

Lauri Kuronen

TYYPPIKIRJASTON LUONTI BETONIELEMENTEISTÄ TEKLA
STRUCTURES -OHJELMALLA

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2019

TYYPPIELEMENTTIKIRJASTON LUONTI BETONIELEMENTEISTÄ TEKLA STRUCTURES -OHJELMALLA

Kuronen, Lauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2019
Sivumäärä: 32
Liitteitä: 1

Asiasanat: Tekla Structures, Tietomalli, tyyppiirustus, tyyppielementti

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Sweco Rakennetekniikka Oy:n Rauman ja Turun toimistot yhteistyössä. Tarkoitus oli luoda mallintavaa elementtisuunnittelua nopeutettava menetelmä, jota voidaan käyttää ja parannella tulevaisuudessa. Tavoitteena oli luoda Tekla Structures -ohjelmistolla tyyppielementtimalli ja niille tyyppiirustukset. Mallin avuksi laadittiin Excel- taulukko, josta saa selville elementtien perustietoja.

Kehitystyön kohteena oli hyödyntää Tekla Structures -ohjelmistoa ja sen phase number -ominaisuutta ohjelmiston muiden toimintojen lisäksi. Sen avulla on mahdollista kopioida kokonainen betonielementti mallista toiseen. Ominaisuutta tutkittiin ja päästiin hyödyntämään sillä tarkkuudella, että kopiointi tulisi olemaan mahdollisimman ongelmaton. Tekla Structures -ohjelmiston käytöstä ja tietomallintamisesta on vähän tietoa yleisesti saatavilla, joten suurin osa käytetystä kirjallisuudesta oli yrityksen sisäisiä sähköisiä ohjeita.

Työn tarkastelukohtana oli, että miten hyvin elementin kopiointi onnistuu toiseen malliin eli jääkö jotkin osat kopioimatta. Piirustuksien kloonaamisesta yrityksessä on hyviä kokemuksia. Joiden avulla elementin tyyppiirustus saatiin säilymään lähes ehjänä kloonaamisen aikana.

Excel- taulukossa välilehdille sijoitettiin elementtien päätyypit niin että sandwich-elementit omalle välilehdelle ja parveke-elementit omalleen. Taulukon avulla pystyttiin luetteloimaan kaikki mallissa olevat elementit ja niiden perustiedot, sijainti mallissa, phase number ja alustavat tunnuksot.

Työn aikana todettiin, että tyyppielementtimallia ja taulukkoa pitää jatkossa päivittää ja kasvattaa elementtimääriä, jotta työn hyöty kasvaa entisestään. Lähes samanlaisia elementtejä ei kannata lisätä, koska pieniä muokkauksia on ohjelmistolla helppo tehdä. Yrityksen ottaessa tämän menetelmän käyttöön elementtisuunnittelu tehostuu huomattavasti.

CREATING A TYPE ELEMENT LIBRARY FROM CONCRETE ELEMENTS WITH TEKLA STRUCTURES

Kuronen, Lauri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Bachelor's Degree Programme in Construction and Civil Engineering

June 2019

Number of pages: 32

Appendices: 1

Keywords: Tekla Structures, BIM (Building Information Model), type drawing, type element,

This thesis was ordered by Rauma and Turku offices of Sweco Rakennetekniikka Oy. The main thing was to create a method which would enhance modeling in element design and which can be used and improved in the future. The goal was to create a type element model with Tekla Structures software and type drawings about them. An excel spreadsheet was also created to help to find out the basic information about the elements.

The goal of the development was to utilize the Tekla Structures software and its phase number feature in addition of other software features. It makes it possible to copy an entire concrete element from one model to another. The feature was studied and utilized with the precision that copying would be as problematic as possible. There is small amount of information available in public about modeling and for using Tekla Structures. That's why the main sources of information were company's internal guides, which are made for employees.

As one target of the thesis was to inspect how well elements remained intact after copying to another model, ie will some parts be not copied. There are good experiences in cloning the drawings with Tekla Structures in the company and with the help of that experience, almost all type drawings of the elements were remained intact during cloning.

In the Excel table, elements were classified to the tabs by main types so that the sandwich elements on their own tab and the balcony elements on their own. The table was used to list all elements in the model and their basic data, location in the model, phase number, and initial identifiers.

During the thesis, it was found that the type element model and table should be updated and the count of elements to be increased in the future, in order to increase the benefit of the work. It is not advisable to import almost identical elements, because the small edits are easy to do with the software. By adopting this method, element design will be greatly enhanced in the company.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
2	LÄHTÖKOHDAT	6
2.1	Tarve.....	6
2.2	Elementtisuunnittelun historia	7
2.3	Tietomallisuunnittelu rakennesuunnittelussa.....	12
2.3.1	Tuotemallintaminen	12
2.3.2	Vaatimukset ja esteet.....	14
2.3.3	Muutokset suunnitteluun	14
2.3.4	Rakennesuunnittelijan mallinnusvaiheet.....	15
3	TEKLA STRUCTURES -OHJELMISTO.....	18
3.1	Ohjelmistosta lyhyesti	18
3.2	Rakennesuunnittelijalle	19
3.3	Phase number -ominaisuus	19
4	TYÖN SISÄLTÖ	20
4.1	Vaatimukset ja työn rajaus.....	20
4.2	Tyypielementtimallin perustaminen.....	21
4.3	Elementtien sijoittelu.....	21
4.4	Phase numberin käyttö	22
4.5	Piirustus	24
4.6	Elementin valmistustiedot	25
4.7	Excel-taulukointi.....	27
4.8	Kopioiminen	28
5	YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehostaa mallintavaa elementtisuunnittelua rakennusprojektin alkuvaiheessa, jolloin luodaan ensimmäisiä elementtipiirustuksia

urakkalaskentaa varten. Näitä ensimmäisiä piirustuksia kutsutaan tyyppi-piirustuksiksi, koska niissä ei esitetä elementin päämittoja, vaan kaikki valmistamiseen tarvittavat tarvikkeet ja raudoitteet määrineen. Työssä keskitytään myös tyyppikirjaston hyödyntämiseen uusissa suunnitteluprojekteissa.

Tilaaaja työssä toimii Sweco Rakennetekniikka Oy, joka kuuluu Sweco Finland alakonserniin, joka on osa kansainvälistä Sweco -konsernia. Tänä vuonna jo 130 vuotta täyttävä Sweco pyrkii luomaan tulevaisuuden rakennettua ympäristöä ja teollisuutta Euroopan johtavana suunnittelun ja konsultoinnin yrityksenä. Yritys työllistää kansainvälisesti noin 15 000 asiantuntijaa, joista Suomessa työskentelee noin 2000 henkilöä. (Sweco Oy:n vwww-sivut 2019).

Opinnäytetyön aihe kehitettiin yhdessä Sweco Rakennetekniikka Oy:n Rauman toimiston suunnittelijoiden kanssa. Aiheesta kyseltiin mielipiteitä ja ehdotuksia myös saman yhtiön Turun toimistolta, sillä aiheen tuotoksen on tarkoitus tulla molempien toimistojen käyttöön. Palaveri pidettiin Raumalla keväällä 2018, johon osallistui Rauman toimiston osastopäällikkö Juha Junttila sekä suunnittelijoita. Palaverissa todettiin muun muassa yhtiön tarvitsevan tämän työn kaltaisia tehostavia toimenpiteitä niillä mallintavan rakennesuunnittelun osa-alueilla, jossa samat asiat toistuvat suunnittelu-projektista toiseen.

Tavoitteena on luoda Tekla Structures -ohjelmalla tietomalli erilaisista betonielementtityypeistä, jota pystytään hyödyntämään uuden projektin alkuvaiheessa säästäten aikaa ja suunnitteluresursseja. Tietomallin tueksi tavoitteena on luoda mallinnetuista tyyppielementeistä Microsoft Excel -ohjelmalla taulukko, jonka avulla suunnittelija löytää virtuaalimallista etsimänsä elementin. Jokaisesta tyyppielementistä luodaan kloonattava piirustus päivitettyillä tiedoilla, jota voidaan käyttää myös jatkossa varsinaisessa projektissa. Tarkoituksena on myös tulevaisuudessa kasvattaa tätä tyyppikirjastoa ja taulukkoa uusilla tyyppielementeillä, jolloin mallin hyöty edelleen kasvaa.

2 LÄHTÖKOHDAT

2.1 Tarve

Sweco Rakennetekniikassa Tekla Structures -tietomalliohjelmiston kokonaisvaltainen käyttö on merkittävässä roolissa rakennesuunnitteluprojekteissa. Elementtisuunnitelmien tuottaminen TS:n (Tekla Structures) avulla on yksi yrityksen keskeisimmistä suunnittelun osa-alueista. Yrityksessä monet suunnittelijat käyttävät Tekla Structures -ohjelmistoa koko projektin läpiviennin ajan, jolloin mallista saadaan suurin hyöty. Samassa mallissa voi työskennellä myös useampi suunnittelija.

Tavanomaisessa suunnitteluprosessissa uuden projektin alkuvaiheessa tuotetaan tyyppielementtipiirustukset elementtitoimittajalle urakkalaskentaa varten. Yrityksessä on toteutettu pää rakenne- ja elementtisuunnittelu TS:n avulla jo useissa projekteissa, jolloin useita projektikohtaisia tyyppielementtisuunnitelmia on jo olemassa. Isossa projektissa rakennus voi sisältää monenlaisia elementtejä ja yleensä se aiheuttaa aina uuden tyyppipiirustuksen laatimista, jolloin tyyppipiirustuksia voi kertyä hyvin paljon. Elementin tuottaminen tietomalliin ja uuden piirustuksen laatiminen, niin sanotusti tyhjästä, vaatii suhteessa koko elementtisuunnitteluun paljon aikaa ja resursseja. Sen vuoksi nykyään yritetään päästä mahdollisimman pienellä tyyppielementtien määrällä suunnittelussa eteenpäin, joka ei välttämättä aina ole edullisin vaihtoehto urakoitsijan tai tilaajan kannalta.

Mallintaminen lähtee jokaisessa uudessa projektissa käytännössä tyhjästä mallista, jonne jokainen elementti mallinnetaan manuaalisesti. Valmistuneista projekteista on kuitenkin saatavilla mallinnettuja elementtejä sekä mallinnusohjelmalla tuotettuja piirustuksia ja piirustusasetuksia hyötykäyttöön. Näitä jo kertaalleen mallinnettuja elementtejä ja niiden piirustuksia olisi resursseja ajatellen tehokasta hyödyntää tyyppielementtisuunnitelmissa uuden projektin urakkasuunnitelmia laadittaessa. Sopivan tyyppielementin etsiminen edellisistä projekteista veisi paljon aikaa, jonka vuoksi tarvitaan erillinen malli, jonne kootaan erilaisia tyyppielementtejä varusteluineen ja piirustuksineen. Tyyppielementtimalli on eräänlainen kirjasto, josta löytää erillisen taulukon

avulla haluamansa elementin, jonka voi kopioida varusteluineen aloitettavaan projektiin.

2.2 Elementtisuunnittelun historia

Elementtitekniikan perusajatus oli, että alettiin tekemään ”tehdasvalmisteisia” rakennusosia, jotka voidaan vain asentaa tai pystyttää työmaalla. Suomessa oli 1940-luvun puolivälissä tavoitteena lievittää sotien aiheuttamaa asuntopulaa rakentamalla paljon, nopeasti ja halvalla, jonka elementtitekniikka mahdollisti. Teollinen ja nopea rakennustoiminta edellytti kuitenkin standardisointia ja rakennusosien sarjavalmistusta. Sarjavalmistus erillisessä tuotantolaitoksessa ei sinänsä ollut uusi asia, sillä tehtaissa oli jo valmistettu tiiliä varsin pitkään. (Hytönen & Seppänen 2009)

Elementtitekniikka asuntorakentamisessa sai 1950-luvun alussa vauhtia sellaisesta perusoivalluksesta, jossa asuinrakennuksen ulkoseinä ja runko erotettiin toisistaan. Aikaisemmin ulkoseinä koostui kantavasta tiilimuurista, betonista tai niiden yhdistelmästä. Ajatus loi mahdollisuuden suunnitteluun, jossa runko oli kantava rakenne ja ulkoseinät voitiin suunnitella arkkitehtonisesti näyttävämmiksi. Mitä suurempi osa rakennuksesta tehtiin elementeillä, sitä tärkeämpää oli huolellinen suunnittelu sekä yhteistyö elementtien valmistajan ja työmaajohdon välillä. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 47)



Kuva 1. Sandwich-julkisivujen asennustyötä Helsingin Pihjalamässä. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 47)

Elementtien suunnittelussa teknillisistä ratkaisuista vastasivat insinööritoimistot, mutta usein ne suunnittelivat betonielementtirakenteita yhdessä elementtitehtaiden kanssa. Useimmiten tekniset ratkaisut rakennuskohteeseen löytyivät juuri tällä yhteistyöllä. 1950- luvun lopulla suunnittelutoimistoissa tapahtui sukupolven vaihdos, joka joudutti elementtitekniikan yleistymistä. Elementtirakentamiseen merkittäviä suunnittelutoimistoja syntyi samoihin aikoihin ja joillekin muodostui kiinteä yhteistyösuhde arkkitehtien kanssa.

Elementtirakenteet olivat vaativampia tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna, sillä normit käytännössä rajasivat, kuka elementtirakenteita sai suunnitella.

Suunnittelijalla tuli olla A-betoni- ja jännebetonioikeudet, koska vaativat elementtirakenteet edellyttivät esijännitystekniikan ja korkealujuusbetonien käyttöä. Elementtitekniikan opetusta ei juurikaan oppilaitoksissa saanut, jonka vuoksi valmistuneet rakennusinsinöörit menivät töihin suunnittelutoimistoihin ja perehtyivät elementtitekniikkaan työn kautta. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 64-65)

Elementtiteollisuudessa otettiin käyttöön ensimmäinen yhtenäinen mittajärjestelmä vuonna 1967. Sitä ennen lähinnä rakennusliikkeiden omistamilla tehtailla oli omat mittajärjestelmät ja nekin vaihtelivat yrityksittäin. Kaupalliset tehtaot sen sijaan valmistivat kulloinkin tarvittavia elementtejä asiakkaiden käyttämien suunnittelutoimistojen suunnitelmien mukaisesti, koska heillä ei ennen ollut käytössä omaa mittajärjestelmää. Koska vakioituja mittoja ei ollut, nousivat valmistuskustannukset jatkuvasti vaihdettavien muottien ja erilaisten aukko- ja kiinnitysdetaljien vuoksi. Käyttöön otettu moduulijärjestelmä teki rakennuksen osien sarjavalmistamisen ja yhteensovittamisen helpommaksi. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 91-92)

Suomessa alettiin kehittää BES:n (=Betonielementtisysteemi) mukaista avointa elementtijärjestelmää 1960-luvun lopulla, joka perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin ja pitkäläältä välipohjaan. Se tuli vaiheittain markkinoille vuoden 1970 alussa ilmestyneen BES-loppuraportin ilmestymisen jälkeen. BES:n laaja käyttöönotto vaati runsaasti taloudellista ja teknistä tietämystä, joka 1970-luvun mittaan kasvatti VTT:n (Valtion teknillinen tutkimuslaitos) merkitystä. Vuonna 1981 aloitettiin Runko-BES-tutkimus, joka koski teollisuus- ja toimitilarakentamista ja perustui pilari-palkki runkoon. Tutkimus valmistui 1983 ajoittuen hyvään vaiheeseen sillä rakentamisen nousukausi oli aluillaan, joka säväytti 1980-luvun loppupuolta. (Hytönen & Seppänen 2009)



Kuva 2. Ontelolaatan asennus tyypilliseen BES- kerrostaloon. (Elementtisuunnittelu.fi)

VTT teki lukuisissa tutkimus- ja kehitysprojekteissa yhteistyötä suunnittelutoimistojen, rakennusliikkeiden ja tehtaiden kanssa. Projekteissa ratkottiin suunnittelu-, mitoitus-, valmistus- ja asennusteknisiä ongelmia yhdistämällä teoreettinen ja kokeellinen tietous käytännön osaamisen kanssa. 1970- luvun mittaan elementtiteollisuus, suunnittelijat ja tutkijat kehittivät uusia mitoitusmenetelmiä näillä teoreettisilla ja kokeellisilla tutkimuksilla. (Hytönen & Seppänen 2009)

Tietotekniikkaa hyödynnettiin rakennusalalla jo melko varhaisessa vaiheessa. Ensimmäisenä se otettiin avuksi suunnittelussa mitoituslaskennassa. Tuotteiden suunnittelusta vastasi pääasiassa tilaajataho eikä valmistaja, joka hidasti tietotekniikan kokonaisvaltaista hyödyntämistä betonirakentamisessa. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 161)

Betoniteknologia ja eritoten betonielementit olivat 1960-luvun alkupuolella voimakkaassa kehitysvaiheessa. Oli ennustettavissa, että tultaisiin käyttämään entistä monimutkaisempia rakenteita ja että suunnittelu tulisi työläämmäksi monimutkaisempien laskutoimitusten myötä. Lisäksi suunnittelutöistä tulisi suoriutua entistä nopeammin. 1960-luvun alkupuolella moni insinööritoimisto käytti apuna lujuus- ja rakennesuunnittelulaskennoissa Suomen Kaapelitehtaan laskentakeskusta Helsingin Salmisaaressa. Kuitenkin vuonna 1965 viisi insinööritoimistoa yhdessä perusti yhtiön Teknillinen Laskenta Oy, joka vaihtoi nimensä Tekla Oy:ksi vuonna 1979. Yhtiön tarjontaan kuului atk-konsultointia, laskentapalveluita ja kurssitoimintaa. Palvelut kohdistuivat ainoastaan omiin osakkaisiin, kunnes yhtiö kehitti omia atk-ohjelmia 1960-luvun loppupuolella ja alkoi myymään niitä osakaskunnan ulkopuolelle. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 162)

Merkittävin alue Tekla Oy:n toiminnassa oli betonielementtirakentamisen kannalta rakennesuunnitteluohjelmat. Ensimmäiset valmistuivat 1960-luvun puolella ja piirustusohjelmista ensimmäiset valmistuivat 1970-luvun loppupuolella. Piirustusohjelmien käytöstä käytettiin nimitystä, tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD = computer aided design) ja nämä CAD-nimikkeellä olleet piirustusohjelmat ilmestyivät 1970- ja 1980-luvun vaihteessa. Atk-ympäristössä rakenneosien visualisointi oli mielekkäämpi perusta suunnittelijoiden ja valmistajien yhteistyölle entisten numeeristen tietojen sijaan. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 162)

ATK:n avulla voitiin yhdistää yksilölliset, halutunlaiset tuotteet teolliseen valmistukseen, joka kasvatti tuotevalikoiman laajenemista ja rakenteiden monimutkaistumista. Tämä paisutti käsiteltävää tietomäärää, mutta ATK:n ansiosta se ei ollut ongelma. Ajan saatossa CAD- ohjelmia tuli runsaasti käyttöön, jonka vuoksi syntyi tarve niiden yhdenmukaistamiseen, mikä puolestaan onnistui BEC -järjestelmällä. Järjestelmä koski elementtitehtaan tiedonsiirtoa ja koostui suunnitteluohjeista, standardikirjastosta sekä tiedonsiirto- että vastaanottojärjestelmästä. Merkittävin muutos betonielementtialalla oli kuitenkin suunnittelutoimistoissa laskelmien visualisointiin kykenevien ohjelmien laaja käyttöönotto. Ennen pitkää asettui tavoitteeksi kappaletavarateollisuudesta tuttu käytäntö, tietokoneyhdennetty tuotanto. (Hytönen & Seppänen 2009, s. 163-164)

2.3 Tietomallisuunnittelu rakennesuunnittelussa

2.3.1 Tuotemallintaminen

Yleensä kun puhutaan tietomallista, tarkoitetaan sillä tuotemallia eli tuotetietomallia, joka kuvaa tuotteen rakenteen ja sisältää sen suunnitteluun ja rakentamiseen sekä käyttämiseen tarvittavat tiedot. Nykyään käytössä on englanninkielinen termi Building information model. (BIM), joka tarkoittaa juuri sitä, että tuotemalli on tietojen malli. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 3)

Tuotemallintamisen ero tavalliseen kolmiulotteiseen (3D) malliin on, että CAD -ohjelmilla kuvattavan rakennuksen muodot esitetään kolmiulotteisena, kun taas tuotemallissa kuvataan rakennuksen osat ja niihin liittyvät tiedot. Visuaalisesti tuotemalli on suunnitelma, jossa rakenteet kuvataan kolmiulotteisina kappaleina CAD -ohjelmissa käytettävien viivojen sijasta. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 3)

Tuotemallintaminen on kehittynyt ja kehittyy Suomessa edelleen voimakkaasti. Tuotemallit ovat laajassa käytössä rakennusalla. Markkinoilla on tehokkaita tuotemallintamista tukevia suunnittelutyökaluja eri suunnittelualoille. Monet eri alan suunnittelijat voivat vaihtaa tietoja keskenään tuotemallin välityksellä. Tähän tarkoitukseen IAI-järjestö (International Alliance for Interoperability) on kehittänyt IFC-tiedonsiirtostandardin (Industry Foundation Classes), joka on ohjelmistoriippumaton tiedonsiirtomuoto ja se on luotu eri tietojärjestelmien välille rakentamiseen ja kiinteistön ylläpitoon. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 3 ja 37)

Tuotemallilla voidaan kokonaisvaltaisesti hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. tuotemallimuotoinen tieto on tarkoitettu tietokoneohjelmien ja eri tietojärjestelmien luettavaksi ja tulkittavaksi. Tuotemalli toimii sekä tietojen tallennuspaikkana että lähteenä. Tiedot koskevat useimmiten rakennuksen tiloja, rakenteita, niiden ominaisuuksia, mittoja ja määriä. Tuotemallisuunnittelu on tuonut paljon lisäarvoa koko suunnittelu- ja rakentamisprosessille erityisesti hankkeen kokonaisprosessin parantuneen hallinnan kautta, joka on keskeisin syy tuotemallipohjaisen suunnittelun laajaan käyttöönottoon ja sen lisääntymiseen. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 8)

Kun hanke suunnitellaan tietomallipohjaisesti, kaikki rakennuksen elinkaaren aikana tarvittava tieto on saatavilla digitaalisessa muodossa. Tuotemallista voidaan ottaa ulos piirustuksia sekä tarvittavia suunnitteludokumentteja ja määräluetteloita esimerkiksi rakentamista varten tai kiinteistönhallinnan tarpeisiin. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 10)

Tuotemallipohjaisessa suunnittelussa keskeisenä tavoitteena on rakennesuunnittelussa tehostaa suunnitteluprosessia ja sen seurauksena rakentamisen laatua ja tuottavuutta. On katsottu, että teräsrakennesuunnittelussa tuotemallipohjainen suunnittelu olisi poistanut mittavirheet lähes kokonaan. Virheiden poistamista on parantanut tarkastusvälineet ja havainnollisuus. Inhimilliset virheet ovat edelleen mahdollisia mallintavassa suunnittelussa. Se tarkoittaa usein sitä, että mallinetaan väärin ja sen seurauksena malli ei jostakin syystä vastaa todellisuutta. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 15)

2.3.2 Vaatimukset ja esteet

Rakennusalalla on useita toimijoita, jotka ovat sitoutuneita ja halukkaita kehittämään tuotemallipohjaisia menettelytapoja. Nykypäivänä rakennushankkeen tietoja käsitellään ja jaetaan vielä sekä piirustuksien että tuotemallien avulla. Tuotemallipohjaisen toimintatavan leviämiseen on muutamia edellytyksiä.

- Hankkeeseen ryhtyvien tilaajien tulee vaatia tuotemallintamisen käyttöä.
- Ohjelmistojen tulee suoriutua mallintavasta suunnittelusta
- Suunnittelijoiden tulee osata tarjota tuotemallin tietoja muille yhteisesti sovitulla tallennus ja tiedonsiirtomuodoilla.
- Yksityiskohdista, jotka liittyvät tuotemallintamiseen, tulee sopia jo ennen hankkeen aloittamista
- Hankkeessa tulee yksilöidä tuotemallintamisen hyödyt ja osoittaa että ne toteutuivat
- Yhteiset nimikkeistöt ja standardit

2.3.3 Muutokset suunnitteluun

Tuotemallipohjainen suunnittelu on tuonut mukanaan muutoksia suunnitteluprosessiin verrattuna perinteiseen piirustus ja dokumenttikeskeiseen suunnitteluun. Tuotemallipohjaisen suunnittelun painopiste keskittyy hankkeessa enemmän alkuvaiheisiin, jossa mallintamisen hyödyt saavutetaan tekemällä vaihtoehto- ja ennakkotarkastelut. Lähtötietojen käsittelystä ja tehtävistä sovitaan suunnitteluryhmän kanssa tarkasti heti hankkeen alussa. Hanke- ja luonnossuunnitelmia tehtäessä mallinnetaan vain riittävällä tarkkuudella, jotta mallista saadaan irti tietoja simuloinnista, visualisuudesta, toiminnallisista tarkasteluista ja kustannuslaskentaa varten. Toteutus- ja tuotantosuunnitteluvaihe vie runsaasti aikaa mallintavassa suunnittelussa ja varsinaiset aikasäästöt saavutetaan tiedonsiirron nopeutumisessa ja tehostumisessa sekä suunnittelutöiden rutiinien automatisoimisessa. Tuotemallintamista ei siis tulisi käyttää hankkeessa vain osittain, vaan se viedään projektissa loppuun asti. Jo lähtötilanteessa rakennesuunnittelijalla on paremmat mahdollisuudet luoda malli, jossa esitetään rakennus kaikkine

rakennusosineen ja liitoksineen. Tästä syystä rakennesuunnittelija otetaan jo hankkeen hyvin aikaisessa vaiheessa mukaan. Myös kuormitukset on mahdollista lisätä malliin.

Tuotemallisuunnittelun edut edellyttävät, että useat suunnittelijat työskentelevät samanaikaisesti hankkeen parissa. Tämän vuoksi kaikkien alojen (ARK, RAK, LVIS) suunnittelijoiden tulisi aloittaa mallintaminen mahdollisimman samanaikaisesti. Eri suunnittelualojen mallit voidaan koota yhteen törmäys- ja visualisointitarkasteluja varten. Rakennesuunnittelussa useat suunnittelijat pystyvät työskentelemään samassa mallissa samanaikaisesti, joka tehostaa suunnitteluprosessin läpi viemistä, mutta myös vaatii suunnittelijoilta kurinalaisuutta, jottei tapahdu päällekkäisyyksiä ja tietojen häviämisiä. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, 12)

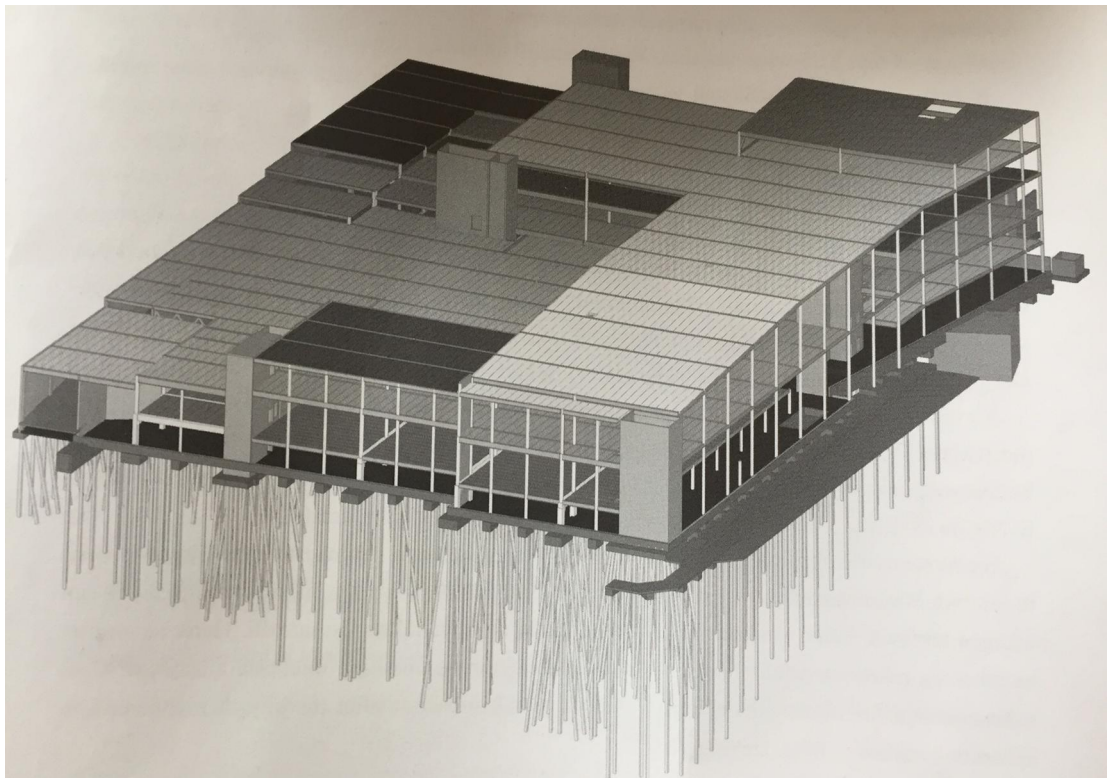
2.3.4 Rakennesuunnittelijan mallinnusvaiheet

Nykyään rakennushankkeiden läpivienti perustuu usein hankevaiheistukseen, joka on esitetty esim. RT-kortissa 10-11128. Se ei kuitenkaan sovellu suoraan nykyaikaisiin projektien toteutusmalleihin ja tuotemallipohjaiseen suunnittelukäytäntöön, sillä suunnittelun painopiste on siirtynyt aikaisemmaksi, tiedon määrä mallissa on kasvanut ja tieto siirtyy mallissa katkeamattomasti.

Rakennesuunnittelijan tekemää mallia varten yksi lähtötiedoista on arkkitehdin tarveselvitysvaiheessa luoma vaatimusmalli tai tilamalli, joista rakennesuunnittelija voi alustavasti selvittää erilaisia rakennejärjestelmiä. Rakennesuunnittelija voi tarveselvitysvaiheessa myös avustaa kustannusennusteen laadinnassa ja kommentoida rakentamisaikataulua rakennetekniikan osalta. Tarveselvitysvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtävät ovat aina erikseen tilattavia tehtäviä.

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtävät ovat myös aina erikseen tilattavia tehtäviä. Valmistelussa tehtäviin kuuluisi teettää tarvittavat selvitykset (Rakennettavuusselvitys, Elinkaariselvitys) ja alustava toteutusmuodon määrittäminen. Tarvittaessa on myös luotava eri runkovaihtoehtoista sopimuksen mukaisia, alustavia rakennusosamalleja.

Luonnossuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija saa arkkitehdiltä lähtötiedoiksi alustavan luonnosmallin, joskus useammankin, joissa on esitetty eri ratkaisuvaihtoehtoja. Näiden pohjalta rakennesuunnittelija tekee rakennelaskelmat ja luo niiden pohjalta oman luonnosmallin tai alustavan rakennemallin, joissa esitetään tilaajalle rakennuksen rakenteelliset ratkaisuvaihtoehdot, joita voidaan vielä tässä vaiheessa tarvittaessa muuttaa. Rakennevaihtoehdot koostuvat perustuksista ja rungosta sekä niiden rakennjärjestelmäkaavioista. Rakennesuunnittelija laatii myös ehdotukset käytettävistä rakennetyypeistä, joihin kuuluu muun muassa ala-, väli-, ja yläpohjat sekä ulko- ja väliseinät. Jos hankkeessa käytetään valmisosia eli elementtejä, tässä vaiheessa niistä luodaan tyyppielementit ja tyyppiipiirustukset. Rakennesuunnittelijan tulee varmistaa, että ehdotussuunnitelmat täyttävät hankkeelle asetetut tavoitteet. Yleensä luonnosmalli päivitetään suunnittelun edetessä urakkamalliksi, mutta joskus ne voivat olla myös erikseen. Tässä vaiheessa yksi tuotemallintamisen eduista on määrä- ja rakennusosatietojen tuottaminen. Esimerkiksi valmisosatoimittajille on helposti mahdollista tuottaa alustavat määrätiedot valmisosista, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä.



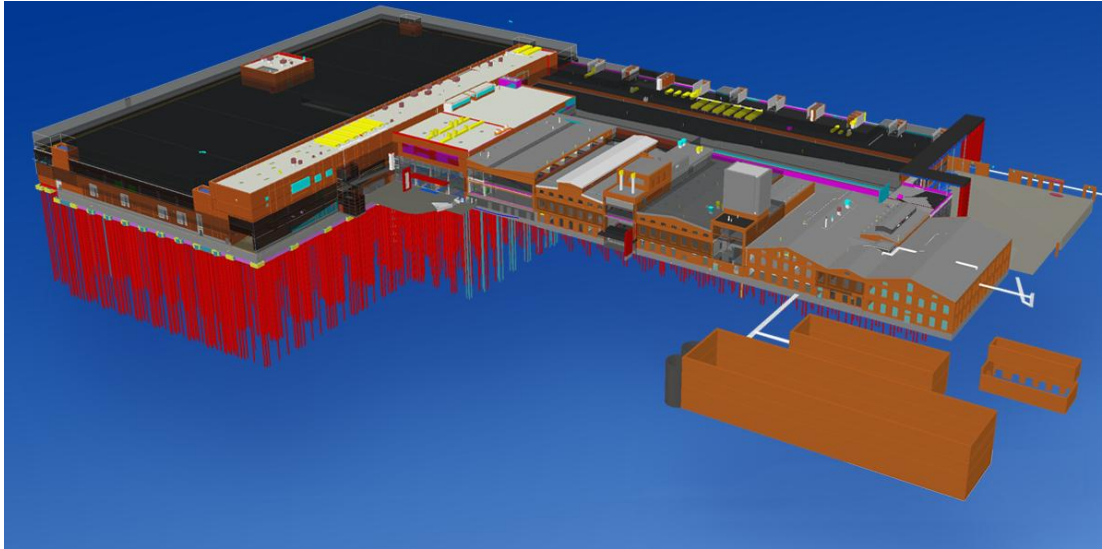
Kuva 3. Alustava rakennemalli. (Valjus, Varis, Penttilä, Nissinen 2007, s. 22, Kuva 9)

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija päivittää oman luonnosmallinsa varsinaiseksi rakennusosa- eli rakennemalliksi arkkitehdin rakennusosamallin pohjalta. Rakennusosamallissa tuote- rakennusosat luodaan riittävän tarkasti tuoteosa- ja tuotantosuunnitelmia varten. Rakennemalli voidaan lähettää IFC- muodossa muille suunnittelijoille helpottamaan heidän työtään. Rakennemalli on olennainen osa valmisosasuunnittelua. Rakennemallista vielä tarkennettu malli on tuoteosamalli, jossa on tehty rakennusosakohtaisesti tarkennuksia toteutussuunnittelua varten. Rakenneosille merkitään tuoteosatiedot erillisenä ominaisuutena. Kun useat rakennusalan eri suunnittelijat luovat omia tuotemallisuunnitelmia, tietojen siirtyminen mallien välillä tulee onnistua.

Nykyään jos hankkeeseen liittyy valmisosasuunnittelija, toisin sanoen elementtisuunnittelija, hän käyttää päärakennesuunnittelijan tekemää mallia luodakseen tuotantosuunnitelmat ja jakaa tarkennettua rakennusosamallia päärakennesuunnittelijalle säännöllisin väliajoin. Elementtisuunnittelija(t) voi olla myös suunnittelutoimiston ulkopuolelta. Useamman suunnittelijan työskennellessä samassa mallissa, tulee mallinnusvastuiden ja -rajojen olla tarkoin määritelty.

Tuotemallin tuoteosien törmäystarkasteluun on olemassa erilaisia työkaluja, jolloin tarkastaminen on ohjelmallista. Mallin tarkistaminen on kuitenkin yleensä visuaalista silmämääräisesti tarkastelemalla. Suunnittelun loppuvaiheessa voidaan mallista tuottaa tarkemmat määräluettelot tuotannon ja logistiikan tarpeisiin.

3 TEKLA STRUCTURES -OHJELMISTO



Kuva 4. Tekla BIMsight -malli, Kauppakeskus Puuvilla, Pori. (www.tekla.com/fi/referenssit/vuosittainen-tekla-bim-awards-kilpailu)

3.1 Ohjelmistosta lyhyesti

Tekla Structures -ohjelmistolla voidaan luoda malleja, jotka sisältävät yksityiskohtaisia tietoja. Näitä tietoja vaaditaan onnistuneeseen mallinnukseen rakentamisessa ja toteutuksessa. Ohjelmalla kattaa kaikki materiaalit ja sillä voidaan mallintaa monimukaisiakin rakenteita. Tekla Structures -ohjelmistolla on mallinnettu asuinrakennuksia, siltoja, laitoksia, tehtaita, urheiluareenoita ja öljynporauslauttoja. Teklalla on ohjelmistoa varten oma tukihenkilöstö, joka tarjoaa apua ohjelmistosta aiheutuviin mahdollisiin ongelmiin. Tekla myöskin kouluttaa käyttäjiään. Tekla Structures on puhdas ohjelmistopohja, joita käyttäjät voivat muokata omiin tarpeisiin sopivaksi. (Tekla [www-tekla.com](http://www.tekla.com))

Ohjelmiston suurimmat hyödyt

- Toimii yhdessä muiden alan ohjelmistojen kanssa
- Pystytään mallintamaan kaikenlaisia materiaaleja
- Rakenteet voivat olla hyvinkin kookkaita tai monimutkaisia
- Mallit ovat erittäin tarkkoja ja sen vuoksi toteutuskelpoisia

- Mahdollistaa sujuvan tiedonkulun suunnittelussa ja sieltä työmaalle (Tekla www-sivut)

3.2 Rakennesuunnittelijalle

Tekla Structures -ohjelmiston avulla rakennesuunnittelun tietojen laatu ja tarkkuus parantunut huomattavasti. Suunnitteluratkaisuiden tekemiseen jää enemmän aikaa nopean dokumentoinnin ansiosta. Piirustuksien ja raporttien muutokset on helppo toteuttaa, koska ne tuotetaan suoraan mallista. Kun malli on kunnossa, myös piirustukset pitävät paikkansa. Muutosten hallinta on tehokasta, joka tekee suunnitelmavaihtoehtojen tutkimisesta ja esittämisestä asiakkaalle hyvin yksinkertaista. Ohjelmisto toimii myös yhdessä laskentaohjelmistojen kanssa, joka mahdollistaa mallin, piirustuksien ja raporttien visualisoinnin ja koordinoinnin. Samassa projektimallissa voi työskennellä useita suunnittelijoita ja piirtäjiä. (Tekla www-sivut)

Tekla Structuresilla luodusta fyysisestä mallista voidaan tuottaa analyysimalli. Johtavien A&D -ohjelmistojen (Analysis and Design) kanssa analyysimallista A&D- ohjelmalla saadut tiedot palautetaan fyysiseen malliin ja dokumentaatio päivitetään dynaamisesti. Tällä toimintatavalla pysytään karsimaan samaan aikaan ylimääräisiä ja toistuvia tehtäviä, jolloin aikaa säästyy. Analyysejä voidaan suorittaa uudestaan useita kertoja, ja milloin tahansa. (Tekla www-sivut)

Detaljisuunnittelu on ohjelmistolla tehokasta suurissakin malleissa. Tarkalla ja nopealla ohjelmistolla 3D-detaljointi on kannattavaa ja käytännöllistä. Tekla Structuresin dynaamisilla työkaluilla on helppo sopeutua suunnitelmissa lähes väistämättä tapahtuviin muutoksiin. (Tekla www-sivut)

3.3 Phase number -ominaisuus

Tekla Structures -ohjelmassa on tällainen ominaisuus, jonka avulla luotu malli voidaan jakaa osiin. Yleensä ominaisuutta käytetään osoittamaan rakennusosien asennusjärjestystä. Ominaisuuden avulla voidaan luoda raportteja ja näkymiä, piilottaa ja lukita

objekteja tai kopioida objekteja mallista toiseen, josta tässä työssä on kyse. Projektimallissa voidaan esimerkiksi sijoittaa kaikki perusmallin seinäelementit phase numberille 1, jotka käyttäjä voi kopioida omaan malliinsa phase numberin avulla ja myös kopioida ne päinvastoin takaisin perusmalliin erillisellä phase numberilla. Kopioimisen yhtenä edellytyksenä on, että käytettävien TS -ohjelmistojen versiot ovat samat tai uudempi kuin se versio, jolla kopioinnin lähtömalli on luotu. (Phase number ominaisuus, https://teklastructures.support.tekla.com/2018/en/mod_dividing_the_model_into_phase.)

4 TYÖN SISÄLTÖ

4.1 Vaatimukset ja työn rajaus

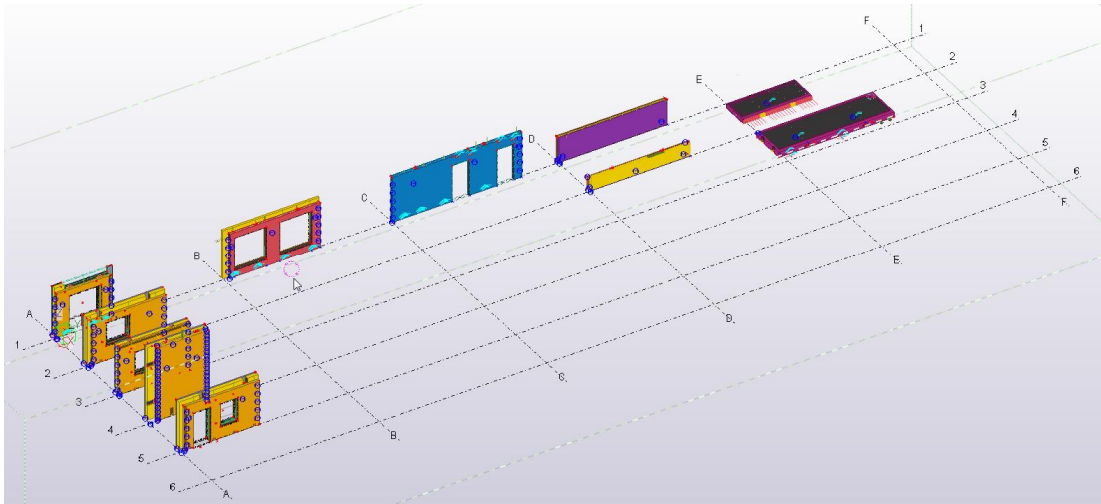
Työn aloituspalaverissa pohdittiin tuotettava sisältö ja kokonaisuuden rajaus. Päätettiin että työhön valitaan muutamia erilaisia elementtejä, jotka koostuivat sandwich-, sisäkuori-, väliseinä-, sokkeli-, ja parveke-elementeistä. Rauman toimistolta kerättiin viisi yleisintä tyyppielementtiä ja Turun toimistolta pyydettiin sama määrä heidän yleisimmin käytettyjä elementtejä. Luotava malli on tarkoitus olla pohjana, jota tulevaisuudessa voidaan laajentaa lisäämällä malliin enemmän elementtejä ja niiden piirustuksia. Tämä tyyppielementtimalli ei käytännössä vanhene uusien Tekla Structures -versioiden ilmestyessä. Työ toteutettiin Tekla Structures 2017i -versiolla. Edellisellä versiolla muokattu malli voidaan aina avata uudemmalla Tekla Structures -versiolla. Yhtenä edellytyksenä oli, että kaikki elementit luodaan malliin käyttäen yrityksen oman Tekla-ympäristön komponentteja, piirustusohjelmia ja piirustuksen muokkamiseen tarkoitettuja yrityksen omia työkaluja. Palaverissa todettiin myös, että sopivimman elementin löytämiseksi elementtimallista luodaan excel -taulukko, jonka avulla sopivin elementti voidaan löytää mallin koordinaatistosta ja josta selviää elementin phase number -tieto. Elementin kopioiminen mallista toiseen testattiin ensimmäisen elementin mallinnuksen jälkeen, ja se todettiin toimivaksi.

4.2 Tyypielementtimallin perustaminen

Aloitettiin avaamalla malli nimellä Elementtejä_TS2017i ja otettiin yrityksen omat Tekla-ympäristöt käyttöön. Tekla-ympäristö on yrityksen sisällä käytettävä ohjelmiston lisäosapaketti, joka sisältää yrityksen IT-osaston luomia piirustusohjelmia ja mallinustyökaluja. Projektikohtaisia tietoja ei malliin lisätty, koska ne eivät ole tässä työssä oleellisia. Ensin malliin luotiin moduuliverkko, jossa A-linjan ja 1-linjan leikkauspisteessä on mallin koordinaatiston origo. Kirjaimilla merkittyjen moduulilinjojen välinä on 10 metriä ja numeroilla merkittyjen moduulilinjojen välinä 3 metriä. Moduuliverkoon voidaan tarvittaessa lisätä uusia linjoja uutta elementtityyppiä varten. Esimerkiksi kuorielementtejä varten.


4.3 Elementtien sijoittelu

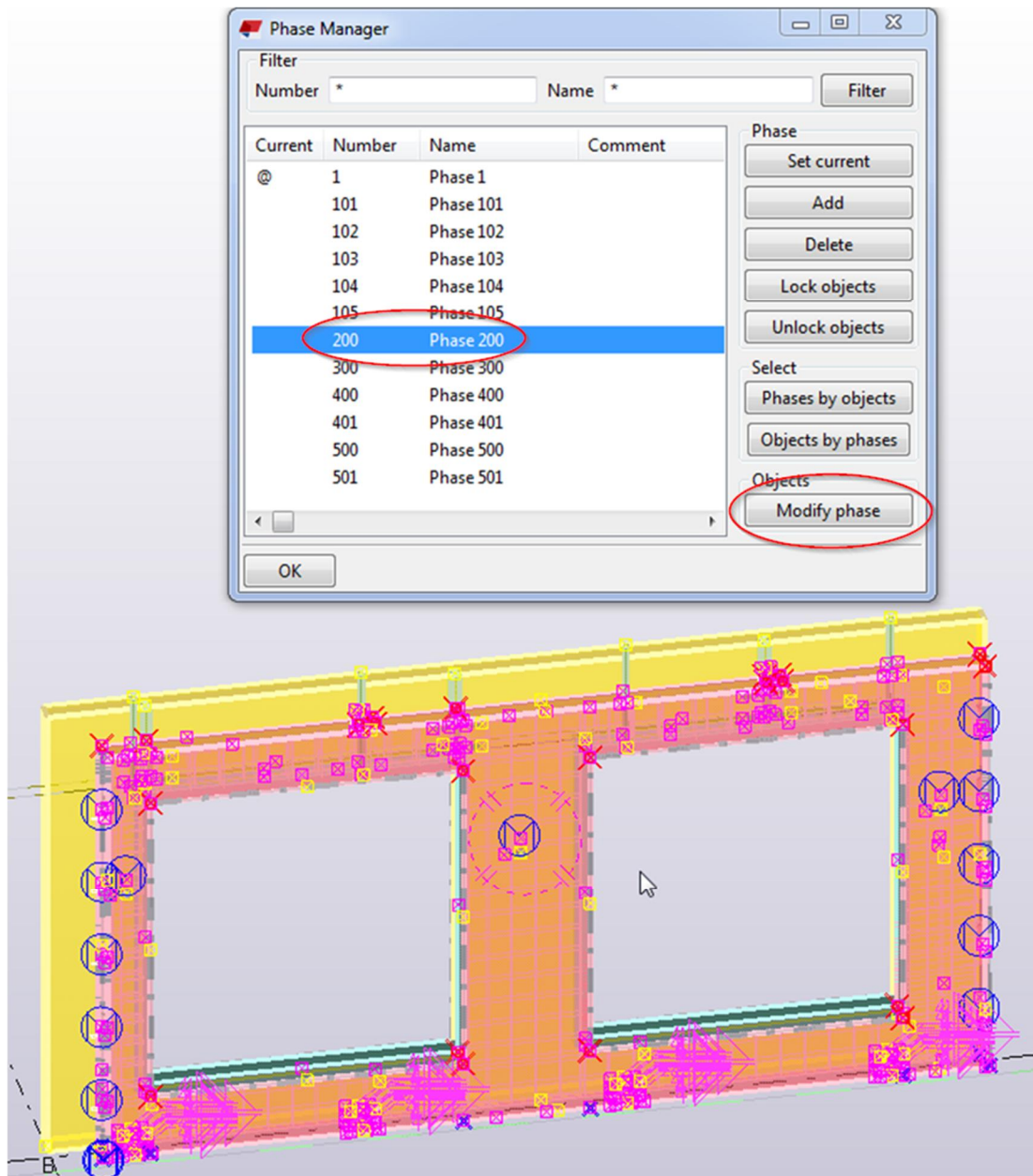
Elementit mallinnetaan niin, että lähtöpisteenä on moduulilinjojen leikkauskohta ja elementin pituus kasvaa moduulilinjojen suuremman välin suuntaan, jolloin pituus voi olla lähes sen 10 metriä ilman että elementit törmäävät keskenään. Sandwich-elementtejä valikoitui työhön eniten ja ne päätettiin asetella A -linjaa pitkin omille paikoilleen. Seuraavana on B-linjalla sisäkuorielementit, C-linjalla väliseinäelementit, D-linjalla sokkelielementit ja E-linjalla parveke-elementit. Kun jokaisen elementin lähtöpiste on moduulilinjojen leikkauskohdassa, voidaan elementille antaa oma piste kirjain - numero yhdistelmällä. Esimerkiksi A-linjan ensimmäisen elementin piste on A1. Piste ilmoitetaan myöhemmin esitettävässä excel-taulukossa ja sen pisteen avulla elementti voidaan tarvittaessa löytää mallista lähempää tarkastelua varten.



Kuva 5. Yleiskuva tyyppielementtimallista (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

4.4 Phase numberin käyttö

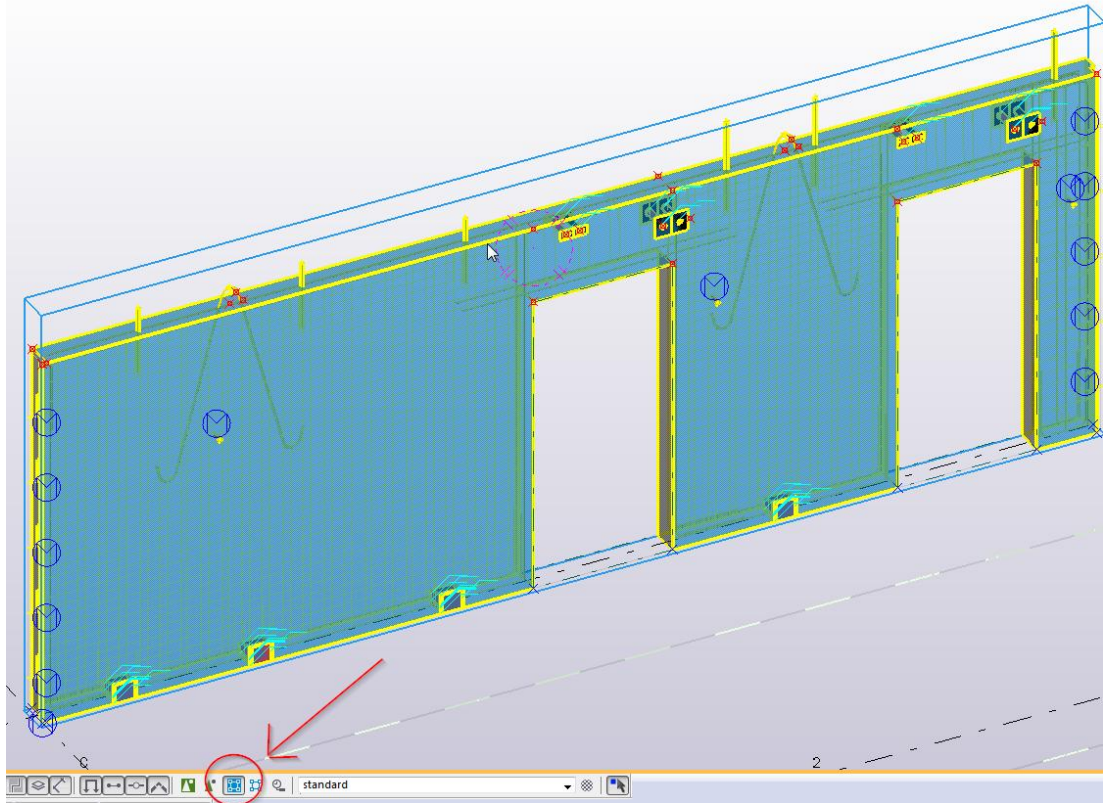
Komponentti on kokonaisuus, joka koostuu erillisistä objekteista ja kokoonpano voi koostua komponenteista ja objekteista. Objekti on puolestaan yksittäinen osa, joista komponentit ja kokoonpanot koostuvat. Edellä esitetyssä kuvassa (Kuva 5) jokaisella elementillä, tarkemmin sanottuna elementtikokoonpanossa olevalla osalla on oma phase number. Phase number on annettava aina jokaiselle osalle, jotta jokainen osa kopioituu mallista toiseen ja siinä samalla koko kokoonpano. Phase luodaan *Phase Managerilla* ja objektit eli osat lisätään phase:lle valitsemalla haluttu phase à valitaan kaikki siihen halutut objektit käyttäen objektivalintaa  à painetaan *Modify phase*.



Kuva 7. Phase nro. 200 ja sen sisältämät sisäkuorielementin objectit eli osat. (Kuvan-kaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

Alla olevasta kuvasta (Kuva 6) voidaan nähdä mitkä osat kuuluvat kyseisen väliseinäelementin kokoonpanoon. Kokoonpanoon kuuluvat osat korostuvat keltaisella. Mikäli jokin osa ei kuulu kokoonpanoon, se ei myöskään näy elementtipiirustuksessa. Elementin osat lisätään kokoonpanoon sub-assemblyinä eli osakokoonpanoina, pois lukien raudoitteet, jotka liitetään betoniseen pääosaan erillisinä osina. Kokoonpano pysyy lähes ehjänä, vaikka elementti kopioidaan mallista toiseen. Ainoat osat, jotka eivät välttämättä kopioidu muun kokoonpanon mukana, ovat jotkin leikkausobjektit. Ongelmaan ei löydetty ratkaisua, mutta sen ei todettu olevan suuri ongelma. Mikäli

elementtikokoonpanossa on joidenkin elementtitarvikkeiden valmistajien luomia komponentteja tai erillisiä objekteja, tulee varmistua siitä, että ne ovat asennettuna myös myöhemmille Tekla Structures -versioille. Kaikki elementtikokoonpanot tulee numeroida Teklan numerointi -toiminnolla ennen kuin niistä voi luoda elementtipiirustusta.



Kuva 6.  Assembly-valinta (Kokoonpano-valinta) päällä. (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

4.5 Piirustus

Elementtien mallinnuksen jälkeen luodaan elementtipiirustus käyttäen yrityksen omia piirustus pohjia. Piirustus luodaan valitsemalla haluttu elementti kokoonpano -valinnalla, haetaan *Drawings & reports* välilehdeltä *Create drawings* -valikko ja valitaan *cast unit drawing*. Luotu piirustus ilmestyy Teklan piirustusluetteloon. Se voidaan avata ja avautuvassa piirustusnäkyssä sen muokata haluamansa näköiseksi. Piirustukseen lisätään tarvittavat mittatiedot, osa- ja rauditusmerkinnät sekä muita tärkeitä merkintöjä. Jos kokoonpanoa muokataan mallin puolella piirustuksen luonnin jälkeen, tulee kokoonpano numeroida aina uudelleen ennen piirustuksen uudelleen

avaamista. Numeroinnin jälkeen piirustuksen edessä lukee *parts modified*. Mallin puolella tehdyt muutokset näkyvät piirustuksessa pilvenä mittaviivojen sekä osa- ja raudoitus- merkkien ympärillä. Piirustuksen kaikki mittaviivat ja merkinnät säädettiin niin tarkasti, että kun elementti kopioidaan tästä tyyppielementtimallista varsinaiseen projektimalliin ja elementtiä muokataan projektimallissa, voidaan luotua tyyppiipiirustusta käyttää kloonipohjana uuteen tyyppiipiirustukseen ja varsinaisiin valmistuspiirustuksiin. Tarkoin luotu piirustus säilyy kloonaamisen jälkeen lähes ehjänä, joka vähentää piirustuksen muokkaamiseen käytettyä aikaa.

4.6 Elementin valmistustiedot

Kokoonpanoon lisättävät elementin valmistustiedot eivät riko elementin numerointia, jolloin sitä ei tarvitse tietojen lisäämisen jälkeen numeroida uudelleen. Edellä näkyvät tiedot voidaan lisätä valitsemalla kokoonpano- valinnalla hiiren vasemmalla painikkeella elementtikokoonpano ja painamalla hiiren oikeaa näppäintä, jolloin ilmestyy valikko, josta valitaan *Properties*. Tuotetiedot tulee lisätä jokaisen elementin kokoonpanoon. Piirustuksesta löytyy myös luettelo elementin valuuun lisättävistä valutarvikkeista, esimerkiksi nostolenkeistä. Valutarvikkeet koostuvat elementtiin mallinnetuista osista, esim. tartuntatapeista. Elementtien valmistusta koskevat tiedot ovat By 65 Betoninormit 2016 -kirjan ja By 68 -oppaan mukaiset. Tyyppiipiirustuksissa esitetyt valmistustiedot ei juurikaan tarvitse muuttaa varsinaisia valmistuskuvia varten, koska tietyn tyyppisissä elementeissä kuoren paksuudet ja rasitusluokat eivät vaihtele, (lukuun ottamatta satunnaisia poikkeuksia) jolloin esimerkiksi raudoituksen suojaetäisyydet pysyvät samoina.

VALUTARVIKELUETTELO			
VALUYKSIKÖN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN BETONINTILAVUUSPAINOA 2500 kg/m ³ + painoon vaikuttavat tarvikkeet, esim eristeet.			
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	PINTA-ALA [m ²]	
S-3	1	16.33	
BETONI	NIMI	MÄÄRÄ	YKS
C25/30	VAHVENNOS	3.02	m ²
C30/37 SÄÄNKESTÄVÄ	ULKOKUORI	1.29	m ²
ELEMENTIN PAINO:			11.13 t
MÄÄRÄ	YKS	TARVIKKEET	
4.0	kpl	PBK_20	
2.0	kpl	VEMO_1036-G_M12x70	
36.0	kpl	VL80	
2.0	kpl	WELDA50x100-68 Peikko WELDA50x100-68	
4.0	kpl	AnchorRebar D8 L=331mm A500HW	
2.0	kpl	KAIDEPUTKI P50X50X3 L=670mm S235J0	
1.0	kpl	TARTUNTA CFRHS100X50X5 L=930mm S355J2	
2.0	kpl	Tappi D16 L=700mm B500B	
16.1	m ²	ERISTE PAROC_COS5ggt 220MM	
70.0	kg	SK_AP 8-150-4400/2970 B500K	
68.4	kg	SK_YP 8-150-4400/2970 B500K	
32.5	kg	UK_AP 5-150-4400/3510 B600KX	
38.2	kg	B500B ø8	
52.0	kg	B500B ø16	
5.1	kg	B600KX ø7	

Kuva 7. Elementtipiirustuksen valutarvikeluettelo. (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

Tekla Structures Precast cast unit (1)

Save Load < ExternalDe Save as

Cast unit FI-General FI-Concrete Info Embed list Parameters Design Fabrication Erection

Additional info

Planned life time 50 v.

Planned lifetime for outer layer

Structure class

Environment class (old design co)

Exposure class XC1

Exposure class for outer layer XC3,4;XF1

Fire class R60

Consequence class

Execution class

Product group

Finland Floor and Section UDA's uses only if fabrications requires! see also Project properties > FI-Drawing settings > Location source

Section

Sub section

Floor

Nomenclature title

Talo 2000

InfraRYL

Associated GA-drawing 1

Associated GA-drawing 2

Associated GA-drawing 3

Kuva 8. Elementin yleistiedot. (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

Tekla Structures Precast cast unit (1)

Save Load < ExternalDe Save as

Cast unit FI-General FI-Concrete Info Embed list Parameters Design Fabrication Erection

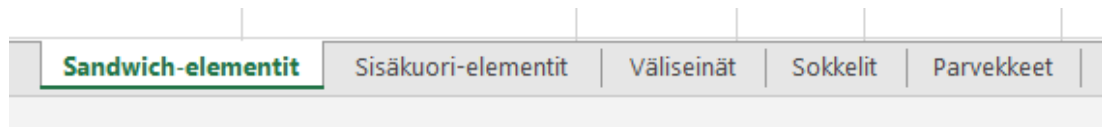
		Additional info
Concretes used (GA-drawing)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concrete cover 1	<input type="checkbox"/> Sisäkuori: 20 mm	<input type="checkbox"/> Sallittu mittapoikkeama 10 mm
Concrete cover 2	<input type="checkbox"/> Ulkokuori: 35 mm	<input type="checkbox"/> Sallittu mittapoikkeama 10 mm
Max grain size	<input type="checkbox"/> Sisäkuori: #16 mm	<input type="checkbox"/> Ulkokuori: #8 mm
Tolerance class	<input type="checkbox"/> Luokka N	<input type="checkbox"/> Betonielementtien toleranssit 2011
Dimension tolerance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Surface treatment class	<input type="checkbox"/> Luokka A	<input type="checkbox"/> BY 40 mukaan
Surface treatment 1	<input type="checkbox"/> Tiililaattapinta	<input type="checkbox"/>
Surface treatment 2	<input type="checkbox"/> Teräshierro+hionta	<input type="checkbox"/>
Chamfers 1	<input type="checkbox"/> V=10x10 mm	<input type="checkbox"/>
Chamfers 2	<input type="checkbox"/> P=Silikonipyöröstys	<input type="checkbox"/>
Lifting strength	<input type="checkbox"/> 0,6xK MN/m ²	<input type="checkbox"/>
Transport and erection strength	<input type="checkbox"/> 0,8xK MN/m ²	<input type="checkbox"/>
Water-cement ratio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cement content	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freezing strength	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protective pore ratio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P-factor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grouting	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reinforcement bar	<input type="checkbox"/> Ulkokuori: B600KX	<input type="checkbox"/> Sisäkuori: B500B (A500HW)
Reinforcement mesh	<input type="checkbox"/> Ulkokuori: B600KX	<input type="checkbox"/> Sisäkuori: B500K
Additional rows:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Element weight	<input type="checkbox"/> 01 Project setting	
Unit weight [kN/m ³]	<input type="checkbox"/>	
Rebar estimate kg/m ³	<input type="checkbox"/>	

Kuva 9. Elementin valmistustietoja. (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

4.7 Excel-tilukointi

Tämän työn aikana luoduista elementeistä luotiin exceliin taulukko, josta käy selviää elementin phase number, sen paikka tyyppielementtimallin koordinaatistossa, tunnuksen alkuosa ja lisäksi sen rakenteellisia ja arkkitehtuurisia tietoja: muun muassa raudoitukset, erityiset valutarvikkeet ja pintakäsittelyt. Elementit on jaoteltu karkeasti päätyypeittäin eri välilehdille, jolloin sandwich-, sisäkuori-, väliseinä-, sokkeli- ja

parveke-elementit ovat eri välilehdellä ja jokaisen sisällä on elementeistä erilaisia vaihtoehtoja allekkain. Uusia välilehtiä voidaan luoda sen mukaan, kun päätyipiltään uusia elementtejä taltioidaan.



Kuva 10. Elementtien jaottelu päätyypeittäin. (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

Mikäli elementtejä kertyy taulukkoon paljon, niin taulukon alasveto-valikoissa olevien suodattimien avulla voi etsiä haluamaansa elementtiä tarkemmin. Suodattimia muokataan, mikäli tulee uusia suodatuskriteereitä, esimerkiksi uusi kuoren paksuus. Taulukon ja suodattimien avulla voidaan siis etsiä sopiva elementti kopioitavaksi varsinaiseen projektimalliin. Itse tyyppielementtimallia ei tarvitse kahlata läpi, vaan taulukoista käy ilmi tarvittavat perustiedot riittävän hyvin, jolloin elementtiin voidaan tehdä projektimallissa vain mahdolliset pienet muokkaukset.

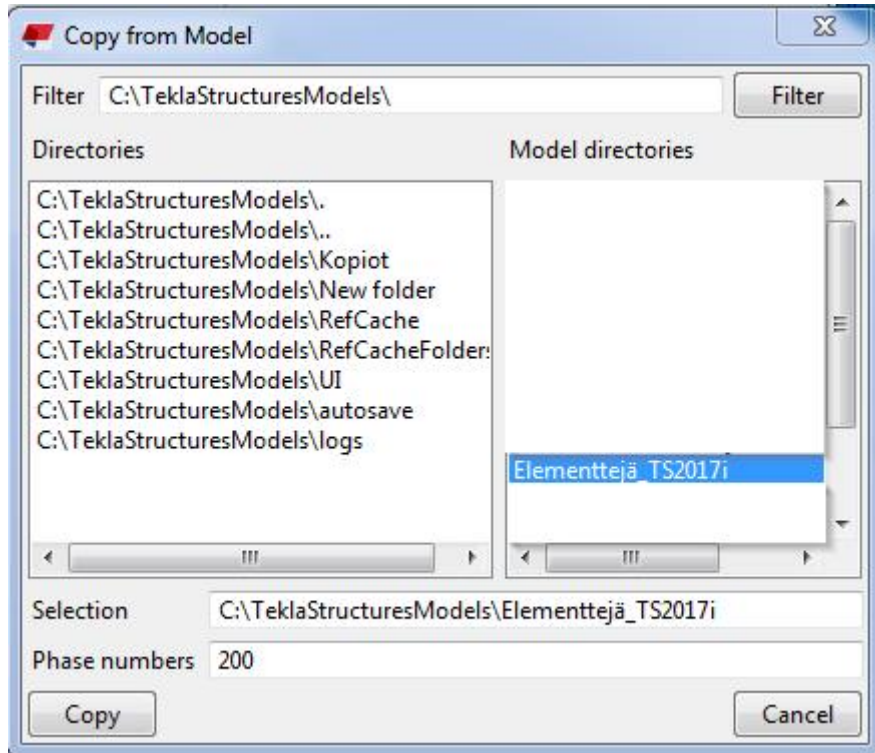
Paikka koordinaattiossa	Elementin tunnus	Kuoren paksuudet		Paksuus	Eriste	Materiaali	Rauditukset								Ikkuna- ja ovivaukot	Kääntökiivi	Nostoalimet	Lisätiedot		
		SK	UK				Suojatälsyydet				Pieliteräiset								Verkot	
		SK	UK				SK	UK	SK	UK	SK	UK	SK	UK						
A1	ST-	150	85	220	Isover OL-E-USL	20	35	2x12	rst 1x7	# 6 - k150	rst # 4 - k150	Ovi-ikkuna	-	Pintus PA Lisärahutus	Tiiliäältä					
A2	S1-	150	80	220	Isover OL-E-USL	20	20	2x12	rst 1x7	# 6 - k150	rst # 4 - k150	Ikkuna	-	Pintus SCR	Uritus ulkopinnassa					
A3	R-	100	80	220	Isover OL-E-USL	20	20	2x12	rst 1x7	# 12 - k150	rst # 4 - k150	Ikkuna	-	Pintus SCR	Uritus ulkopinnassa					
A4	SV-	220	80	220	Paroc COS5ggt	20	20	2x12	rst 1x7	# 8 - k150	rst # 5 - k150	-	X	Pintus PB	Valkobetoni					
A5	S2-	150	80	220	Kingspan Thermo TWSB	20	20	2x12	rst 1x7	# 6 - k150	rst # 4 - k150	Ovi-ikkuna	-	Pintus SCR	Uritus ulkopinnassa					

Kuva 11. Sandwich-elementtejä taulukoituna (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

4.8 Kopioiminen

Kopiointia varten pitää olla se projektimalli avoinna, johon elementti halutaan. Siinä mallissa mennään Teklan *edit*- välilehdelle, valitaan *copy special* ja sieltä *from another model*. Avautuu edellä esitetty ikkuna, josta valitaan malli, josta halutaan kopioida ja syötetään siinä mallissa olevan elementin phase number. Jos halutaan kopioida useamman phase number:n mukaan, erotetaan phase number toisistaan pilkulla ja väli-lyönnillä. Lopuksi painetaan *Copy*. Elementtikokoonpano ilmestyy kaikkine osineen avoinna olevan mallin globaalien (ts. ohjelmiston omien) koordinaattipisteiden mukaan uuteen malliin siihen paikkaan, jossa se oli lähtömallissa. Myös kokoonpanoon lisätyt valmistustiedot säilyvät kopioinnin aikana. Kopioitu kokoonpano voidaan

siirtää mallissa haluttuun paikkaan sen muuttumatta. Piirustus voidaan tuoda uuteen malliin kloonamalla piirustus ko. elementin lähtömallista. Lähtömalli voi olla elementin kopioimisessa ja piirustuksen kloonamisessa myös aiempi projektimallikin.



Kuva 12. Kopiointi toisesta mallista. (Kuvankaappaus, Lauri Kuronen, 2019)

5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli kehittää tapa, jolla vähentää urakkalaskentaan luotavien elementtipiirustuksien laatimista ja helpottaa betonielementtien mallintamisen aloitusta. Työn aikana perehdyin riittävän huolellisesti Teklan Structures -ohjelmiston, yrityksen omien mallinnuskomponenttien ja piirustusohjelmien käyttöön, jotta niiden käyttö olisi tavoitteiden saavuttamiseksi mahdollisimman jouhevaa ja ongelmattonta.

Mallinnuskomponentit, piirustusohjelmat ja -työkalut kehittyvät ja lisääntyvät yrityksessä kokoajan, joka tarkoittaa, että tyyppielementtimallia tullaan jatkossa päivittämään uudempaan TS -versioon ja tarvittaessa muokaamaan mallia ja tyyppielementtien piirustuksia. Ohjelmiston Phase number -ominaisuus oli tässä työssä merkittävässä roolissa. Myös sen ominaisuuden toimintaperiaate tuli selvittää ja tutkia, saadaanko siitä tavoiteltava hyöty.

Mitä enemmän tyyppielementtimalliin luodaan uusia elementtejä, sitä vähemmän niitä on tarve muokata uudessa projektissa. Malliin kopioitu elementti ei jää urakkalaskentaan luotavan tyyppiin piirustuksen tekemisen jälkeen turhaksi vaan se toimii mallinnusohjelmien pohjana, kun valmistettavia elementtejä aletaan mallintamaan enemmän projektimalliin. Myös tyyppiin piirustus toimii piirustusohjelmien valmistuspiirustuksia varten.

Tyyppielementtimalliin mallinnettujen elementtien ei tarvitse olla tietyn mittaisia päämitoiltaan, sillä tyyppiin piirustuksessa ei tapana esittää elementin päämittoja, koska ne tulevat todellisuudessa vaihtelevaan melko paljon. Tällainen tyyppimalli on mahdollista luoda, koska Tekla Structures -ohjelmiston piirustusnäkyminen automaatio ja ohjelmiston toiminnot sen mahdollistavat. Kerran oikein ja tarkasti tehty piirustus säilyy kloonauksen aikana lähes ehjänä. Etuna on myös piirustusten samankaltaisuus ja tasalatuus suunnittelijasta riippumatta.

Työn lopputuloksena on tyyppielementtimalli ja taulukko, joita voidaan laajentaa ja käyttää vuosia eteenpäin. Nämä kannattaa ottaa käyttöön tämän työn tilaajayrityksessä elementtisuunnittelussa ajansäästämisen ja resurssien maksimoimisen kannalta. Malli ja

taulukko vaativat jatkossa päivittämistä elementtien määrien ja komponenttien toimivuuden osalta. Elementtien määrää lisätään ottamalla talteen vanhoista tai uusista projektimalleista erilaisia elementtityyppejä. Elementtejä ei kuitenkaan kannata haalia liian paljon, jottei niitä ole tyyppielementtimallissa monia lähes samanlaisia. Koska pitää muistaa, että pieniä muokkauksia on helppo tehdä. Esimerkiksi on helpompaa poistaa elementistä ja sen piirustuksesta jotain, kuin lisätä.

Tietomallinnus on yhä enemmän käytössä päivittäisessä suunnittelutyössä sekä työmaa toiminnoissa. Suunnitteluun on löydettävä keinoja tehokkaaseen mallinnustyöhön, sillä jo nyt lähes kaikki uudisrakennus -kohteet toteutetaan tilaajatahon yrityksessä mallintavalla suunnittelulla. Myös elementtisuunnittelu toteutetaan mallintamalla. Mallintava suunnittelu tuo lisäarvoa rakennuskohteen toteuttamiselle ja sitä käytetään suurimmissa rakennusalan suunnittelutoimistoissa päivittäin.

LÄHTEET

Sweco Oy:n vwww-sivut <https://www.sweco.fi/>

Elementtisuunnittelu www-sivut. <http://www.elementtisuunnittelu.fi>

Tekla www-sivut <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>

Hytönen Y. & Seppänen M. 2009. Tehdään elementeistä. Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Jyväskylä. Gummerus kirjapaino Oy.

Valjus, J., Varis, M., Penttilä, H., & Nissinen, S. 2007. Esipuhe. Julkaisussa Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa. Tampere. Rakennustieto Oy. s. 3-4.

Valjus, J., Varis, M., Penttilä, H., & Nissinen, S. 2007. Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa. Tampere. Rakennustieto Oy.

Talonrakentaminen. 2016. Betoniteollisuus ry. <https://betoni.com/betonirakentamisen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen/>

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 2013. Rakennesuunnittelun asiakirja-ohje, Tekstiosa, RIL 229-1-2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RT -kortti. RT 10-11128, Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. 2013.

Phase number-ominaisuus: https://teklastructures.support.tekla.com/2018/en/mod_dividing_the_model_into_phases

By-Koulutus Oy. 2017. By 65 Betoninormit 2016.

By-Koulutus Oy. 2016. By 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille 2016.

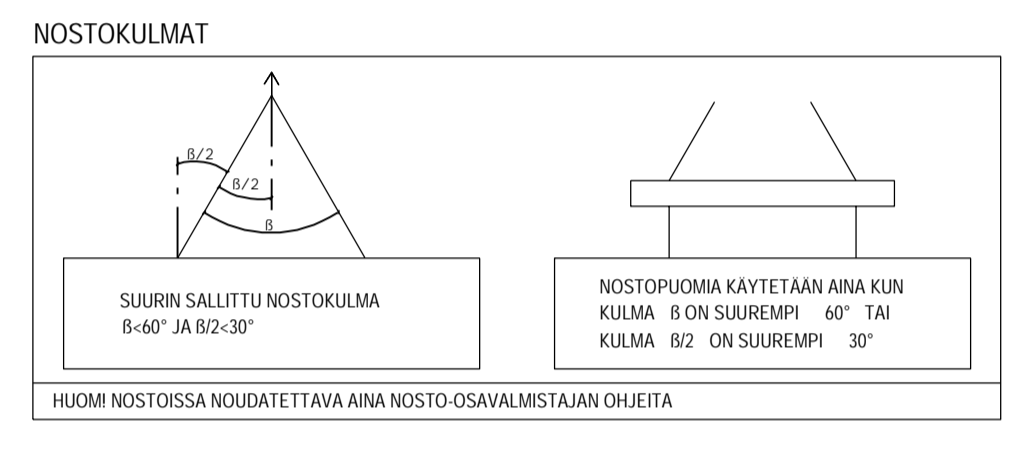
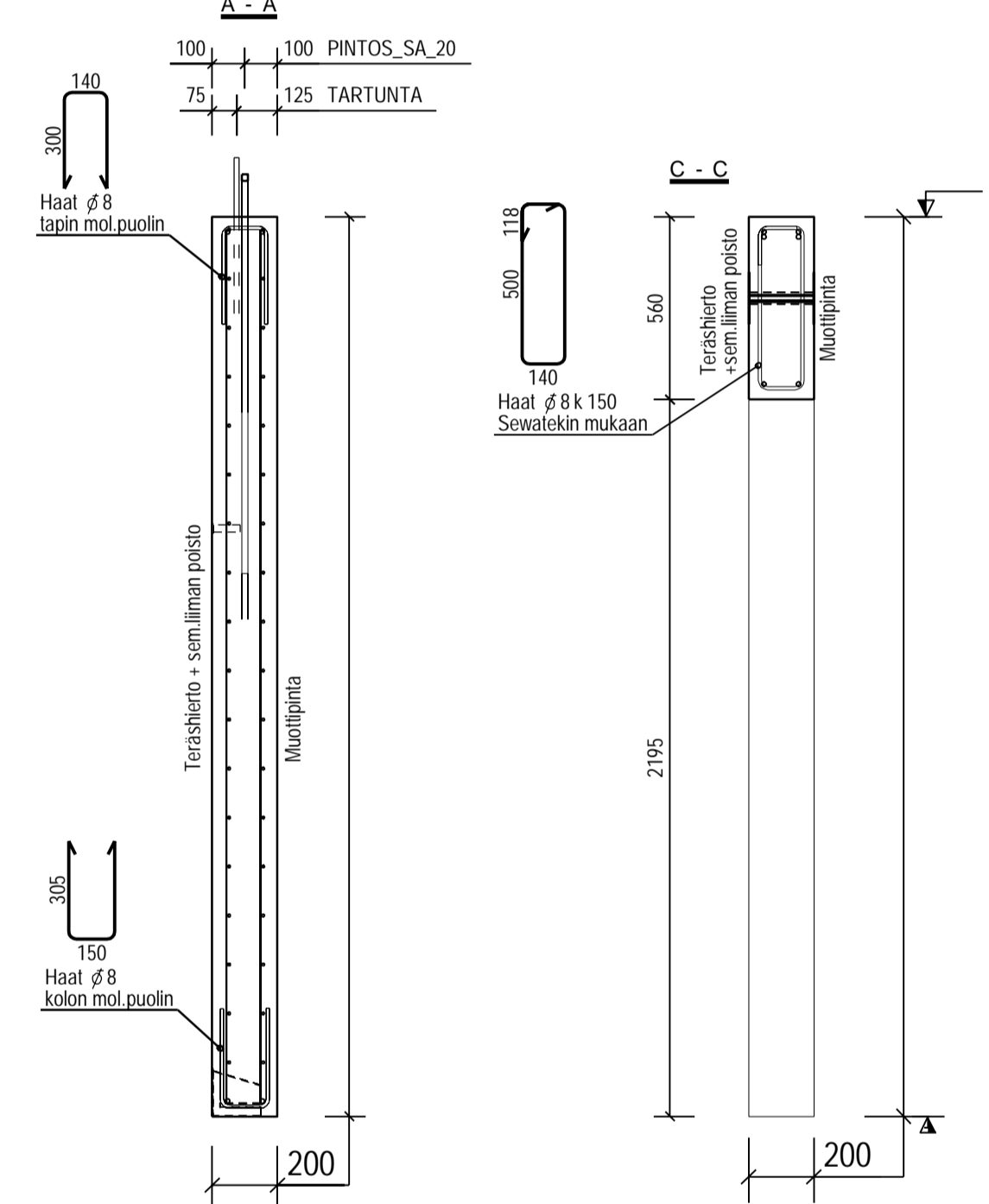
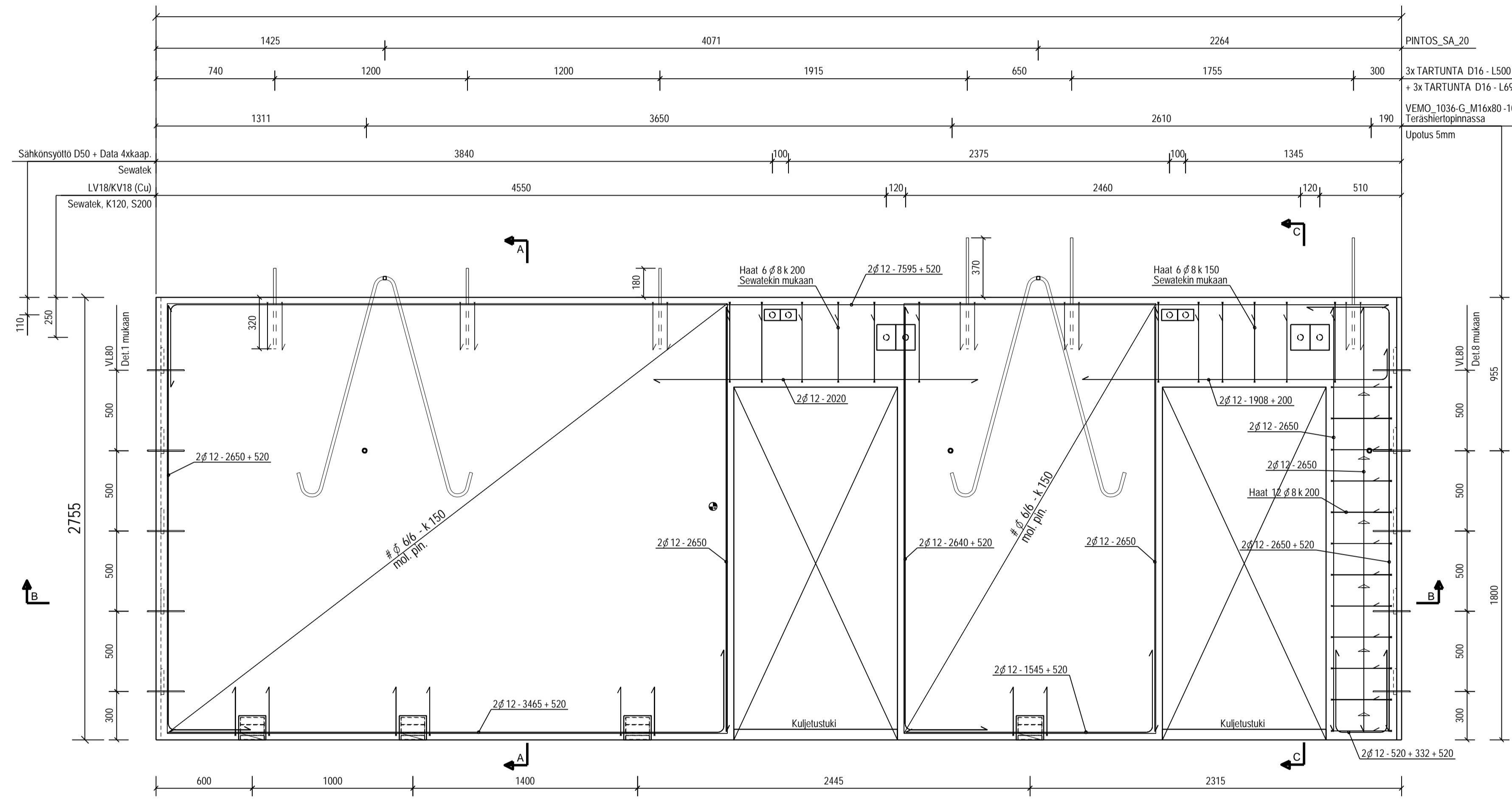
YLEISTIEDOT		
Suunniteltu käyttöikä	50 v	
Rakitusluokka	XC1	

TUOTETIEDOT		
Betonipelite	20 mm	Sallittu mittapoikkeama 10 mm
Maksimi raekoko	#16 mm	
Toleranssiluokka	Luokka N	Betonielementtien toleranssit 2011
Pintakäsittelyluokka	Luokka A	By 40 mukaan
Pintakäsittely 1	Sementtiliinan poisto	Muottipinta
Pintakäsittely 2	Sementtiliinan poisto	Teräshierto
Visteet 1	V=10x10 mm	
Visteet 2	P-säilöntyöryöstys	
Muolistanostolujuus	0,6xK MN/m ²	
Kujetus- ja asennuslujuus	0,7xK MN/m ²	
Raudollustangot	B500B (A500HW)	
Raudollusverkot	B500K	

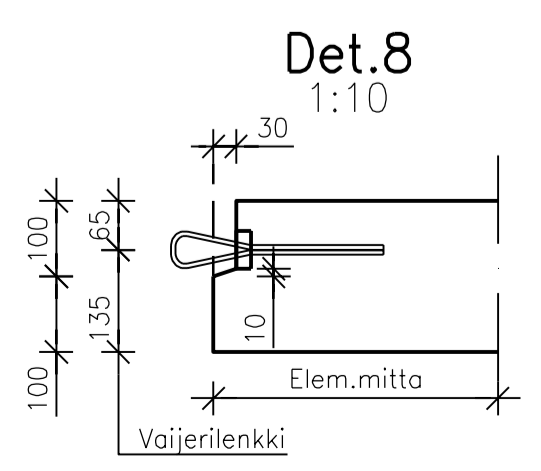
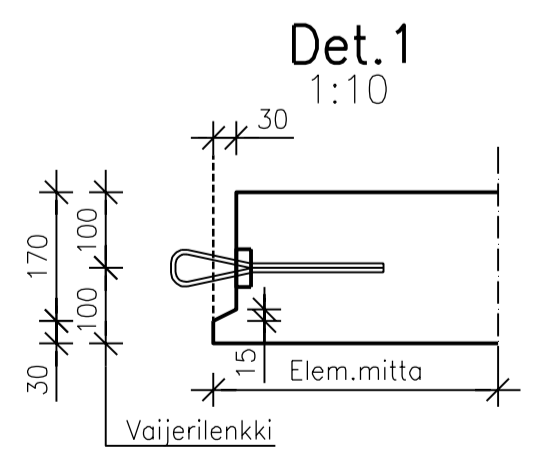
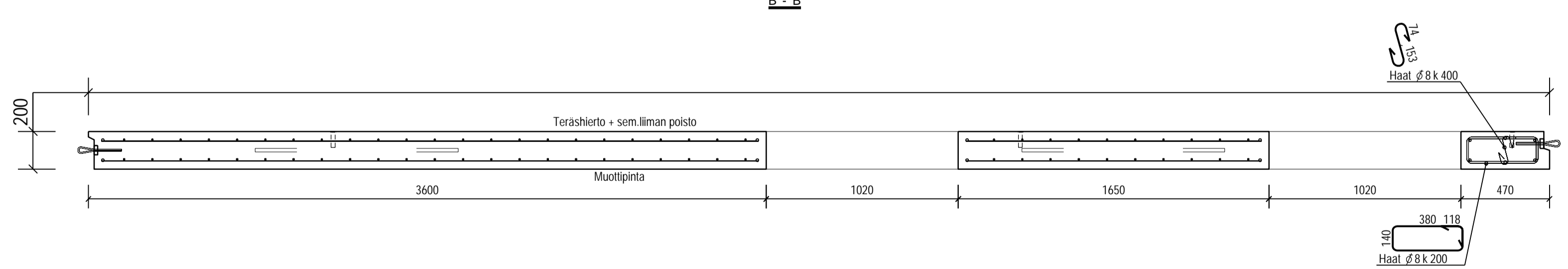
Elementin painopiste

VALUTARVIKELUETTELO			
VALUUKSIKOKO PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN BETONIN TILAVUUSPAINOAA 2500 kg/m ³ - painoon vaikuttavat tarvikkeet, esim. eristeet			
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	PINTA-ALA [m ²]	
V-1	1	16.90	
BETONI	NIMI	MAARA	YKS
C25/30	VALISEINA		3.36 m ³
			ELEMENTIN PAINO: 8.40 t

MAARA	YKS	TARVIKKEET
2.0	kpl	PINTOS_SA_20 S235JR
4.0	kpl	SPK3 Sidosliipistevaraus
2.0	kpl	Sewatek Cu2/22, K100, S200
2.0	kpl	Sewatek, K120, S200 Cu2/22, K120, S200
3.0	kpl	VEMO_1036-G_M16x80
10.0	kpl	VL80
3.0	kpl	TARTUNTA D16 L=500mm B500B
3.0	kpl	TARTUNTA D16 L=690mm B500B
12.3	kg	AP 6-150-2675/1570 B500K
27.6	kg	AP 6-150-2675/3520 B500K
12.3	kg	YP 6-150-2675/1570 B500K
27.6	kg	YP 6-150-2675/3520 B500K
70.1	kg	A500HW ø12
18.7	kg	B500B ø8



Nostolenkit Pintoksen ohjeen mukaan.



LASKENTA-ASIAKIRJA		PVM	TARKASTAJA
		MEI21 PVM	HYVAKSYJA
KOSAKYLÄ	KORTTELITIEA	TONTTIRIHD	VIHANOMASTEN ARKKITONKUNTOJA VARTEN
RAKENNUSMÄÄRITTE		PIRUSTUSAJA	JUOKSEVA NRO
			MITTAKAAVAT ENNEN PIK. 1:20
ELEMENTTIPIIRUSTUS V-1, VALISEINA Tyypipiirustus		TARKASTAJA	SUUNNITTELUAJA
		HYVAKSYJA	RAK
		PVM	SUUNN. TYÖN NRO
PVM	PIIRITAJA	SUUNNITTELUAJA	S/LAJI
	FILUAUK	FILUAUK	LORHO
			KRS
			LAI
			NRO
			MUUTOS
			V-1