytetyön tavoitteena on tehostaa seinäelementtien tietomallipohjaista suunnittelua. Kokemustesi perusteella, mitkä ovat ns. ongelmakohtia seinäelementtien tekoprosessi? Onko jotain mikä sujuu mallikkaasti, ettei kannata edes puuttua?

BEC 2012 hankkeessa on tehty tietomallipohjaiset mallipiirustukset. Ne ovat elementtiteollisuuden tarkastamat ja hyväksymät. Onko hankkeessa tehdyissä seinäelementtien piirustuksissa, mielestäsi jotain huomautettavaa?

Haastateltava hyväksyy haastattelun puhtaaksi kirjoitetun version ja antaa luvan käyttää tietoja opinnäytetyön lähdeaineistona.



Kari Lassila, Projektipäällikkö

VANTAA 21.6.2016

Paikka ja aika

Haastattelu 2: Juho Akola

AIKA: 07.09.2016, klo 09:00 – 10:40

PAIKKA: Pöyry Finland Oy, Skype-haastattelu

HAASTATTELIJA: Samuli Hyttinen

HAASTATELTAVA: Juho Akola, Rakennesuunnittelija

Teen Pöyrylle opinnäytetyötä seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun tehostamisesta. Osana opinnäytetyötä teen lyhyen mallinnusohjeen Pöyry Finland Oy:lle. Tämän vuoksi teen haastattelun, jossa on tarkoitus saada tietoa käytettävistä komponenteista, jotka on todettu hyväksi ja toimiviksi sekä kartoittaa mahdollisia ongelmia, joista suunnittelijoita olisi hyvä tiedottaa mallinnusohjeen välityksellä. Tavoitteena on myös saada käsitys seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun etenemisestä. Tämän vuoksi haastattelen henkilöä, jolla on paljon kokemusta elementtien mallintamisesta Tekla Structures -ohjelmistolla.

Haastateltavana toimii rakennesuunnittelija Juho Akola. Nauhoitan haastattelun, jotta voin palata siihen uudelleen ja kirjoittaa sen puhtaaksi.

Selittäisitkö lyhyesti seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin? Mistä lähdetään ja niin edelleen?

Mikä on mielestäsi hyvä seinäelementin mallinnus järjestys?

Mitä komponentteja yleensä käytetään Sandwich-elementin mallintamiseen?

Aiheuttaako seinäkomponentin räjäyttämisen ongelmia IFC:n kannalta, sillä räjäyttämisen jälkeen seinän kuoret ovat palkkeja eikä seiniä?

Haastattelua sovittaessa, puhuit seinäelementtien numeroinnista? Onko tässä jotain mitä olisi hyvä tietää ja mitä mallinnusohjeessa tulisi painottaa?

Kumpi oikein tappikolon vai tartuntatappi komponentin lisäraudoitus? Tappikolo: 400x140x400 vai Tartuntatappi: 500x140x500 D-lenkki?

Onko jotain asioita, joita tulisi painottaa mallinnusohjetta tehdessä? Onko yleisesti ohjeita mallinnusohjeen tekoon?

Olisiko mielestäsi hyvä, jos elementtipiirustukseen tehtäisiin yhdelle sivulle oma näkymä sähkösuunnittelijalle, jossa näkyisi elementin päämitat ja valutarvikkeet? Tähän näkymään sähkösuunnittelija voisi tehdä omat suunnitelmat.

Mitkä aukkomitat isoissa leikkauksissa pitää olla oikein? Mitä tarkennetaan detaljeissa?

Onko aukkojen detaljit jossain koottuna, jotta ne voisi lisätä mallin alle ja lisätä piirustukseen tarvittaessa?

Paljon aikaa elementtisuunnitteluun kuluu ja millä siitä voisi tehdä mielestäsi tehokkaampaa. Ei vain mallinnuksen kannalta.

Eniten ongelmia aiheuttaa lähtötietojen puute ja tiukat aikataulut. Usein joudutaan aloittamaan elementtisuunnittelu, vaikka esim. reikäpiirustukset ovat vielä kierrossa. Eniten säästyy aikaa, kun mahdollisimman paljon pystyy kopioimaan elementtejä ja osia elementistä toiseen.

Haastateltava hyväksyy haastattelun puhtaaksi kirjoitetun version ja antaa luvan käyttää tietoja opinnäytetyön lähdeaineistona.



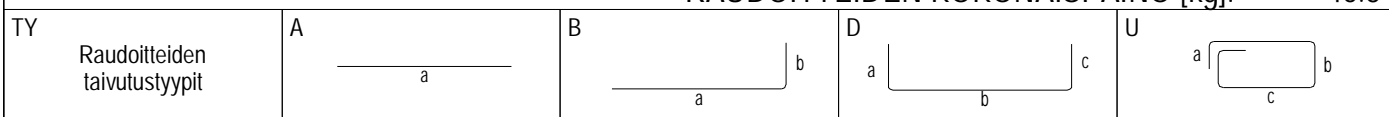
Juho Akola, Rakennesuunnittelija

TURKU 9.9.2016

Paikka ja aika

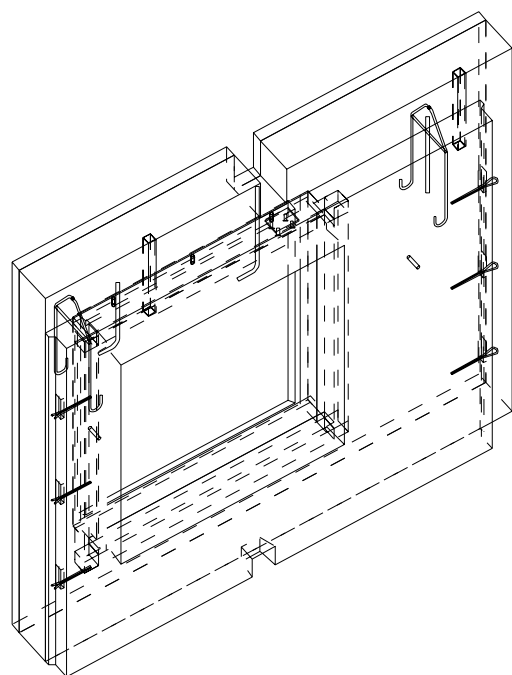
RAUDOITELUETTELO															
RAUDOITTEET			D	L	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]							KOMMENTTI	
TYY NRO	PCS	GRADE	[mm]	[mm]	[mm]	SUM [kg]	a	b	c	d	e	u	v	x	TD
D	5	2	B500B	8	1070	0.8	500	110	500						32
D	6	2	B500B	8	870	0.7	400	110	400						32
U	7	11	B500B	6	1010	2.5	100	335	110	335	110				24
U	8	12	B500B	6	970	2.6	100	313	110	313	110				24
A	16	2	B500B	12	2440	4.3	2440								
A	17	2	B500B	12	2240	4.0	2240								
A	18	2	B500B	12	2670	4.8	2678								
D	19	2	B500B	12	3550	6.3	500	2610	500						48
A	22	2	B500B	10	2440	3.0	2440								
A	23	2	B500B	10	2240	2.8	2240								
A	24	2	B500B	10	2670	3.3	2678								
D	25	2	B500B	10	3560	4.4	500	2610	500						40
D	34	2	B600KX	7	3910	2.4	515	2925	515						42
A	35	1	B600KX	7	2970	0.9	2973								
A	36	2	B600KX	7	2160	1.3	2160								
A	39	2	B600KX	7	2440	1.5	2445								
A	41	1	B600KX	7	570	0.2	570								
B	42	1	B600KX	7	1810	0.5	1348	485			90				42
B	43	1	B600KX	7	1880	0.6	1415	485			90				42

RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 46.8



Raudoitusmitat noudattavat terästen ulkopintaa

3D
1:40



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

Rasitusluokka	XC1 SK
Rasitusluokka ulkokuori	XC3,4 XF1 UK
Suunniteltu käyttöikä	100v
Suunn. käyttöikä ulkokuori	50v

TUOTETIEDOT

Betonipeitteen nimellisarvo	20mm +- 10mm
Maksimi raekoko	16mm SK 12mm UK
Toleranssiluokka	N NORMAALI
Mittatoleranssi	BETONIELEMENTTIEN TOLERANSSIT 2011
Surface treatment class	BY40 LUOKKA 2
Pintakäsittely 1	MUO-A
Pintakäsittely 2	THI-A
Viisteet 1	P=kynäpyörästys 3mm
Muotistanostolujuus	15MN/m2
Ansaat	PD300-2700 k600 + PPA300-300 k600
Eristeet	VAAKAURAT 20x50 ULKOKUORTA VASTEN
Nostolenkit	NOSTON HAARAKULMA MAX. 60 ASTETTA
Kuvaussuunta	ELEMENTTI KATSOTTU SISÄLTÄ

VALUTARVIKELUETTELO

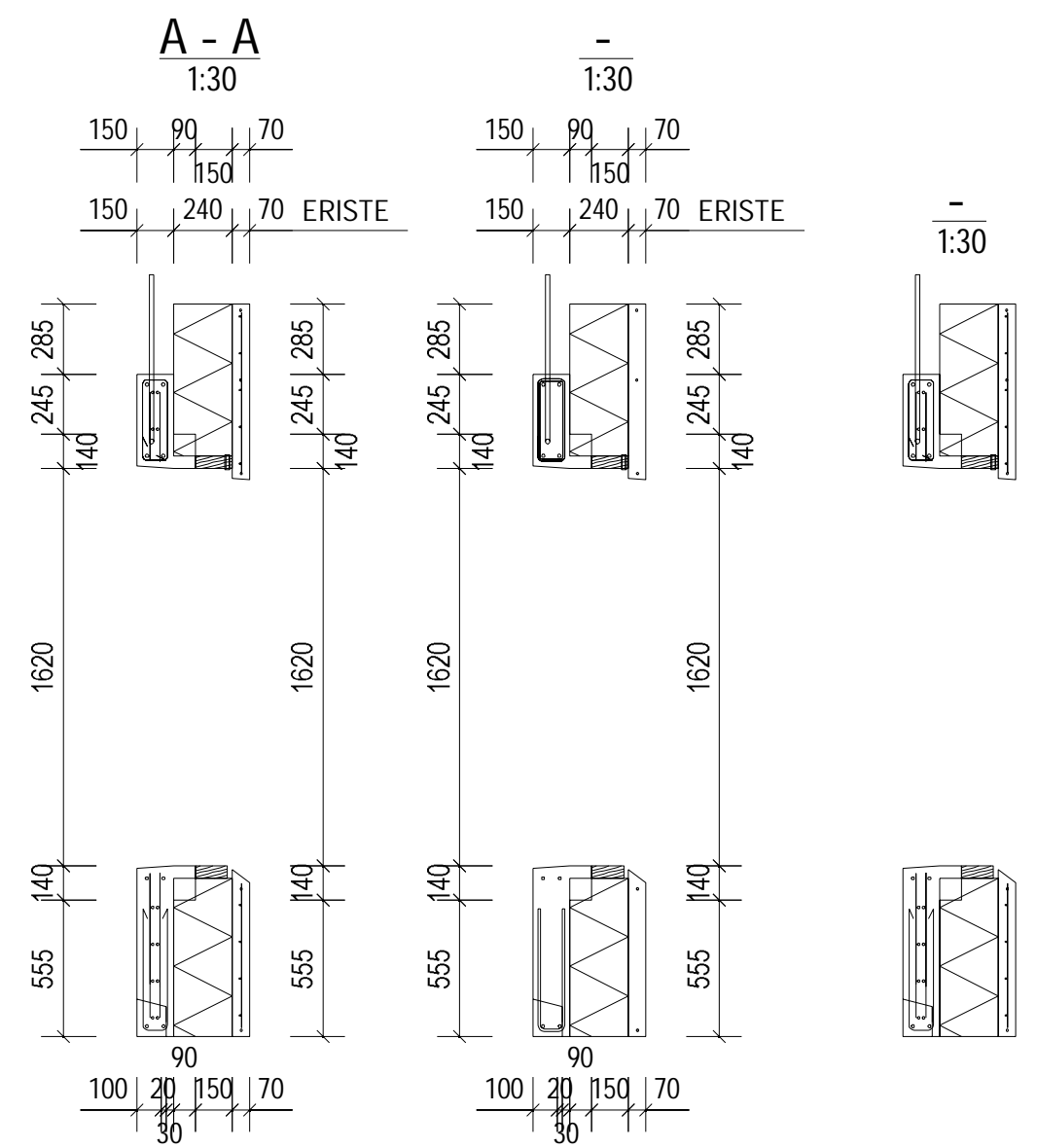
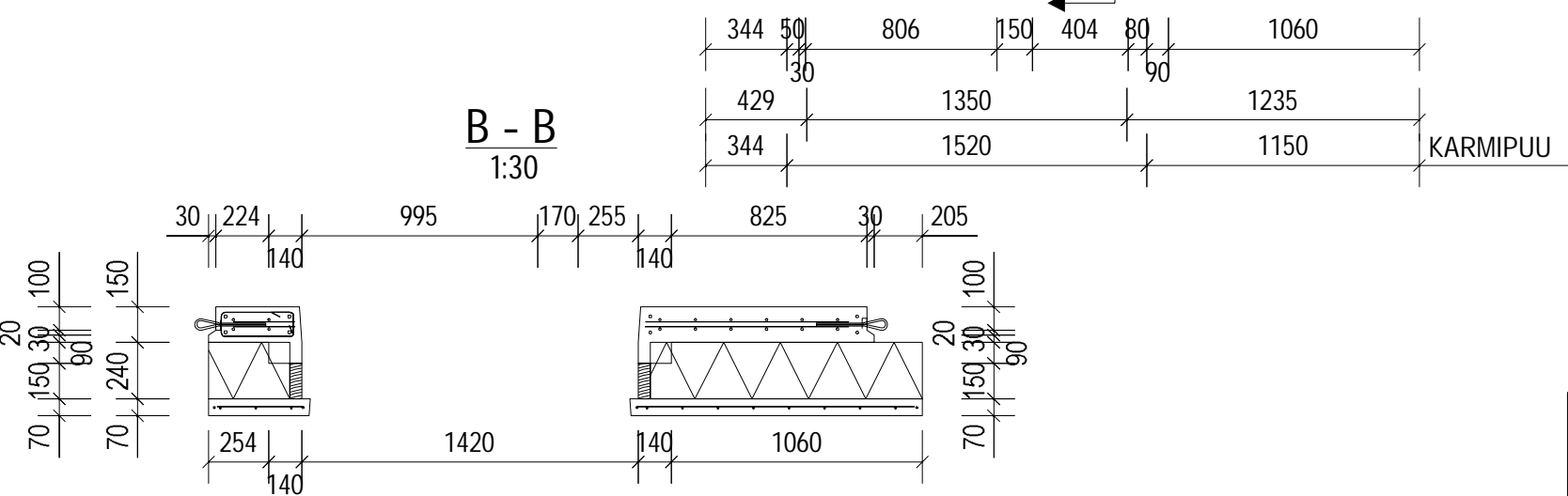
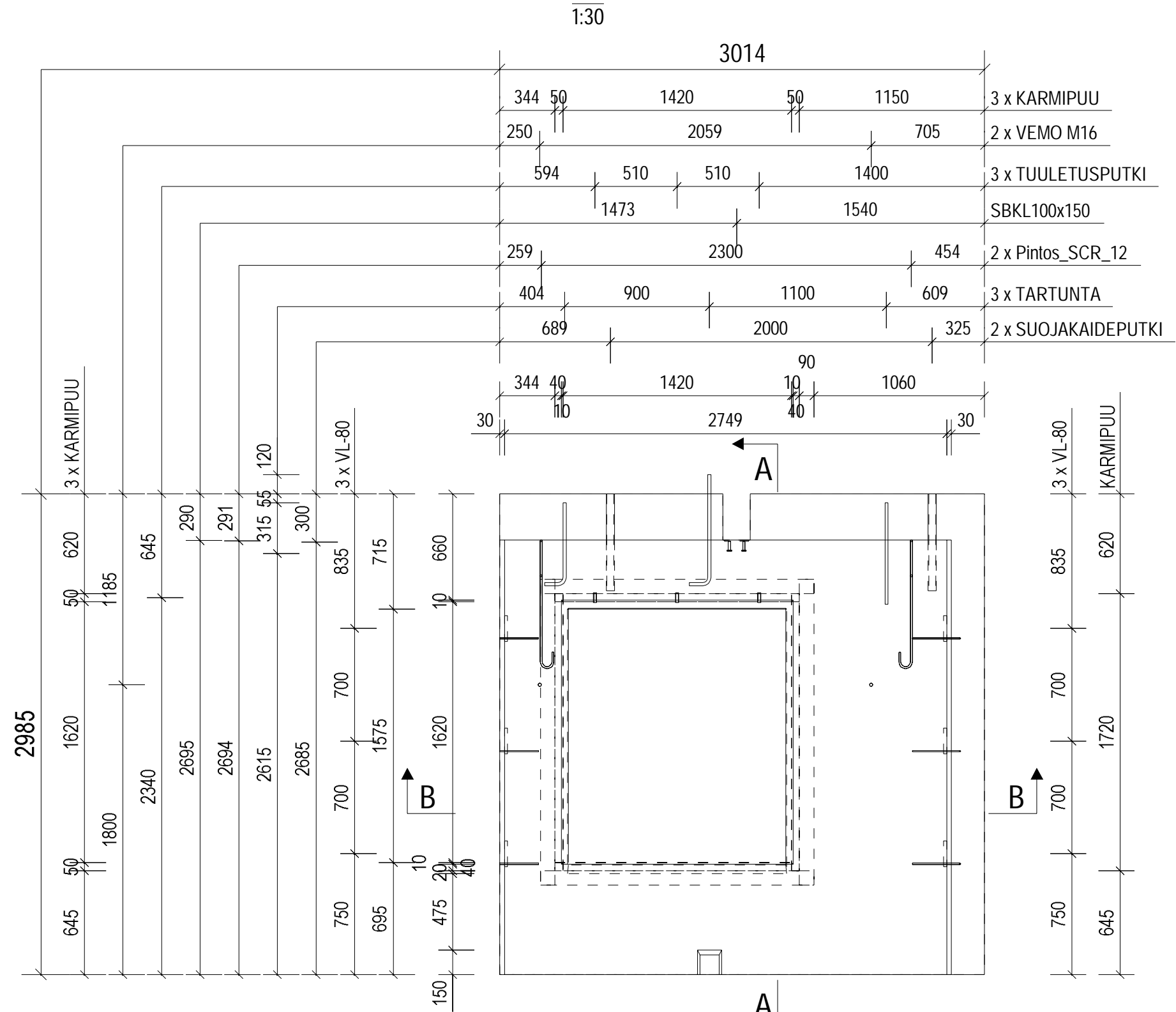
PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m2]	MÄÄRÄ	YKS
S-4	1	C30/37	6.82	1.33	m ³
ELEMENTTI PAINO:				3.50	t

MÄÄRÄ TARVIKKEET

1.52 m	KARMIPUU 50X130
1.52 m	KARMIPUU 50X150
3.44 m	KARMIPUU 50X150
2 kpl	Pintos_SCR_12
1 kpl	SBKL100x150
3 kpl	TUULETUSPUTKI MUOVI
2 kpl	VEMO M16 S235JR
6 kpl	VL-80
2 kpl	SUOJAKAIDEPUTKI S235JR L =600 P50*50*3
6.33 m ²	ERISTE PAROC_COS5ggt 240mm
1 kpl	TARTUNTA Ø16 610.0mm A500HW
1 kpl	TARTUNTA Ø16 630.0mm A500HW
1 kpl	TARTUNTA Ø16 780.0mm A500HW
45.6 kg	sk 8/150 B500K
13.2 kg	uk 5/150 B600KX
5.1 kg	B500B ø 6
1.5 kg	B500B ø 8
13.5 kg	B500B ø 10
19.4 kg	B500B ø 12
7.3 kg	B600KX ø 7

KOHDE OPINNÄYTETYÖ, LIITE 3 1203475 METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ELEMENTTIPIIRUSTUS S-4, 1. MUOKKAAMATON		MITTAKAAVAT 1:30 1:40
PIIRT. S.HYTTINEN	SUUN. S.HYTTINEN	TARK.	HYV.	
TYONUMERO 1203475		ALANUMERO	PIIR. NRO. S-4	
S.SALA RAK	SVU 1 / 3	PVM 12.08.2016	MUUTOS	

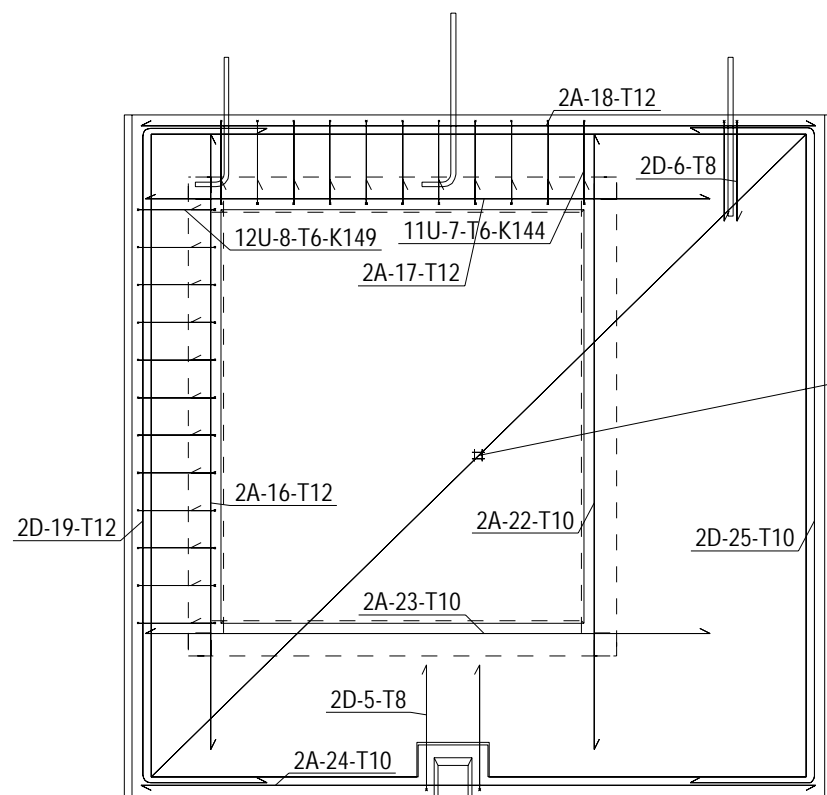
PÖYRY



KOHDE OPINNÄYTETYÖ 1203475 METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU S-4	LIITE 3	TYÖNUMERO 1203475	ALANUMERO	PIIR. NRO S-4
		SALA RAK	SVU 2 / 3	PVM. 12.08.2016
				MUUTOS

SISÄKUOREN RAUDOITUS

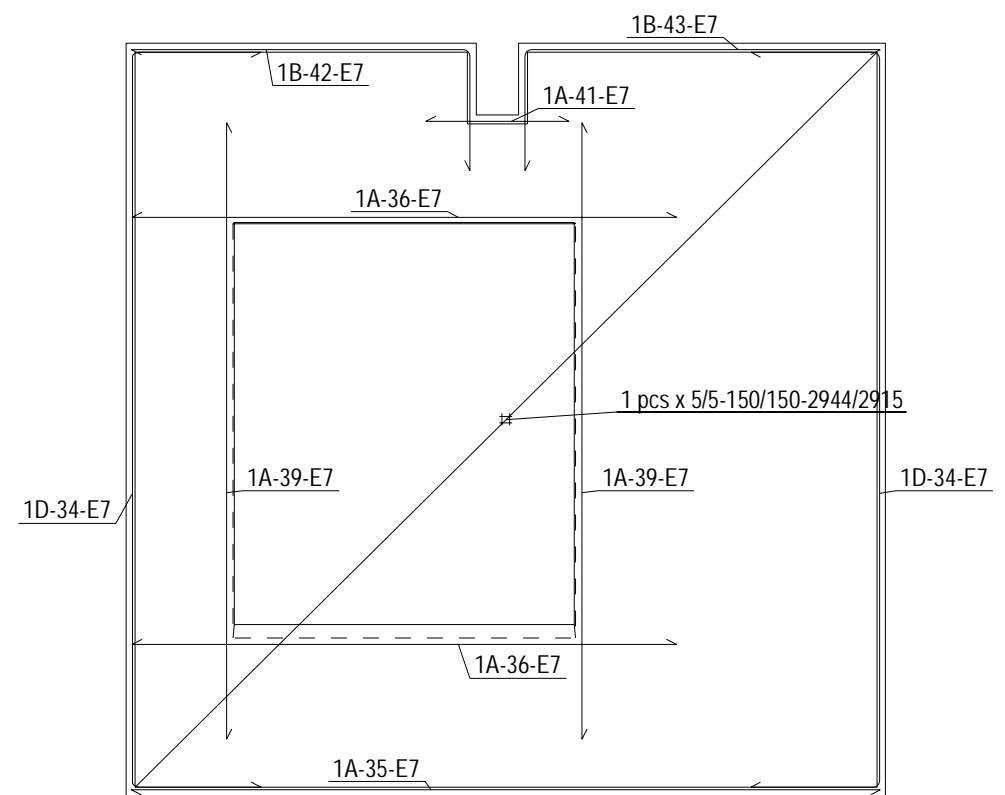
1:30



1 pcs x 8/8-150/150-2700/2550 & 1 pcs x 8/8-150/150-2700/2550

ULKOKUOREN RAUDOITUS

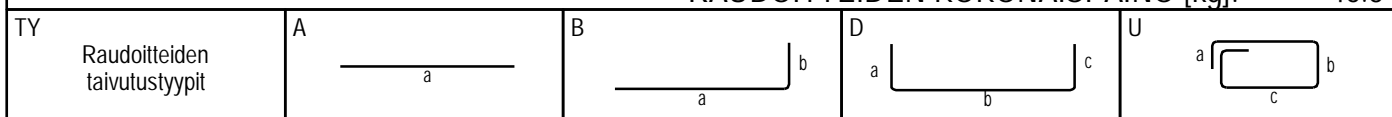
1:30



1 pcs x 5/5-150/150-2944/2915

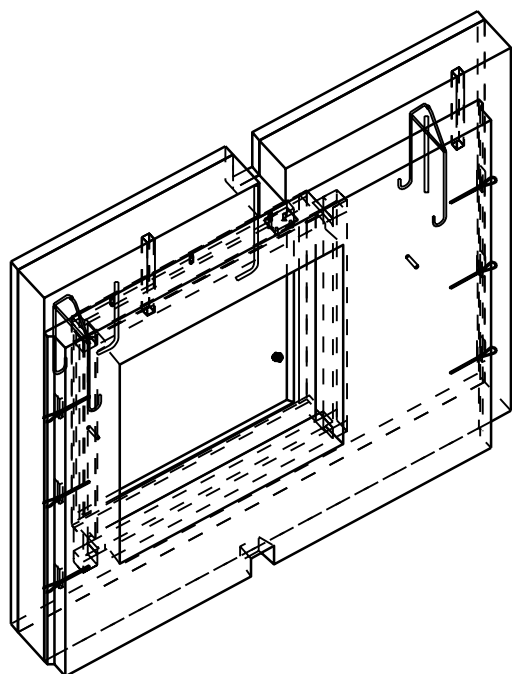
RAUDOITELUETTELO															
RAUDOITTEET	D	L	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]										KOMMENTTI
TY NRO LKM LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c	d	e	u	v	x	TD		
D 5 2 B500B	8	1070		0.8	500	110	500							32	
D 6 2 B500B	8	870		0.7	400	110	400							32	
U 7 11 B500B	6	1010		2.5	100	335	110	335	110					24	
U 8 12 B500B	6	970		2.6	100	313	110	313	110					24	
A 16 2 B500B	12	2440		4.3	2440										
A 17 2 B500B	12	2240		4.0	2240										
A 18 2 B500B	12	2670		4.8	2678										
D 19 2 B500B	12	3550		6.3	500	2610	500							48	
A 22 2 B500B	10	2440		3.0	2440										
A 23 2 B500B	10	2240		2.8	2240										
A 24 2 B500B	10	2670		3.3	2678										
D 25 2 B500B	10	3560		4.4	500	2610	500							40	
D 34 2 B600KX	7	3910		2.4	515	2925	515							42	
A 35 1 B600KX	7	2970		0.9	2973										
A 36 2 B600KX	7	2160		1.3	2160										
A 39 2 B600KX	7	2440		1.5	2445										
A 41 1 B600KX	7	570		0.2	570										
B 42 1 B600KX	7	1810		0.5	1348	485				90				42	
B 43 1 B600KX	7	1880		0.6	1415	485				90				42	

RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 46.8



Raudoitusmitat noudattavat terästen ulkopintaa

3D
1:40



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

Rasitusluokka	XC1	, Sisäkuori
Rasitusluokka ulkokuori	XC3,4 - XF1	, Ulkokuori
Suunniteltu käyttöikä	100 vuotta	, Sisäkuori
Suunn. käyttöikä ulkokuori	50 vuotta	, Ulkokuori

TUOTETIEDOT

Betonilaadut	Sisäkuori: C30/37	Ulkokuori: C30/37
Betonipeitteen nimellisarvo	20mm ± 10mm	, Sisäkuori
Betonipeitteen nimellisarvo	35mm ± 10mm	, Ulkokuori
Maksimi raekoko	Sisäkuori: 16mm	Ulkokuori: 12mm
Toleranssiluokka	Luokka N	
Mittatoleranssi	Betonielementtien toleranssit 2011	
Pintakäsittelyluokka	BY40 Luokka 2	
Pintakäsittely 1	MUO-A	, Sisäkuori
Pintakäsittely 2	THI-A	, Ulkokuori
Viisteet 1	P= kynäpyöritys r=3mm	
Muotistanostolujuus	15 MN/m ²	
Kuljetus- ja Asennuslujuus	21 MN/m ²	
Nostolenkit	Noston haarakulma max. 60 astetta.	
Jatkospituus	T8(E7,E6)=250mm, T10(E9)=400mm, T12=500mm, T16=750mm, T20=1000mm	
Verkköjen limitys	Yksi silmäväli, verkot voidaan tarvittaessa korvata irtotangoilla.	
Betoniterästen laatu	T= B500B	E= B600KX
Kuvaussuunta	Elementti katsottu sisältä.	
Huom !	Elementtiä saa nostaa ja kääntää vain nostolenkkien kohdalta ja kuljettaa syrjällään sisäkuoren varassa.	

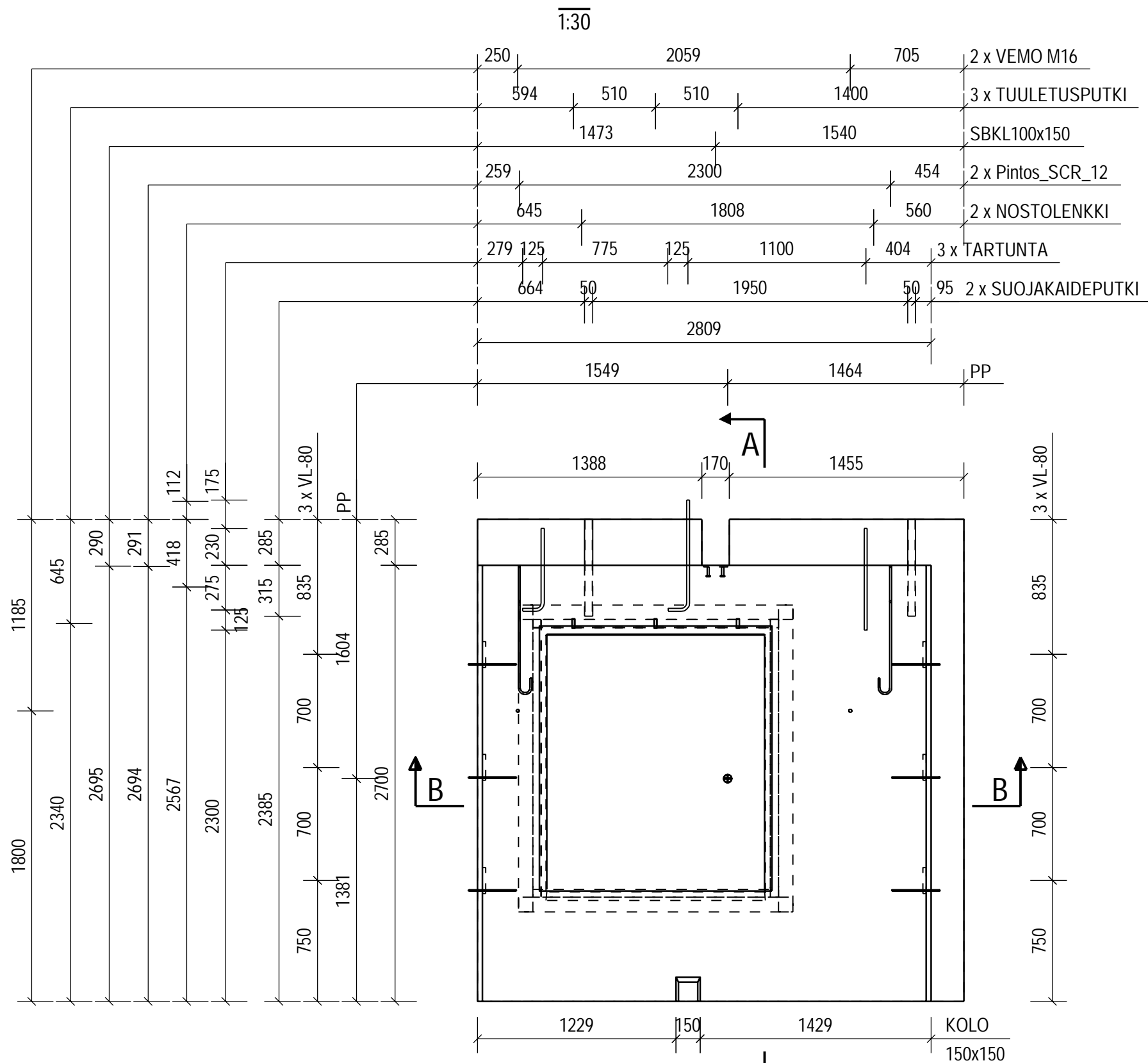
VALUTARVIKELUETTELO

PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m ²]	MÄÄRÄ	YKS
S-4, SISÄKUORI	1	C30/37	6.82	1.33	m ³
ELEMENTTI PAINO:				3.50	t

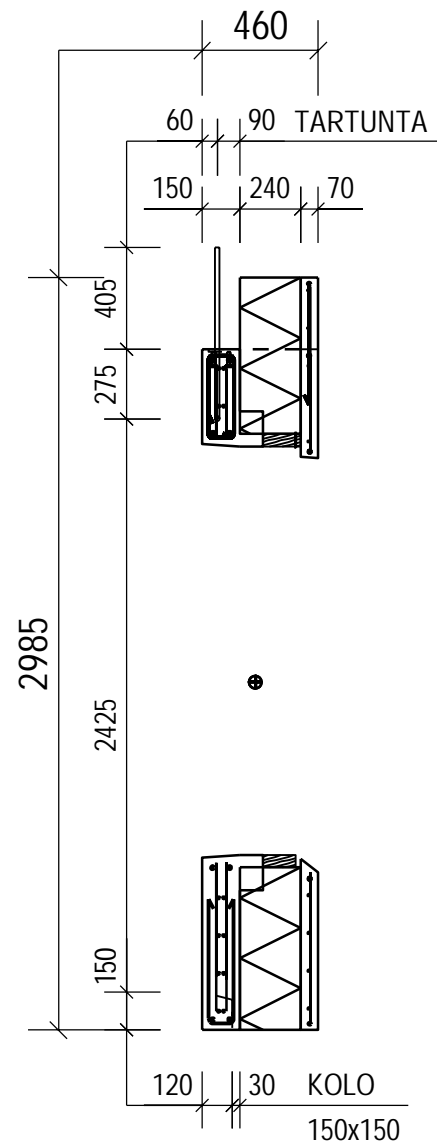
MÄÄRÄ	TARVIKKEET
1.52 m	KARMIPUU 50X130 KESTOPUU
1.52 m	KARMIPUU 50X150 KESTOPUU
1.72 m	KARMIPUU 50X150 KESTOPUU
2 kpl	Pintos_SCR_12
1 kpl	SBKL100x150
3 kpl	TUULETUSPUTKI MUOVI
2 kpl	VEMO M16 S235JR
6 kpl	VL-80
2 kpl	SUOJAKAIDEPUTKI S235JR L =600 P50*50*3
1.72 m	KARMIPUU 50X150 KESTOPUU
6.33 m ²	ERISTE PAROC_COS5ggt 240mm
1 kpl	TARTUNTA Ø16 610.0mm B500B
1 kpl	TARTUNTA Ø16 630.0mm B500B
1 kpl	TARTUNTA Ø16 780.0mm B500B
45.6 kg	sk 8/8-150/150-2700/2550 B500K
13.2 kg	uk 5/5-150/150-2944/2915 B600KX
5.1 kg	B500B ø 6
1.5 kg	B500B ø 8
13.5 kg	B500B ø 10
19.4 kg	B500B ø 12
7.3 kg	B600KX ø 7

KOHDE OPINNÄYTETYÖ, LIITE 4 1203475 METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ELEMENTTIPIIRUSTUS S-4, 3. SÄHKÖ		MITTAKAAVAT 1:30 1:40
PIIRT. S.HYTTINEN	SUUN. S.HYTTINEN	TARK.	HYV.	
TYONUMERO 1203475		ALANUMERO	PIIR. NRO. S-4	
S.ALA RAK	SVU 1 / 4	PVM 04.10.2016	MUUTOS	

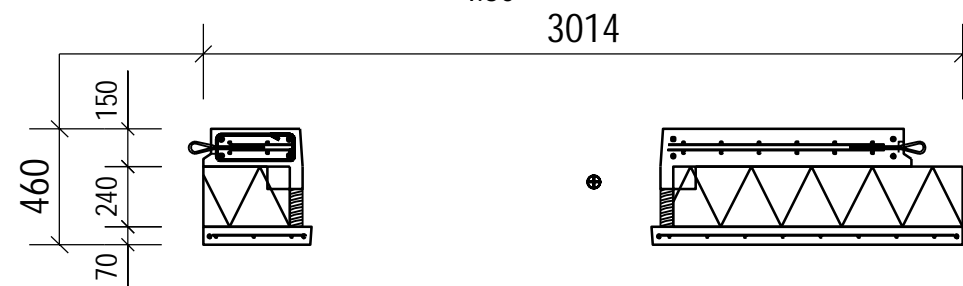




A - A
1:30



B - B
1:30



KOHDE
OPINNÄYTETYÖ
1203475
METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU
S-4

LIITE 4

TYÖNUMERO
1203475
SALA
RAK

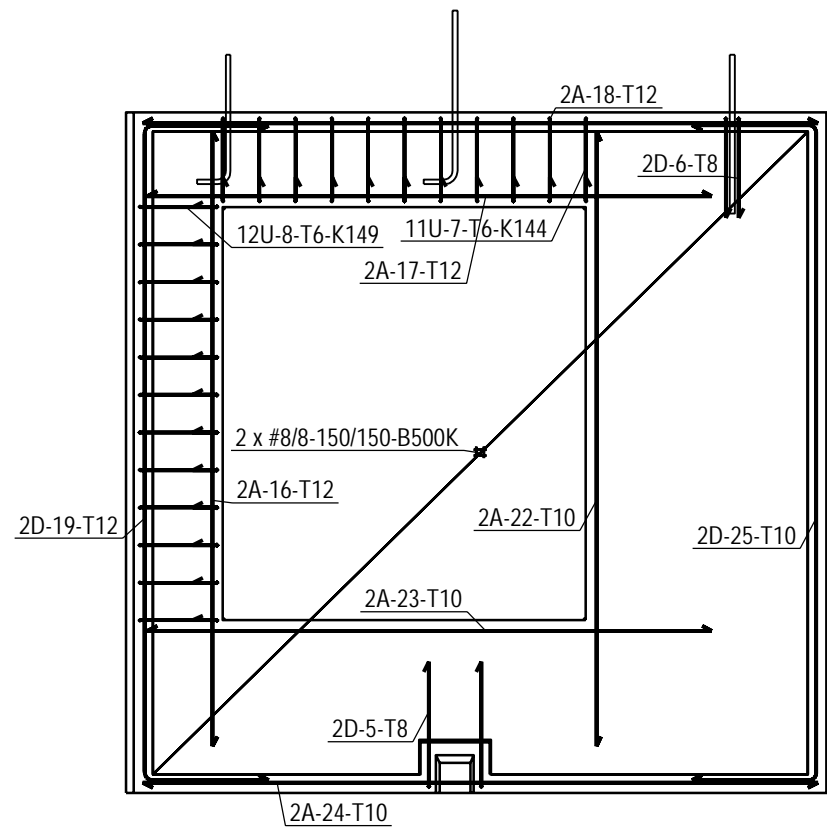
ALANUMERO
SVU
2 / 4

PIIR. NRO
S-4
PVM.
04.10.2016

MUUTOS

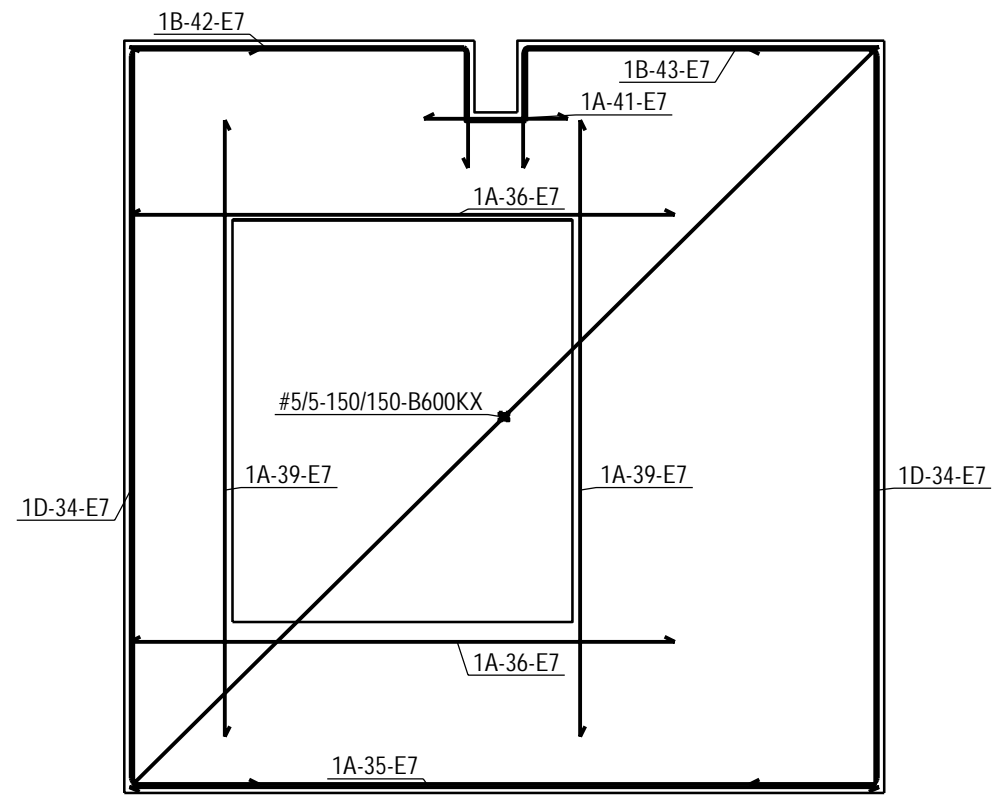
SISÄKUOREN RAUDOITUS

1:30



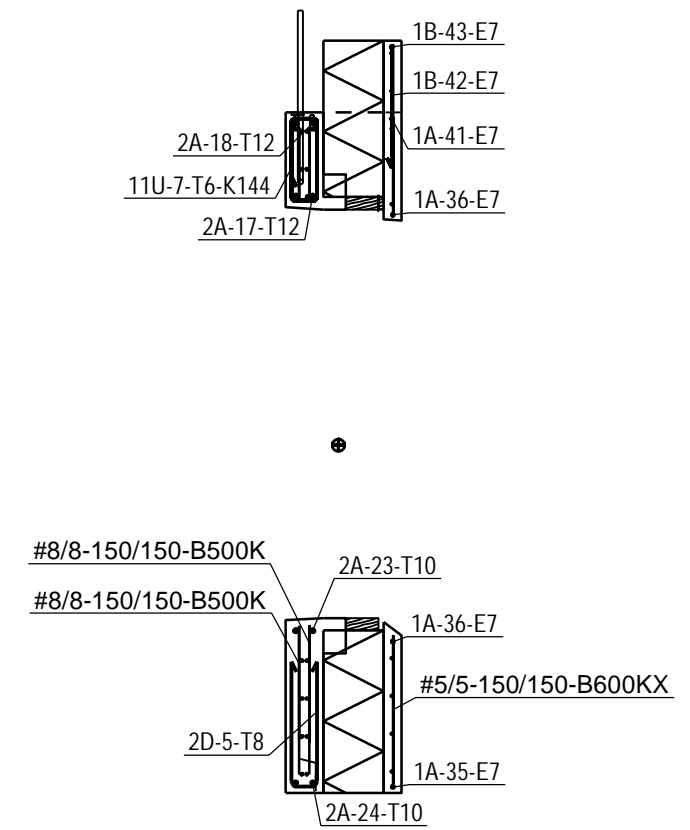
ULKOKUOREN RAUDOITUS

1:30

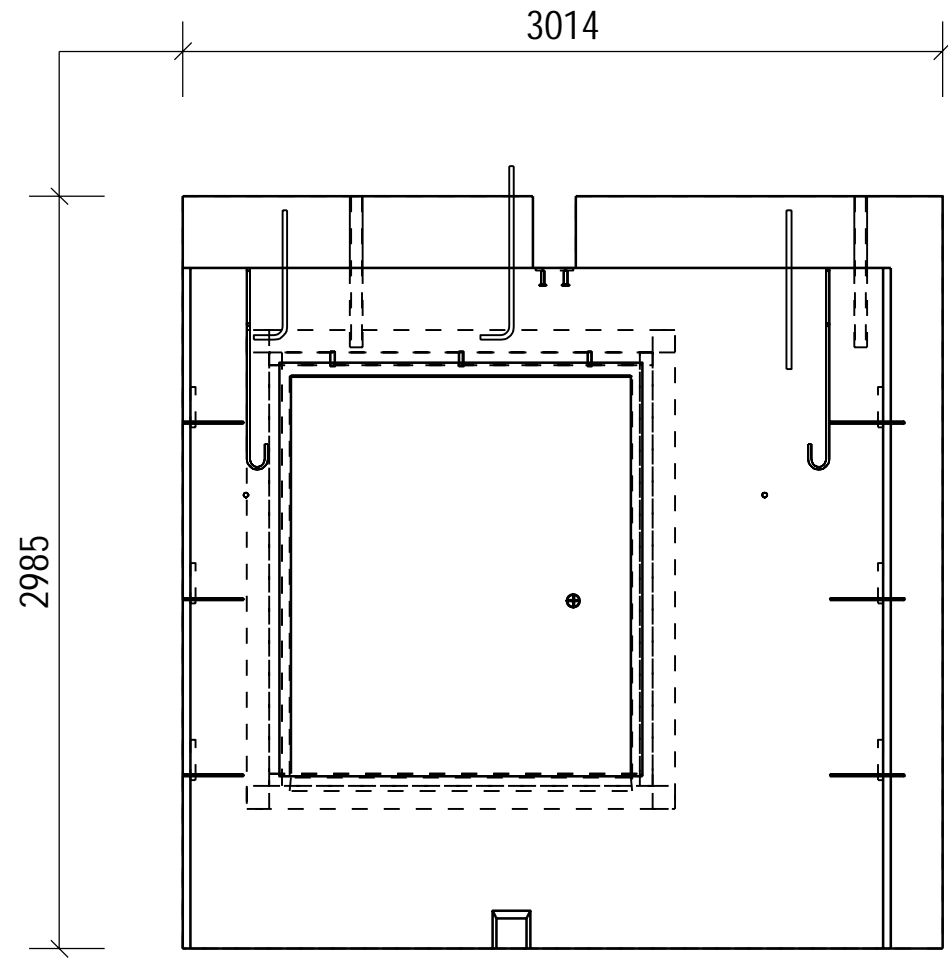


A - A

1:30



SÄHKÖ
1:30



KOHDE OPINNÄYTETYÖ 1203475 METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU S-4	LIITE 4	TYÖNUMERO 1203475	ALANUMERO	PIIR. NRO S-4	
		S.SALA RAK	SVU 4 / 4	PVM. 04.10.2016	MUUTOS