

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus  
Talonstrakennustekniikka

Jenni Roni

## **Betonielementtien tietomallipohjaisen suunnittelun kehittäminen**

Opinnäytetyö 2019

## Tiivistelmä

Jenni Roni

Betonelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun kehittäminen,  
49 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Talonrakennustekniikka

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Heikki Vehmas, Saimaan ammattikorkeakoulu, lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu, toimitusjohtaja Tero Koikkalainen, Imatran Juva Oy

Työn tavoitteena oli parantaa betonelementtien mallintamisen ja elementtipiirustusten laatua ja tuottavuutta sekä yhtenäistää käytäntöjä. Tavoitteen saavuttamiseksi työn tarkoituksena oli tuottaa yhtenäinen mallinnusohje yleisimpiin betonelementteihin ja kehittää IM-Juva-ympäristöä Tekla Structures -mallinnusohjelmassa. IM-Juva-ympäristöllä tarkoitetaan yrityksen omia asetuksia mallinnusohjelmassa. Mallinnusohjeiden ja valmiiden piirustusasetusten on tarkoituksena helpottaa ja nopeuttaa elementtisuunnittelua.

Toimeksiantajayritykselle on tehty aiemmin diplomityö aiheesta Pienen suunnittelutoimiston tietomallipohjainen rakennesuunnitteluprosessi ja sen soveltaminen. Diplomityön tuloksena oli havaittu, että nykyisten toimintamallien suurimmat ongelmat liittyvät pääsääntöisesti toimistokohtaisen ohjeen ja piirustuksien valmiiden asetusten puuttumiseen. Tämän opinnäytetyön oli tarkoitus olla jatkoa aiemmin tehdylle työlle ja kehittää tietomallipohjaista betonelementtisuunnittelua.

Tietomallintamista ja elementtisuunnittelua ohjaavat Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012), Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo (RAK12) ja Elementtisuunnittelun mallinnusohjeistus (BEC 2012). Tarkoituksena oli verrata ohjeistuksia keskenään ja arvioida, noudattavatko toimeksiantajayrityksen mallinnuskäytännöt vaatimuksia ja ohjeita vai tarvitseeko käytäntöjä muuttaa.

Työn tuloksena saatiin tuotettua mallinnusohjeet, piirustusasetukset, mallielementit ja mallipiirustukset kahdelle erilaiselle väliseinä-, maapaineseinä-, sisäkuori- ja sandwich-elementeille. Suurimpana hyötynä ovat valmiit piirustusasetukset, jotka nopeuttavat elementtipiirustusten tekoa. Kaikki opinnäytetyön sisältö on koottu yhteen projektikansioon toimeksiantajayrityksen verkkopinnalle, josta sisältöä voivat hyödyntää kaikki yrityksen työntekijät.

Asiasanat: tietomallintaminen, elementtisuunnittelu, Tekla Structures

## **Abstract**

Jenni Roni

Development of BIM precast concrete members design,

49 Pages, 2 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Heikki Vehmas, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences,

Mr Timo Lehtoviita, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences,

Mr Tero Koikkalainen, CEO, Imatran Juva Oy

The goal of this thesis was to produce a modelling guideline and ready-made drawing setups for the most common precast concrete members for Tekla Structures modelling software. The modelling guideline and ready-made drawing setups are meant to ease and expedite element engineering. The goal of this thesis was also to improve quality, productivity and unify policies of precast concrete members modelling and element drawings.

The result of the earlier made thesis for a customer company was the observation that the major issues of the current operating model were mainly related to missing office specific guidelines and ready-made drawing setups. This thesis was meant to continue the earlier made thesis and develop designing of elements. Information modelling and element designing are guided by Common BIM Requirements (YTV 2012), Structural engineering task list (RAK12) and Element engineering modelling guidance (BEC 2012). The purpose was to compare the demands and guidelines with each other and evaluate if the customer company's modelling practices follow the demands and guidelines or is there a need for a change of office practices.

The result of this thesis was modelling guidelines, ready-made drawing setups, model elements and model drawings for five different wall elements. Greatest benefit are ready-made drawing setups that expedite element drawing designing.

Keywords: BIM, Tecla Structures, Precast

## Sisällys

Käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Tietomallipohjainen suunnittelu.....	7
3 Tietomallipohjainen elementtisuunnittelu.....	9
4 Elementtisuunnittelun vaatimukset ja ohjeistukset.....	15
4.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012.....	16
4.2 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12.....	24
4.3 Elementtisuunnittelun mallinnusohje BEC 2012.....	24
4.4 Vaatimusten ja ohjeistusten vertailu ja soveltaminen käytännössä.....	26
5 Elementtisuunnitteluprosessin kehittäminen.....	29
5.1 Prosessin kehittämisen tarve.....	29
5.2 Kehittäminen.....	30
5.3 Soveltaminen käytännössä.....	31
6 Betonielementtien mallintaminen ja piirustusten tekeminen.....	31
6.1 Mallintaminen.....	32
6.2 Asetusten dokumentointi, komponentit ja liitostyökalut.....	32
6.3 Mallielementit.....	35
6.4 Piirustusten luominen.....	35
6.5 Piirustusasetusten tekeminen.....	37
6.6 Mallipiirustukset.....	40
6.7 Piirustusten viimeistely.....	40
7 Ohjeistuksen, mallielementtien ja piirustus pohjien hyödyntäminen.....	41
8 Työn tulokset.....	42
8.1 Tarvittavat muutokset suunnitteluprosessiin.....	42
8.2 Tulokset.....	43
9 Tietomallipohjaisen elementtisuunnittelun tulevaisuuden näkymät.....	44
10 Yhteenveto.....	47
Lähteet.....	49

### Liitteet

Liite 1 Elementtikortit

Liite 2 Piirustusesimerkit

## Käsitteet

Tekla Structures	Trimble Solutions Oy:n tietomallinnusohjelma, jotka käytetään Suomessa laajasti rakenne- ja elementtisuunnittelussa. Ohjelma mahdollistaa eri materiaalien tietomallipohjaisen suunnittelun.
BIM	Rakennuksen tietomalli tai tietomallinnus, lyhenne englanninkielisestä käsitteestä Building Information Modeling
Tietomalli	Rakennuksen koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalli on rakennuksen kolmiulotteinen malli, joka sisältää tietoa eri osista havainnollisuuden ja erilaisien simulointitarpeiden vuoksi.
IFC	Rakennusten mallinnuksessa käytetty tuotetietojen siirron kansainvälinen standardi, lyhenne englanninkielisestä käsitteestä Industry Foundation Classes
IFC-malli	Kolmiulotteinen malli, jossa on suunnitteluvaiheeseen ja käyttötarkoitukseen sopiva tietosisältö ja geometria. Tiedonsiirto noudattaa IFC-standardia.
Yhdistelmämalli	Tietomalli, jossa on yhdistetty vähintään kahden eri suunnittelualan mallit, tyypillisesti arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkamallit

# 1 Johdanto

Työn toimeksiantajayrityksenä toimii Imatran Juva Oy, joka on imatralainen rakennusteknistä suunnittelua ja konsultointia suorittava insinööritoimisto. Yrityksen päätoimiala on talonrakennushankkeiden ja teollisuuskohteiden rakennesuunnittelu. Imatran Juva Oy:llä on käytössään nykyaikaiset ohjelmistot teknistä laskentaa ja mallinnusta varten. Tietomallintamista käytetään suunnittelun apuna hankkeen ja asiakkaan tarpeiden mukaan.

Anu Muhonen on tehnyt vuonna 2017 yritykselle diplomityön aiheenaan Pienen suunnittelutoimiston tietomallipohjainen rakennesuunnitteluprosessi ja sen soveltaminen. Diplomityön tuloksena on havaittu, että nykyisten toimintamallien suurimmat ongelmat liittyvät pääsääntöisesti toimistokohtaisen ohjeen ja piirustuksien valmiiden asetusten puuttumiseen. Tämän opinnäytetyön on tarkoitus olla jatkoa aiemmin tehdylle työlle ja kehittää tietomallipohjaista betonielementtisuunnittelua.

Työn tavoitteena on parantaa betonielementtien mallintamisen ja elementtipiirustusten laatua ja tuottavuutta sekä yhtenäistää käytäntöjä. Tavoitteen saavuttamiseksi työn tarkoituksena on tuottaa yhtenäinen mallinnusohje yleisimpiin betonielementteihin ja kehittää IM-Juva-ympäristöä Tekla Structures-mallinnusohjelmassa. IM-Juva-ympäristöllä tarkoitetaan yrityksen omia asetuksia mallinnusohjelmassa. Kaikki asetukset nimetään IM-alkuisesti, jolloin ne erottuvat muista Tekla Structuresin asetuksista. IM-Juva-ympäristön kehittämiseen kuuluu asetusten tekemistä ja dokumentointia sekä mallielementtien ja mallipiirustusten tekemistä.

Tekla Structures -ohjelma päivittyy vuosittain ja haasteena on saada IM-Juva-ympäristö toimimaan uusissa versioissa. Työssä on tarkoitus tutkia jatkokäyttömahdollisuuksia, jotta kehittämistyön hyöty säilyy tulevaisuudessa.

Tietomallintamista ja elementtisuunnittelua ohjaavat Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012), Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo (RAK12) ja Elementtisuunnittelun mallinnusohjeistus (BEC 2012). Tarkoituksena on verrata ohjeistuksia keskenään ja arvioida, noudattavatko toimeksiantajayrityksen mallinnuskäytännöt vaatimuksia ja ohjeita vai tarvitseeko käytäntöjä muuttaa.

## 2 Tietomallipohjainen suunnittelu

Tietomallipohjainen suunnittelu on yleistynyt merkittävästi viime vuosina. Tietomallien kehityksen taustalla on ollut tavoite suunnitelmien paremmasta laadusta, suunnitelmien yhteensopivuuden varmentamisesta ja luotettavasta tietojen käsittelystä ja tiedonsiirrosta. Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 mukaan tietomalli ja tietomallintaminen ovat keino hallita rakennushankkeen ja koko rakennuksen elinkaaren aikana kertynyttä tietoa.

Tietomallipohjaisen suunnittelun merkittävimpiä etuja ovat 3D-mallin visuaalisuus ja selkeys ja sitä kautta syntyvä suunnitelmien laatu. Tietomallinnus helpottaa ongelmakohtien näkemistä etukäteen, joten virheitä voidaan korjata jo suunnitteluvaiheessa ennen kuin ne pääsevät työmaalle asti. Ohjelmistojen kehittyminen on avannut tietomallintamiselle uusia mahdollisuuksia ja tehnyt tietomalleista entistä käyttökelpoisempia erilaajuisissa suunnittelukohteissa. (Kattelus 2013, 23.)

Talonrakennushankkeissa suunnitteluosapuolia ovat arkkitehti, rakennesuunnittelija ja talotekniikan suunnittelijat. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa (BIM) eri suunnitteluosapuolet luovat rakennuksesta oman osa-alueensa kolmiulotteisen mallin, jossa rakenneosille on syötetty tietosisältöä. Tietosisältö voi olla tietoa esimerkiksi siitä, mikä on rakenneosan materiaali ja tarkka sijainti. Tietomallin kunnollisen hyödyntämisen ja tiedon siirron takia on tärkeää, että suunnittelijat noudattavat yhtenäisiä mallinnuskäytäntöjä. Vaatimuksia ja ohjeistuksia käsitellään tarkemmin luvussa 3.

Eri suunnitteluosapuolten kolmiulotteisia malleja voidaan yhdistää ja toimintaa tarkastella rakennushankkeen eri vaiheissa. Tuloksena saadaan yhdistelmämalli, jota voidaan hyödyntää rakennushankkeen eri vaiheissa. Yhdistelmämallilla pyritään havaitsemaan rakennuksen ongelmakohdat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Eri suunnitteluosapuolet käyttävät tietomallintamiseen juuri heidän tarpeisiinsa soveltuvia ohjelmistoja. Mallien yhdistämistä varten on kehitetty IFC-tiedostomuoto. Monet mallinnusohjelmistot tukevat IFC-tiedostomuotoa eli ohjelmilla voidaan tallentaa ja lukea toisessa ohjelmistossa luotua IFC-tiedostoa.

IFC-mallin muodostaminen voidaan tehdä eri tavoin. Pääsääntöisesti noudatetaan käytössä olevia tietomallivaatimuksia. Mallin muodostamisessa ja nimeämisessä voidaan käyttää myös tilaajan ohjeistusta, jos sellainen on olemassa. (Kattelus 2013, 31.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 6 Laadunvarmistus käsittelee tietomallipohjaisten suunnitelmien laadun parantamista IFC-mallin avulla. YTV 2012, osa 6 mukaan IFC-mallin avulla on mahdollisuus tarkastaa ja analysoida 40–60 % arkkitehtisuunnitelman sisältämästä tiedosta. Tällä menetelmällä ei kuitenkaan voida tarkastaa suunnitelmien toimivuutta tai tarkoituksenmukaisuutta, kuten rakenteellista mitoitusta tai arkkitehtisuunnitelman toimivuutta. IFC-tietomalleja ja niiden sisältöä voidaan tarkastella kolmesta lähtökohdasta:

- tekninen tietomallisisältö: onko tietomalli muodostettu oikein suunnitteluohjelmasta
- tietomallin tietosisältö: onko suunnittelualakohtaiset vaiheeseen kuuluvat tiedot mallissa
- suunnitelman sisällön ja laadun arviointi tietomallin avulla: tutkitaan suunnitelmaa vertaamalla tietomallien komponentteja toisiinsa (esim. törmäystarkastelu) tai tiedossa oleviin vaatimuksiin.

Tietomallien laadunvarmistamisessa käytetään kahta päämenetelmää: tarkastamista ja analysointia. IFC-mallin avulla tehty suunnitelmatietojen tarkastaminen ja analysointi antavat mahdollisuuden nähdä konkreettisesti suunnittelun eteneminen ja vastaavuus tilaajan tarpeisiin. IFC-mallin tarkastamisessa ja analysoinnissa useampi henkilö seuraa suunnittelun kulkua ja tekee omia havaintojaan. Tällaisella suunnittelun läpinäkyvyydellä haetaan parempaa lopputulosta ja asiakastytyvyyttä. (YTV 2012, osa 6.)

Yhdistelmämallia voidaan hyödyntää tekemällä törmäystarkastelu mallien kesken siihen soveltuvalla ohjelmalla. Ohjelmaan syötetään tarkastussäännöstö, jonka mukaan ohjelma suorittaa tarkastuksen. Säännöstö kertoo, mitä tarkastellaan ja törmäysten sallitut toleranssit. Säännöstöjä voidaan muokata projektin vaatimusten mukaisesti. Törmäystarkastelun tavoitteena on paljastaa suunnitelmien laatu, vaatimusten mukaisuus ja toteutettavuus. (Kattelus 2013, 30.)

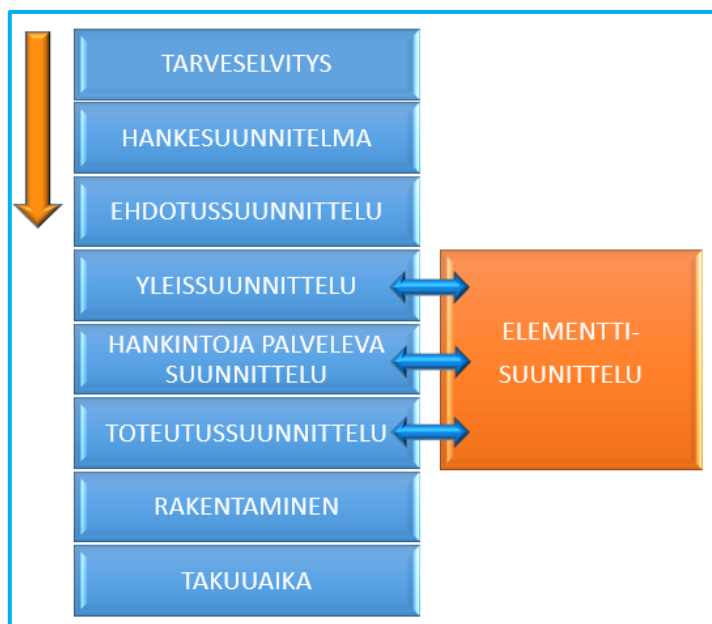
Aiemmin rakennusten kolmiulotteisista malleista käytettiin nimitystä tuotemalli. Nykyään tuotemalliksi voidaan nimittää pelkästään betonielementtien suunnittelua ja valmistamista varten tehtyä mallia. Tietomallipohjainen suunnittelu toimii parhaiten, kun sitä käyttää mahdollisimman moni hankkeessa mukana oleva suunnittelija ja toimija. Tällöin mallintamisen hyödyt jakaantuvat koko rakentamisprosessille. (Betoniteollisuus ry. 2018)

### 3 Tietomallipohjainen elementtisuunnittelu

Elementtisuunnittelu tehdään nykyisin yleensä mallintamalla joko osana rakennemallia tai erillisenä elementtimallina. Suurimmaksi osaksi yksittäisistä elementeistä tuotetaan edelleen 2D-piirustus elementtien tuotantoa varten. Osa tehtaista lukee ontelolaattaelementit suoraan mallista, mutta ainakin vielä kaikista muista elementeistä tuotetaan piirustukset.

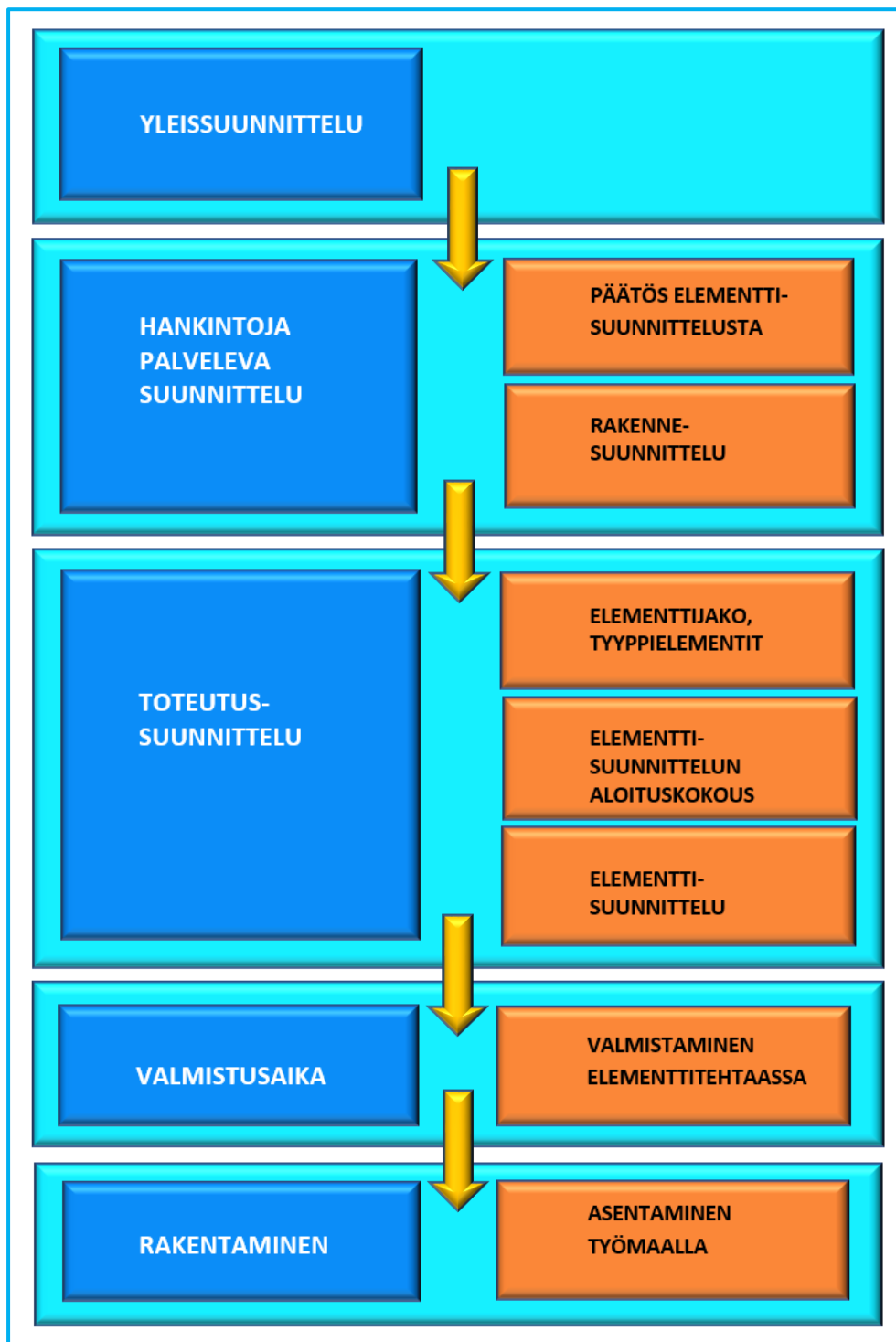
#### Elementtisuunnitteluprosessi

Päätettäessä uuden tilan rakentamisesta käynnistyy rakennushanke. Rakennushankkeesta muodostuu projekti, joka jakautuu seitsemään eri vaiheeseen. Elementtisuunnittelu on osa projektia. Kuviossa 1 on esitetty rakennushankkeen vaiheet ja elementtisuunnittelun sijoittuminen rakennushankkeen vaiheisiin.



Kuvio 1. Elementtisuunnittelun sijoittuminen rakennushankkeessa

Elementtisuunnitteluprosessi käynnistyy, kun rakennus tai osa siitä päätetään rakentaa elementtirakenteisena. Kaikkien osapuolien päätökset vaikuttavat suunnitteluprosessiin ja lopputulokseen. Toimivan lopputuloksen saavuttamiseksi suunnittelijoiden tulee rakennustekniikan lisäksi huomioida elementtitehtaan ja työmaan vaatimukset. Kuviossa 2 on esitetty elementtisuunnitteluprosessin kulku rakennusvaiheittain.



Kuvio 2. Elementtisuunnitteluprosessin eteneminen

Elementtisuunnittelusta vastaa joko kohteen rakennesuunnittelija tai erillinen elementtisuunnittelija. Jos rakennesuunnittelija toimii myös elementtisuunnittelijana, elementit mallinnetaan edellisen suunnitteluvaiheen tyyppielementtien pohjalta. Jos elementtisuunnittelusta vastaa erillinen elementtisuunnittelija, tehtävistä ja yhteensovittamisesta sovitaan erikseen projektikohtaisesti. Kuviossa 2 on esitetty elementtisuunnittelun jakautumisen hyviä ja huonoja puolia. Kuviossa esitetyt hyvät ja huonot puolet perustuvat Imatran Juva Oy:n toimitusjohtaja Tero Koikkalaisen ja rakennesuunnittelija Mari Puhakka-Asikaisen haastatteluun.



Kuvio 3. Elementtisuunnittelun jakautumisen hyvät ja huonot puolet

Imatran Juva Oy:llä tietomallintaminen tehdään käyttäen Tekla Structures-mallinnusohjelmaa. Lähes kaikki kohteet mallinnetaan siitä huolimatta, onko tietomallinnus suunnitteluvaatimuksena vai ei.

Anu Muhonen on diplomityössään 2017 todennut, että jos suunnittelukohteessa ei ole tilattu tietomallia, mallin päätavoitteena on tuottaa 2D-piirustukset. Muuten tietomallinnuksella tavoitellaan lähinnä elementtisuunnittelun virheiden minimoimista ja visuaalisen hahmottamisen parantamista. Jos taas kohteessa tietomallinnus on suunnitteluvaatimuksena, projektikohtaiset vaatimukset määräävät tietomallin tietosisällön. Tällöin tietomallinnus jakautuu kolmeen eri suunnitteluvaiheeseen: yleissuunnitteluun, hankintoja palvelevaan suunnitteluun ja toteutussuunnitteluun. (Muhonen 2017, 54)

Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen BEC2012 mukaan hankkeessa tulee järjestää mallinnuksen aloituskokous, jossa sovitaan seuraavat asiat:

- tietomallivastaavien nimet ja yhteystiedot
- käytettävät ohjelmat ja versiot
- kohteen ominaisuudet: talo, lohko, kerros, työkohde jne.
- mallinnustarkkuus ja mallin ja piirustusten keskinäinen pätevyysjärjestys
- sovitaan elementtien valmiusaste- ja päivämäärämerkinnät
- elementtien numerointi
- rakennemallinnuksen pelisäännöt ja rajapinnat
- mallinnukseen liittyvät lisätyöt
- elementtiteollisuuden ja/tai urakoisijan lisäämien tietojen siirtäminen päivittyneeseen suunnittelumalliin
- tietomallipohjaisen reikävaraussuunnittelun käyttäminen, piirustuksien teko ja vastuut
- mallien julkaisuformaattit ja aikataulu
- tietomallien luovutussopimusten laatiminen
- tietomalliselostuksen käyttö.

## **Yleissuunnitteluvaihe**

Yleissuunnitteluvaiheessa mallinnetaan kohteen rakennemalli. Elementit mallinnetaan yleissuunnitteluvaiheessa kooltaan ja sijainniltaan oikein mutta muuten hyvin yksinkertaisesti. Yleissuunnitteluvaiheessa malli toimii visuaalisen tarkastelun välineenä ja lähtötietona määrä-, kustannus- ja lujuuslaskelmille. Yleissuunnitteluvaiheen malli toimii lähtötietona seuraavalle suunnitteluvaiheelle.

## **Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe**

Elementtien saumajako suunnitellaan hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa. Saumajakoon vaikuttaa rakennuksen arkkitehtuuri, elementtitehtaan vaatimukset sekä elementtien koko ja paino. Jokaisesta elementtityypistä suunnitellaan tyyppielementti. Tyyppielementit mallinnetaan liittymineen, raudoituksiin ja valutarvikkeineen. Tyyppielementeistä luodaan elementtipiirustus, joka toimii pohjana myöhemmin tehtäville piirustuksille. Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa tyyppielementit ja -piirustukset toimivat lähtötietona elementtisuunnittelun ja -toteutuksen hinnan laskentaan.

## **Toteutussuunnitteluvaihe**

Toteutussuunnitteluvaihe alkaa elementtisuunnittelun aloituskokouksella. Aloituskokouksessa käsiteltävät tiedot riippuvat siitä, kuinka kohteen suunnittelu jakautuu. Suunnittelun jakautumisen lisäksi elementtisuunnittelun aloituskokouksen lähtötietoina tarvitaan tiedot suunnitteluajatauluista, elementtien kuljettamisen ehdoista, elementtien suurimmasta sallitusta painosta elementtitehtaalla ja työmaalla, ja lisäksi tarvitaan alustava työmaasuunnitelma.

Kohteissa, joissa rakennesuunnittelija vastaa myös elementtisuunnittelusta, sovitaan toimitusaika ja -tapa seuraaville lähtötiedoille:

- mitoitettut työpiirustukset sisältäen kantavien ja osastovien rakenteiden mitoitus, elementtisaumojen paikat vaakatasossa, ikkunoiden ja ovien tunnuksiset ja mitoitus, muiden aukkojen mitoitus, paloluokat ja -osastointi ja leikkaus- ja detaljimerkinnot

- julkisivupiirustukset sisältäen elementtijako julkisivuittain, eri julkisivujen pinnoitteet ja niiden väliset rajat, kiinnikkeet, reiät, maanpinnan kulku seinien vierellä, sokkeli-, räystääs ja harjakorkeudet
- leikkauspiirustukset sisältäen elementtisaumojen paikat pystysuunnassa, aukkomitoitus pystysuunnassa, räystäät, katokset, sokkelit ja parvekkeet
- detaljipiirustukset sisältäen elementtisaumojen koot ja muodot, reunadetaljit, ikkunoiden ja ovien liittymiset elementteihin, aukkojen reunamuodot, laatoitettujen ja profiloitujen pintojen liittymiset toisiinsa, metalliovien, teräsosien ja kaiteiden liittyminen elementteihin
- ikkuna- ja ovikaaviot
- työselitys
- porras-, parveke- ja hissi- ja hissipiirustukset.

Kohteissa, joissa elementtisuunnittelu tehdään omana projektinaan, sovitaan toimitusaika ja tapa seuraaville lähtötiedoille:

- mitoitettut perustuspiirustukset sisältäen kantavien rakenteiden mitat, leikkausmerkinnät, detaljimerkinnät, elementtejä rasittavat ulkoiset kuormat eriteltynä ja jäykistävät rakenteet
- alapohjapiirustukset
- tasopiirustukset
- vesikattopiirustukset
- elementtirakenteisiin liittyvät leikkauspiirustukset
- elementtien tyypipiirustukset sisältäen betoniosien paksuusvaihtelut, lämmöneristeiden materiaali- ja paksuusvaihtelut, pinnoitevaihtelut, palonkestoluokat, ympäristöluokat ja tyypiraudoitukset
- detaljipiirustukset sisältäen elementtien asennus- ja liitosdetaalit ja elementtien ja paikallavalurakenteiden liitokset
- varauspiirustukset tarkastettuna
- elementtirakenteisiin liittyvät rakennetyypit.

Elementtisuunnitteluun liittyvien asioiden lisäksi elementtisuunnittelun aloituskokouksessa sovitaan ja hyväksytään katselmuksien ajankohdat, tietomallin luovutus sopimus ja alustava työmaasuunnitelma. Tietomallin luovutus sopimuksessa määritellään käytettävät käyttö- ja tekijänoikeudet, tiedostoformaatit ja mallin käyttötarkoitus.

Elementtisuunnittelun aloituskokouksen jälkeen tehdään varsinainen elementtisuunnittelu, jolloin elementit mallinnetaan tarkasti. Mallinnustarkkuudesta kerrotaan tarkemmin luvussa 4.1. Valmiiksi mallinnetuista elementeistä tehdään A3-kokoiset tulosteet toimitettavaksi elementtitehtaalle. Kuvat lähetetään ensin sähkösuunnittelijalle, joka lisää sähköistyksen vaatimat tarpeet kuviin ja palauttaa ne sitten takaisin elementtisuunnittelijalle. Elementtisuunnittelija lähettää kuvasarjat elementtitehtaalle. Yleensä elementtipiirustukset tulee toimittaa elementtitehtaalle vähintään kuusi viikkoa ennen elementtien toimittamista työmaalle. Toimitusajat riippuvat kuitenkin aina tehtaan muusta tilauskannasta. Toimitusajat voivat olla huomattavasti pidempiä silloin, kun rakennetaan paljon ja kysyntää on paljon. Toimitusaika pitää näin ollen sopia aina elementtitehtaan kanssa projektikohtaisesti.

## **4 Elementtisuunnittelun vaatimukset ja ohjeistukset**

Rakennesuunnittelua säätelee laki, eurokoodit, asetukset ja normit. Näiden lisäksi käytäntöjen yhtenäistämistä ja laadun parantamista varten on luotu ohjeita ja vaatimuksia. Elementtisuunnittelun kannalta olennaisimpia ovat Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12 ja Elementtisuunnittelun mallinnusohje BEC 2012.

Elementtisuunnittelun mallinnusohjeen BEC 2012 mukaan suunnittelijoiden tulee seurata Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 ja BEC 2012 mukaisia määrittelyjä tarkkuustasosta, tiedonsiirrosta ja yhteistyöstä. Lisäksi hankkeessa tulee järjestää mallinnuksen aloituskokous, jossa tietomallinnukselle sovitaan tavoitteet. YTV 2012 ja BEC 2012 eivät anna yksityiskohtaisia ohjeita tietomallin tekemiseen, vaan vaatimusten ja ohjeistuksen tarkoituksena on tietomallin oikean tietosisällön määrittely tarkoituksenmukaista käyttöä varten.

#### **4.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012**

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012 määrittelevät vähimmäisvaatimukset sekä tietomallinnukselle että tietomallin tietosisällölle rakennushankkeessa. YTV 2012 -julkaisusarja koostuu neljästätoista erillisestä julkaisusta, joista osa on suunnattu hankkeen kaikille osapuolille ja osa on alakohtaisia. Rakenne- ja elementtisuunnittelua koskevat vaatimukset on esitetty julkaisusarjan osassa 5.

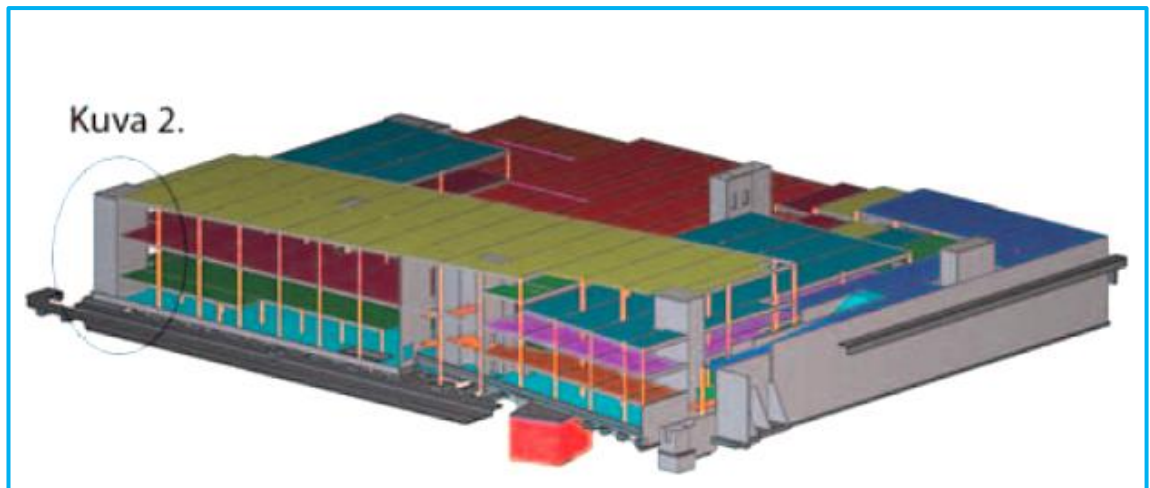
YTV 2012 osassa 5 kerrotaan, että tietomallintamisen yleistyessä on tullut tarpeelliseksi määritellä entistä täsmällisemmin, mitä ja miten mallinnetaan. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 julkaisusarja on kehitetty tähän tarpeeseen aikaisempien ohjeiden ja käyttäjien kokemusten perusteella.

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012 osa 5 sisältää liitteen 1 Rakennemallin tietosisältö, jonka mukaan rakennesuunnittelijan on tietomalli mallinnettava. Liitteessä on eritelty mallinnettavat osat ja mallinnustarkkuus suunnitteluvaiheittain. Suunnitteluvaiheet ovat yleissuunnittelu, hankintoja palveleva suunnittelu ja toteutussuunnittelu. YTV 2012 mukaan mallista tulostettavien piirustusten laadinta tehdään tilaajan tai yleisten ohjeiden mukaisesti.

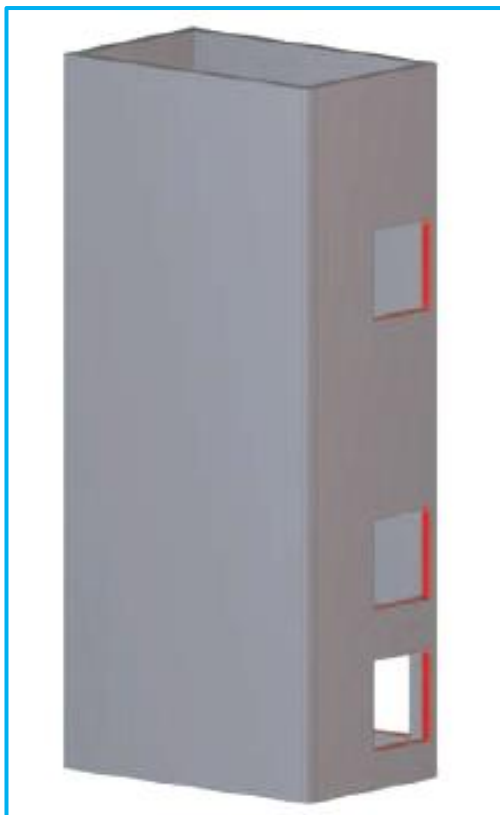
YTV 2012 osassa 5 kerrotaan, että yleissuunnitteluvaiheessa malli toimii visuaalisen tarkastelun välineenä ja lähtötietona määrä-, kustannus- ja lujuuslaskelmille. Mallin pohjalta saadaan tehtyä alustava runkoaikataulukko ja suunnitelmien yhteensovittaminen. Mallista saadaan tuotettua perustuksien, alapohjan ja tasojen mittapiirustukset ja yleisleikkauspiirustus. Yleissuunnitteluvaiheen malli toimii lähtötietona seuraavalle suunnitteluvaiheelle.

Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012, osa 5 sisältämä liite 1 Rakennemallin tietosisältö ohjeistaa yleissuunnitteluvaiheesta, että kantavat rakenteet tulee mallintaa perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein. Ulkoseinät voidaan mallintaa esimerkiksi yhtenäisenä seinäobjektina määrien raportoinnin takia.

YTV 2012 sisältää selventävät kuvat eri suunnitteluvaiheiden malleista ja mallitarkkuudesta. Kuvat 1 ja 2 selventävät yleissuunnitteluvaiheen vaatimuksia. Kuva 1 on kokonaiskuva mallista ja kuva 2 on selventävä kuva porrashuoneesta, jossa näkyy mallitarkkuus kyseisessä suunnitteluvaiheessa. Yleissuunnitteluvaiheessa porrashuoneen seinät on mallinnettu perusgeometrialtaan ja sijainniltaan oikein, mutta saumoja tai kerrosjakoa ei ole määritelty.



Kuva 1. Malli yleissuunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 5.)



Kuva 2. Mallitarkkuus yleissuunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 5.)

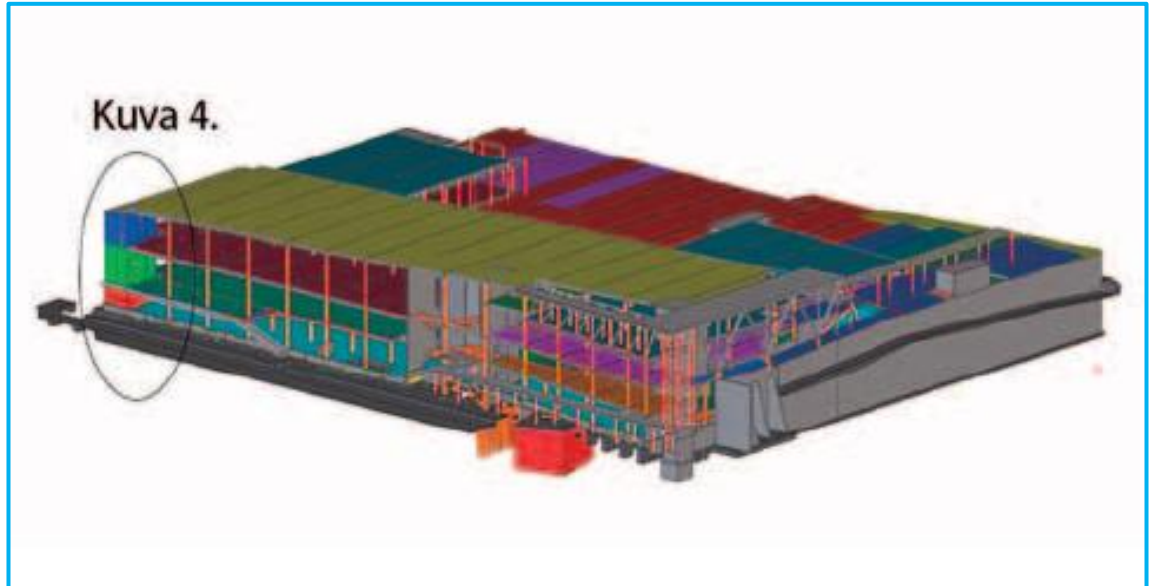
YTV 2012 osassa 5 kerrotaan, että hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa malli kehitetään hankintakyselyjen edellyttämälle tasolle ja laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat hankintakyselyjä varten. Mallissa esitetään kantavien ja ei-kantavien betonirakenteiden koko, laajuus, määrät sekä tarkka sijainti. Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa malli toimii suunnitelmien havainnollistamisen välineenä ja lähtötietona määrälaskentaan. Mallin pohjalta saadaan tehtyä työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu, rakentamisaikataulun suunnittelu ja asennus- ja työjärjestysten suunnittelu ja suunnitelmien yhteensovittaminen. Mallista saadaan tuotettua elementtien osalta elementtikaaviot ja mallielementtipiirustukset. Hankintoja palvelevan suunnitteluvaiheen malli toimii lähtötietona toteutus suunnitteluvaiheelle.

Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 osa 5 sisältämä liite 1 Rakennemallin tietosisältö ohjeistaa hankintoja palvelevasta suunnitteluvaiheesta, että kantavista seinistä, pilareista, palkeista, välipohjista, yläpohjista, ei-kantavista betonisista väliseinistä ja ulkoseinistä mallinnetaan mallielementit geometrian ja sijainnin osalta oikein, liittymineen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen. Muut elementit ja paikallavalurakenteet mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein siten, että törmäyksiä ei synny ja tieto rakenteiden kokonaismäärästä selviää mallista. Julkisivuelementtien pintakäsittelyiden mallintamisesta sovitaan hankekohtaisesti.

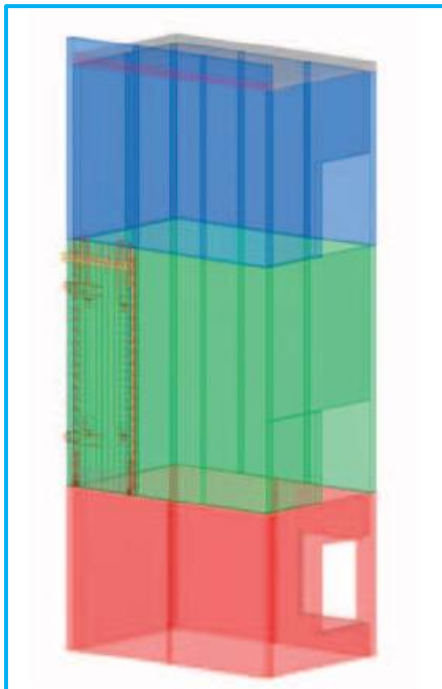
Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 osa 5 täydentävä liite Mallinnustarkkuus on tarkoitettu avuksi hankintoja palvelevan rakennesuunnittelun tietomallipohjaista hankintaa varten. Ohje tarkentaa eri rakennusosien mallinnustapaa ja -tarkkuutta, ja se täydentää julkaisusarjan Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osaa 5. Rakennesuunnittelu. Tietomallipohjaisesti toteutetussa suunnittelussa on tärkeää, että rakennusosat saadaan kuvattua selkeästi rakennushankkeen eri osapuolien käyttöön. Ohjeen mukaisesti tuotetun mallinnusaineiston avulla tilaaja saa käyttöönsä rakennusosien yhdenmukaiset materiaali- ja määrätiedot.

Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa porrashuoneen seinät on mallinnettu perusgeometrialtaan ja sijainniltaan oikein. Lisäksi elementtien saumajako ja kerrosmäärittely on tehty. Mallielementti on mallinnettu liittymineen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen.

Kuvat 3 ja 4 selventävät hankintoja palvelevan suunnitteluvaiheen vaatimuksia. Kuva 3 on kokonaiskuva mallista ja kuva 4 on selventävä kuva porrashuoneesta, jossa näkyy mallitarkkuus kyseisessä suunnitteluvaiheessa.



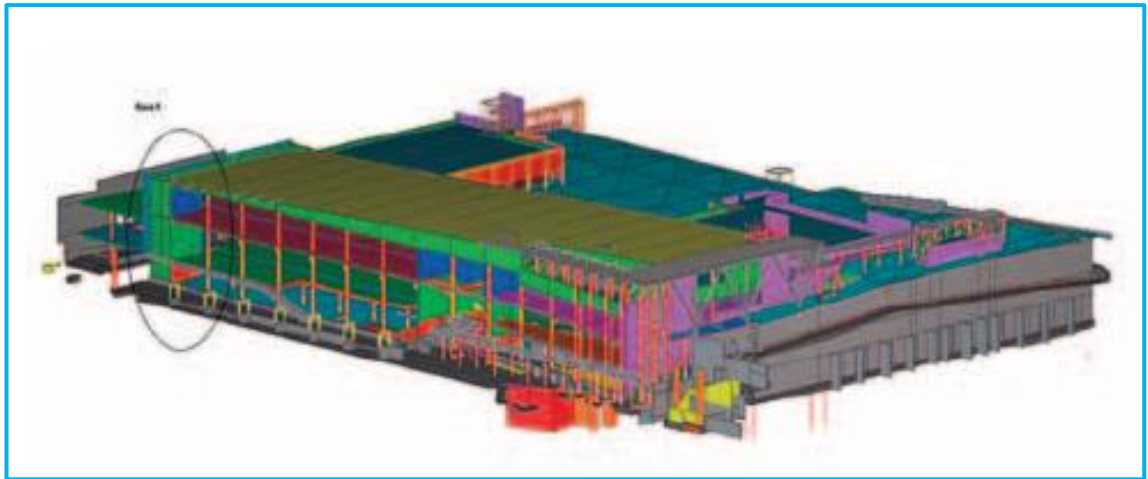
Kuva 3. Malli tarkennettu hankintoja palvelevaan suunnitteluvaiheeseen (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 5.)



Kuva 4. Mallitarkkuus ja mallielementti hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 5.)

YTV 2012 osassa 5 kerrotaan, että toteutussuunnitteluvaiheessa rakennemallin sisältö ja tarkkuus määräytyvät rakennesuunnittelijan tehtävien laajuudesta. Jos rakennesuunnittelija toimii myös elementtisuunnittelijana, kaikki elementit mallinnetaan edellisen suunnitteluvaiheen mallielementtien mukaisesti. Jos elementtisuunnittelu tapahtuu jonkun muun kuin rakennesuunnittelijan toimesta, rakennesuunnittelija jatkaa mallin kehittämistä muiden rakenteiden osalta. Tällöin eri rakennesuunnittelijoiden työtehtävistä ja yhteensovittamisesta sovitaan hankekohtaisesti. Toteutussuunnitteluvaiheessa malli toimii suunnitelmien havainnollistamisen välineenä ja lähtötietona määrälaskentaan. Mallin pohjalta saadaan tehtyä työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu, rakentamisaikataulun toteumatilanteen esittäminen ja havainnollistaminen ja asennus- ja työjärjestysten suunnittelu. Jos rakennesuunnittelija vastaa myös elementtisuunnittelusta, mallista saadaan tuotettua elementtikaaviot ja elementtipiirustukset.

Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 osa 5 sisältämä liite 1 Rakennemallin tietosisältö ohjeistaa toteutussuunnitteluvaiheesta, että elementit ja kokoonpanot mallinnetaan suunnittelusopimuksen mukaisesti. Kuvat 5 ja 6 selventävät toteutussuunnitteluvaiheen mallintamista, jossa kaikki elementit on mallinnettu edellisen vaiheen mallielementtien mukaisesti. Kuva 5 on kokonaiskuva mallista ja kuva 6 on selventävä kuva porrashuoneesta, jossa näkyy mallitarkkuus kyseisessä suunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnitteluvaiheessa elementit on mallinnettu liittyvineen, raudoitteinen ja valutarvikkeineen.

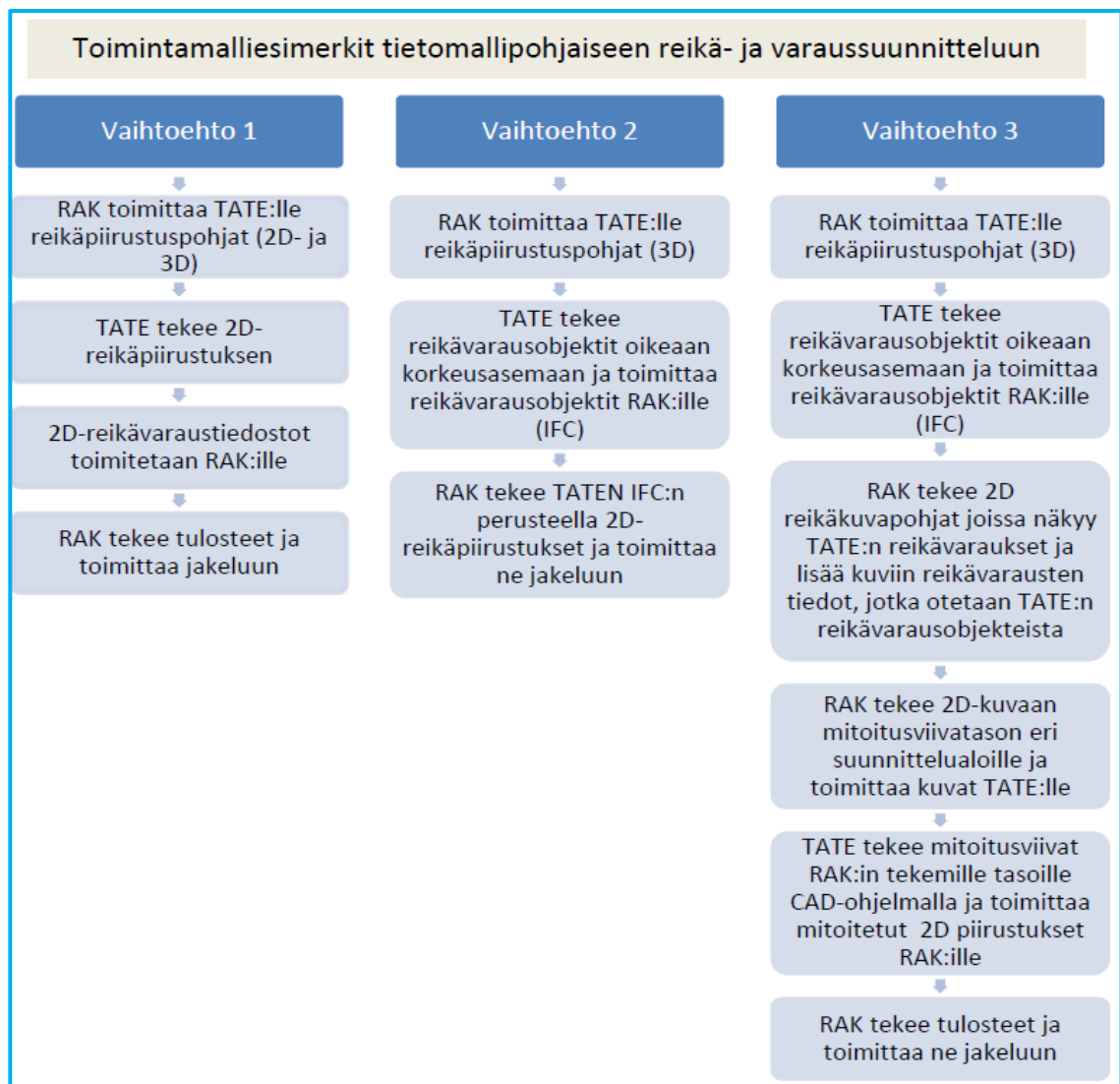


Kuva 5. Malli tarkennettu toteutussuunnitteluvaiheeseen (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 5.)



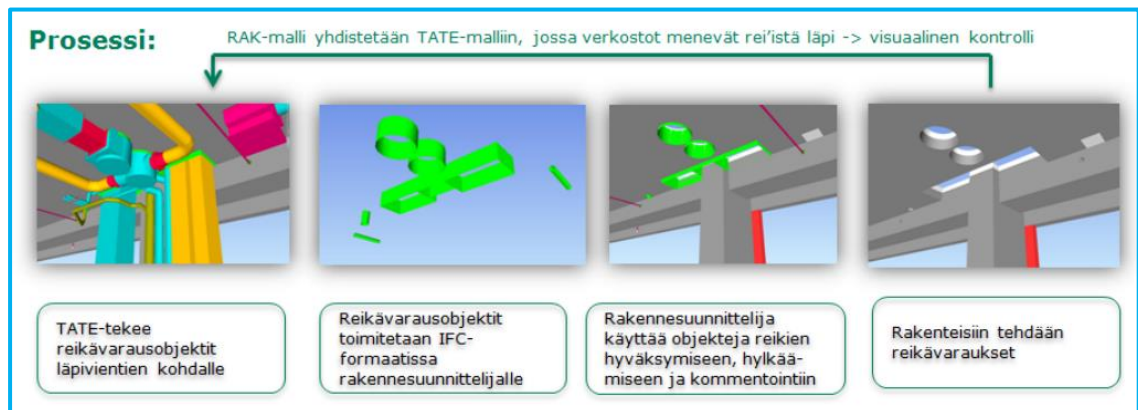
Kuva 6. Elementit valmiiksi mallinnettuina toteutussuunnitteluvaiheessa (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 5.)

Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 mukaan tietomallipohjainen reikä- ja varaussuunnittelu tehdään hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa. Vastuut ja käytännöt sovitaan aina projektikohtaisesti erikseen. Reikä- ja varaussuunnittelu voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. YTV 2012 osassa 5 esitetään kolme vaihtoehtoista tietomallipohjaista toimintamallia 2D-reikäpiirustusdokumenttien tekoon. Kuvio 4 on Anu Muhosen diplomityöhönsä 2017 kokoama selventävä yhteenveto YTV 2012 esittämistä reikä- ja varaussuunnittelun toteutus vaihtoehdoista. Toimintamalleja voidaan hyödyntää myös soveltaen.



Kuvio 4. YTV 2012 osan 5 mukaiset toimintamallit tietomallipohjaisessa reikä- ja varaussuunnittelussa kuvattuna kaaviomuodossa. (Muhonen 2017, 26)

Yleisten tietomallivaatimusten YTV 2012 osa 4 täydentävän liitteen Talotekniikan mallinnusvaatimuksia mukaan tietomallipohjaisella reikävarausprosessilla saadaan laadukkaampi ja yhteensovitetumpi lopputulos kuin perinteisellä reikäpiirustusprosessilla. Reikävarausprosessissa TATE-suunnittelija vastaa siitä, että heidän reikävarausehdotukset sisältävät ohjeen mukaisen paikka- ja tietosisällön ja ovat riittävän kokoisia taloteknisille verkostoille. TATE-suunnittelija tekee reikävarausehdotuksia rakennesuunnittelijalle, jonka jälkeen rakennesuunnittelija vastaa siitä, onko ehdotettujen reikien teko rakenteellisesti mahdollista ko. rakennukseen. Ohjeistuksessa reikävaraustiedon tuottaminen reikävarausobjektein ei koske elementtisuunnittelun vaatimia sähkötekniikan vaatimia varauksia, jotka eivät lävistä rakennetta. Kuvassa 7 on esitetty tietomallipohjainen reikävarausprosessi.



Kuva 7. Tietomallipohjainen reikävarausprosessi. (Yleiset tietomalli vaatimukset, osa 4, täydentävä liite Talotekniikan mallinnusvaatimuksia.)

Reikämallisuunnittelu on RAK- ja TATE-suunnittelijoiden yhteinen iteratiivinen prosessi. Iteratiivinen tarkoittaa, että vaikka suunnitteluprosessi on lineaarinen, käydään prosessi läpi useina päällekkäisinä vaiheina ja aikaisempiin voidaan aina palata. Reikä- ja varaussuunnittelussa muutoksia tulee lähes aina. Usein reikien ja varauksien koot ja sijainnit muuttuvat tai rakenneosaan on talotekniikan puolesta suunniteltu liian suuri reikä, jolloin rakenneosa ei enää kestä. Tällöin järkevintä toteutustapaa mietitään yhdessä rakennesuunnittelijan ja talotekniikan suunnittelijan kanssa eli koko prosessi aloitetaan käytännössä alusta. Onnistuneen suorituksen edellytys on toimiva yhteistyö suunnittelijoiden välillä.

## **4.2 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12**

Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12 on tarkoitettu talonrakennusta koskevan rakennesuunnittelun tehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. Luettelo mahdollistaa hankekohtaisen rakennesuunnittelun tehtävien suorittajien valinnan. Tehtäväluetteloä käytetään suunnittelijan tehtävälaajuuden määrittelyssä, suunnittelukokonaisuuden hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta. Tehtäväluettelo liitetään suunnittelusopimukseen.

RAK12:n mukaan yleissuunnitteluvaiheen dokumentointivaiheessa tehdään perusrakenteiden työselostus. Työselostukseen kirjataan runkorakenteiden työselostukset rakennusmateriaaleittain: betoni, betonielementti, teräs ja puu.

RAK12:n mukaan hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheen runkorakenteiden, julkisivu- ja ulkotasarakenteiden hankinta-asiakirjojen laatimisvaiheessa esitetään elementtikaaviot elementtitunnuksineen ja tehdään periaatesuunnitelmat, jotka sisältävät tyyppielementtipiirustukset, elementtiluettelot ja tyyppilliset liitosdetaljit. Lisäksi laaditaan betonielementtirakenteiden työselostus.

RAK12:n mukaan betonielementtisuunnittelu tehdään erillistehtävänä toteutus-suunnitteluvaiheessa. Erillistehtävä tarkoittaa, että tehtävät sovitaan aina hankekohtaisesti erikseen.

## **4.3 Elementtisuunnittelun mallinnusohje BEC 2012**

Betoniteollisuus ry:n Elementtisuunnittelun mallinnusohje BEC 2012 ohjeistaa betonielementtien tietomallinnusta, jotta mallit ovat samankaltaisia riippumatta suunnittelutoimistosta tai mallintajasta. Riittävän yksityiskohtaiset betonielementtisuunnittelun mallinnusohjeet mahdollistavat mallin hyödyntämisen suunnittelun lisäksi elementtiteollisuudessa ja työmaalla. Ohjeistus on laadittu niin, että kappaleissa käsitellään ensin yleisiä vaatimuksia ja sen jälkeen on tarkennettu ohje, joka perustuu Tekla Structures -ohjelmiston toimintoihin.

BEC 2012 -ohjeen mukaan yleissuunnitteluvaiheessa elementit tulee mallintaa oikean kokoisina ja oikeaan sijaintipaikkaan. Alustavien suunnitelmien mukainen mallintaminen toimii pohjana määrälaskennalle ja yhteensovittamiselle.

BEC 2012 -ohjeen mukaan hankintoja palvelevassa suunnittelussa malli kehitetään hankintakyselyjen edellyttämälle tasolle ja laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat hankintakyselyjä varten. Määrälaskenta saadaan tehtyä, kun mallintaessa kiinnitetään huomiota elementtien äärimittojen oikeellisuuteen ja lisäksi mallinetaan suuret aukot kuten ikkunat ja ovet. Osasta elementtejä on lisäksi laadittava tyyppielementit ja tyyppielementtipiirustukset. Tyyppielementtien mallinnuksen tarkkuus taso vastaa toteutussuunnittelun tarkkuustasoa. Elementeille tulee antaa yksilöllinen tunniste (Teklassa ACN-numero), jotta elementtejä voidaan seurata urakkavaiheesta aina elementtien asennukseen. ACN-numerointi on yksilöllinen juokseva numero, joka pysyy samana, vaikka elementtitunnuksen ja/ tai piirustusnumeron numerotunniste suunnittelun aikana muuttuisikin.

BEC 2012 -ohjeen mukaan toteutussuunnitteluvaiheessa elementit täydennetään vastaamaan tietosisällöltään perinteisiä piirustusdokumentteja. Elementteihin lisätään mallissa kaikki tarvittava tieto, joko mallintamalla tai tekstitietona. Jos joitain tarvikkeita jätetään mallintamatta, tulee tieto lisätä elementtiin niin, että tieto tarvikkeesta raportoidaan samalla tavalla kuin mallinnetutkin tarvikkeet.

BEC 2012 -hankkeessa on tehty tietomallipohjaiset mallipiirustukset, jotka löytyvät elementtisuunnittelu.fi-sivustolta. Mallipiirustukset ovat elementtiteollisuuden tarkastamat ja hyväksymät, joten niitä voidaan käyttää esimerkkeinä projektin piirustuksia luotaessa. Mallipiirustuksissa on kiinnitetty huomiota tärkeimpiin asioihin, joita ovat piirustusten yleisilme ja luettavuus, näkymät ja niiden sisältö, mitoitusperiaatteet, taulukoiden rakenne ja sisältö, raudoite- ja tarviketunnuksien sisältö ja katsomissuunnat. Mallipiirustuksista puuttuu tärkeitä tietoja kuten painopisteen paikka ja asennuskorko. Mallipiirustukset on tehty nimenomaan elementtiteollisuuden tarpeita silmällä pitäen, mutta niissä ei huomioida työmaan tarpeita. Piirustuksia käytetään myös elementtiasennussuunnitelmaa tehtäessä ja elementtien asennusvaiheessa, jolloin nämä tiedot ovat oleellisia työturvallisuuden ja asennuksen onnistumisen kannalta.

#### **4.4 Vaatimusten ja ohjeistusten vertailu ja soveltaminen käytännössä**

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012, Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo-RAK12 ja Elementtisuunnittelun mallinnusohje BEC 2012 antavat kaikki ohjeita rakennuksen elementtisuunnitteluun. Pääosin sisältö näissä kaikissa on melko samanlaisia eikä ristiriitoja ole.

YTV 2012 antaa selkeät ohjeet suunnitteluvaiheittain. Ohje sisältää erittäin hyvät kuvat, jotka selventävät vaatimuksia suunnitteluvaiheittain.

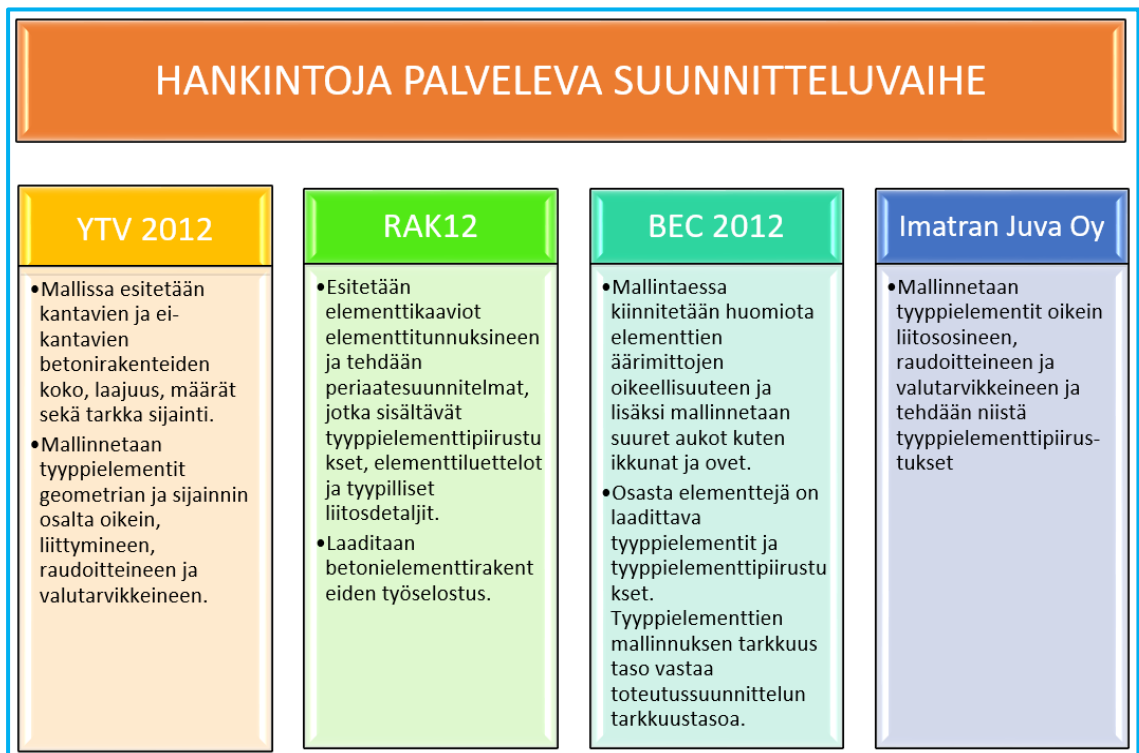
RAK12 sisältää enemmän ohjeistusta rakennusprojektin muuhun kulkuun kuin elementteihin. Elementtisuunnittelu on erillistehtävä, joten siitä mainitaan vain vaatimukset suunnitteluvaiheittain. Varsinaista elementtisuunnittelua ohje ei käsittele lainkaan. RAK12 vaatimukset elementtisuunnittelun kannalta haluttiin tarkastaa tässä työssä, koska lähes kaikissa tarjouspyynnöissä vaatimuksena on RAK12 noudattaminen.

BEC 2012 on puolestaan tehty juuri elementtisuunnittelua varten. Ohje antaa yleisten vaatimusten lisäksi ohjeistuksen, kuinka ohje toteutetaan Tekla Structures -ohjelmalla. BEC 2012 kertaa ja tarkentaa osia Yleisistä tietomallivaatimuksista. BEC 2012 -ohje on tarkoitettu rakenne- ja elementtisuunnittelijoita varten työskentelyn tueksi. YTV 2012 on enemmän yleisohje, ja sitä voivat käyttää muutkin rakennushankkeessa mukana olevat henkilöt apuna hahmottamaan elementtisuunnittelun etenemistä hankkeen eri vaiheissa.

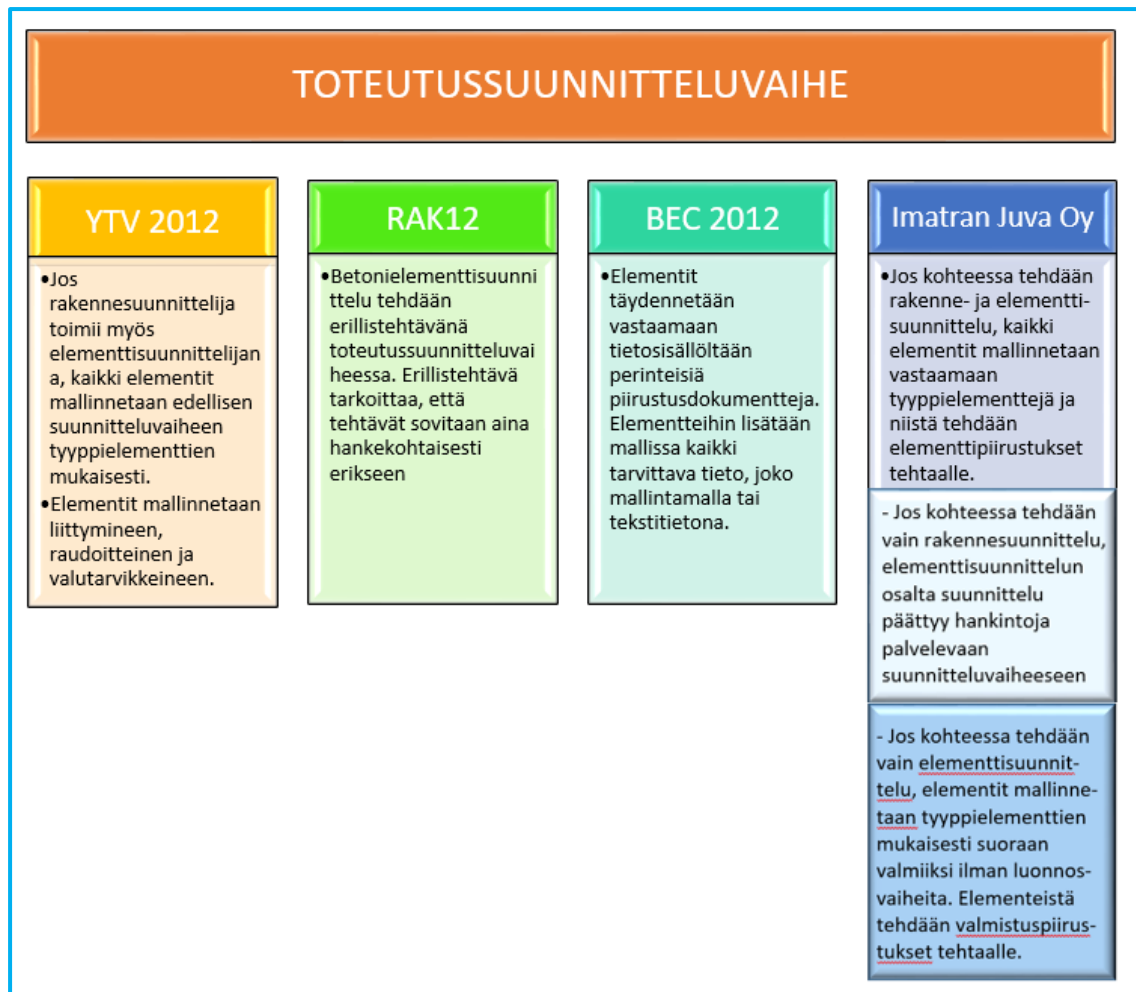
Kuvioissa 4, 5 ja 6 on esitetty yhteenveto YTV 2012, RAK12 ja BEC 2012 ohjeistuksissa suunnitteluvaiheittain. Lisäksi kuvioissa on kerrottuna, kuinka Imatran Juva Oy eri suunnitteluvaiheessa elementtisuunnittelun osalta toimii. Imatran Juva Oy:n osalta sisältö perustuu toimitusjohtaja Tero Koikkalaisen haastatteluun. Kuvioiden tarkoituksena on selventää vaatimusten ja ohjeiden erilaisuutta ja erityisesti sitä, toteutuuko vaatimukset ja ohjeistukset Imatran Juva Oy:n toimintamallissa.



Kuvio 5. Elementtisuunnittelu yleissuunnitteluvaiheessa



Kuvio 6. Elementtisuunnittelu hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa



Kuvio 7. Elementtisuunnittelu toteutussuunnitteluvaiheessa.

Elementtisuunnittelun vaatimusten ja ohjeistusten noudattamisen edellytyksenä on se, että elementtisuunnittelun aloituskokouksessa lähtötietojen toimittamiselle sovitaan tarkka aikataulu, jota noudatetaan. Kohteissa, joissa rakennesuunnittelu ja elementtisuunnittelu tehdään saman suunnittelutoimiston toimesta, aikataulutusta on joustavampaa ja rakenne- ja elementtisuunnittelu voidaan tehdä rinnastusten ja toisiaan tukien. Kohteissa, joissa elementtisuunnittelu tehdään omana projektina, lähtötietojen tarkkuus ja oikea toimitusaikataulu ovat todella tärkeitä projektin onnistumisen kannalta.

## 5 Elementtisuunnitteluprosessin kehittäminen

Elementtisuunnitteluprosessin on tarkoitus olla hyvin johdonmukaisesti etenevä työvaihe rakennushankkeessa. Elementtisuunnitteluprosessissa mallintamiseen ja piirustusten tuottamiseen kuluu paljon aikaa. Mallintamisen ja piirustusten tuottamisen pitäisi olla mahdollisimman tehokasta ja mallintajan pitäisi osata käyttää mallinnusohjelman parhaita toimintoja. Suunnitteluprosessin tehokkuutta voidaan parantaa luomalla yksinkertaiset mallinnusohjeet ja valmiit piirustusasetukset, jotka nopeuttavat mallintamista ja piirustusten tuottamista.

### 5.1 Prosessin kehittämisen tarve

Anu Muhonen on diplomityössään tutkinut elementtisuunnitteluprosessiin liittyviä ongelmia. Diplomityön tuloksena suurimmat ongelmat liittyvät toimistokohtaisen ohjeen ja piirustuksien valmiiden asetusten puuttumiseen. Mallintamisessa suunnittelijat toimivat oman osaamisensa mukaan ja neuvoja toisilta suunnittelijoilta kysellään jatkuvasti. Erilaisia toimintatapoja on yhtä monta kuin suunnittelijoitakin. Valmiiden piirustusohjeiden puuttuminen taas aiheuttaa sen, että manuaalista työtä joutuu tekemään huomattavan paljon ja samoja asioita muokataan lähes kaikissa elementtipiirustuksissa. Elementtipiirustusten filterien eli suodattimien ja mitoitustyökalujen käyttäminen on hidasta ja haastavaa eikä valmiiden asetusten tekemiseen ole projektin aikana aikaa. (Muhonen 2017, 53)

Anu Muhonen toteutti diplomityössään Imatran Juvan työntekijöille kyselytutkimuksen, joissa pureuduttiin elementtisuunnitteluprosessin haasteisiin. Kyselytutkimuksessa havaittiin seuraavia ongelmia:

- *on epäselvää, miten mallinnetaan. Yhtenäinen käytäntö puuttuu.*
- *tietojen syöttäminen ja elementtien perustiedot: piirustuksiin jää helposti väärää tietoa, jos jokin kohta unohtuu*
- *reikien ja varausten tekeminen, reikäobjektien nimeäminen: jos nimi ja tunnus sama kuin palkilla, reikäobjekti listautuu palkiksi. Tämä vaikeuttaa myös numerointia.*
- *komponenttien käyttö: asetuksissa on epäselvyyksiä, mitä komponentteja kannattaa käyttää.*
- *valutarvikkeiden mallinnus: listautuvat väärällä nimellä piirustukseen, jos taulukointi asetukset eivät ole kunnossa.*
- *piirustukset, yleisilme ja luettavuus: jos asetukset ovat väärin, ohjelma saattaa muuttaa automaattisesti piirustuksia. On iso työ muokata asetukset kuntoon ilman valmiita pohjia. Toimiston on yhtenäistettävä*

*piirustus pohjia. Uuden piirustuksen luonti on hankalaa, jos ei ole piirustus pohjaa, jonka voi kopioida.*

- *aikataulut: arvioidut tuntimäärät eivät toteudu, koska prosessiin kuluu paljon aikaa. Aikataulut elementtisuunnittelulle on tiukkoja.*

Muhonen toteaa työssään, että tietomallissa kunkin elementtityypin ensimmäisen elementin mallintamiseen kuluu paljon aikaa, koska kopioitavaa kohdetta ei ole. Myös piirustuksien luomisen kannalta tilanne on sama. Erityisesti projektin jokaisen elementtityypin ensimmäinen elementtipiirustus vie paljon aikaa. (Muhonen 2017, 51–52.)

Elementtipiirustukset tulee tarkastaa huolellisesti ennen niiden toimittamista elementtitehtaalle. Jos virhe huomataan vasta kun elementti on jo toimitettu työmaalle, virheen korjaaminen on kallista. Ikävimmässä tapauksessa koko elementti joudutaan uusimaan, jolloin asennustyö viivästyy huomattavasti.

## **5.2 Kehittäminen**

Edellisessä luvussa kerrottujen ongelmien ratkaisemiseksi Imatran Juva Oy haluaa kehittää elementtisuunnitteluprosessiaan. Mahdollisia kehittämiskäsitteitä on mietitty yhdessä yrityksen työntekijöiden kesken.

Anu Muhonen on diplomityössään työstänyt elementtisuunnittelun kehittämistä kloonimallin kautta. Kloonimallin oli tarkoitus sisältää mallielementit piirustuksiin. Kloonimallin oli tarkoitus olla esimerkkimalli, jossa elementtien tietosisällöt ovat oikein ja kopioitavissa. Kloonimalli ei kuitenkaan jatkossa ole toimiva ratkaisu, koska se pitäisi päivittää aina Tekla Structuresin uusimpaan versioon ja näin kloonimallin ylläpito vie liikaa resursseja. Kloonimallin käytön arvioiminen perustuu toimitusjohtaja Tero Koikkalaisen ja rakennesuunnittelija Anu Sahin (os. Muhonen) haastatteluun.

Tässä opinnäytetyössä kehitetään ratkaisuksi elementtien mallinnusohje eli elementtikortti, mallielementtejä erilaisista elementtityypeistä ja mallipiirustukset eri elementtityypeistä. Elementtien mallinnusohje pohjautuu siihen, että mallintaminen tehdään käyttäen tiettyjä valmiita asetuksia, jolloin mallintaminen nopeutuu. Lisäksi elementtipiirustukset saadaan tuotettua helpommin näiden mallintamiseen ja piirustuksiin luotujen valmiiden asetusten perusteella. Asetusten tekeminen on työlästä, joten työ rajataan koskemaan yleisimpiä seinäelementte-

jä. Tarkoituksena on jatkaa työtä myöhemmin ainakin pilarielementtien osalta. Erona Anu Muhosen kloonimallin kehittämiseen on se, että dokumentoidut asetukset ovat tämän työn pääasia. Mallielementtejä voidaan kopioida kyllä työn tueksi, mutta pääasiassa mallielementit ja piirustukset luodaan siksi, että mallinnus ja piirustusasetukset saadaan niiden mukaisesti tehtyä. Jatkossa vain asetukset kopioidaan uuteen Tekla Structuresin päivitysversioon ja elementtien ja piirustusten kopiointi tehdään edellisestä mallista.

### **5.3 Soveltaminen käytännössä**

Elementtisuunnitteluprosessin omaksuminen vie aikaa erityisesti uusilta työntekijöiltä. Suunnitteluohjausta tarvitaan edelleen yhtä paljon, koska elementtien suunnittelija on aina vastuussa suunnitelmien laadusta ja mallintaminen on vain työväline. Valmiiden mallinnusohjeiden ja piirustusasetusten myötä uusien työntekijöiden perehdyttämisen tarve kuitenkin vähenee, koska ei tarvitse muistaa niin paljon ulkoa, vaan asiat voidaan tarkistaa ohjeista. Lisäksi tehdyt ohjeet toimivat tarvittaessa muistamisen apuvälineenä myös kokeneemmille työntekijöille prosessin läpiviennissä.

## **6 Betonielementtien mallintaminen ja piirustusten tekeminen**

Betonielementtien mallintamisessa ja piirustusten tekemisessä pyritään siihen, että kaikki suunnittelijat tekevät työn samalla tavalla. Yhtenäiset käytännöt helpottavat tietomallin tarkastelua ja esimerkiksi elementtipiirustusten tarkastamista. Rakennesuunnittelijan vastatessa myös elementtisuunnittelusta, kaikkea suunnittelua ei välttämättä tee toimiston sisällä sama henkilö. Elementtisuunnittelu tehdään tyyppielementtien pohjalta ja on tärkeää, että tyyppielementit on mallinnettu ohjeiden mukaan, jotta mahdollinen suunnittelijan vaihtuminen ei hidasta suunnittelun etenemistä. Yleensä yksi suunnittelija vastaa aina jostakin kokonaisuudesta työssä. Usein elementtien mallintaminen ja piirustusten tekeminen on yhden suunnittelijan työtehtävä. On kuitenkin tärkeää, että tarvittaessa muut suunnittelijat voivat jatkaa elementtisuunnittelijan työtä loman ja sairausloman aikana tai jos työssä on kiire ja sitä tekemään tarvitaankin useampi suunnittelija kuin alun perin on suunniteltu.

## 6.1 Mallintaminen

Mallinnusohje toteutetaan elementtikorteilla, joka on A4-kokoinen ohjeistus siitä, millä työkalulla kyseinen elementti mallinnetaan, mitä komponentteja ja reikä- ja varauskappaleita kyseiselle elementille on luotu. Yleisimmät elementissä käytettävät komponentit ovat listattuna elementtikortteihin yksitellen.

Esimerkiksi väliseinä mallinnetaan Concrete Panel -työkalulla. Työkalun sisältä voidaan valita valmiina asetus IM\_Väliseinä. Tällä työkalulla ja asetuksilla mallinnettaessa elementille tulee automaattisesti sille luodut yleiset ominaisuudet kuten elementin koko, betonin lujuus, betonipeitepaksuus ja palonkestoluokka. Kaikkia näitä ominaisuuksia voidaan vaihtaa projektin tarpeiden mukaisesti.

Reikä- ja varauskappaleet luodaan niin, että kun niillä tehdään elementtiin reikiä tai varauksia, ne eivät listaudu elementeiksi eivätkä tarvikkeiksi vaan tulevat oikein näkyviin piirustuksissa. Talotekniikan reiät luodaan niin, että reikäobjektista nähdään, mitä varten reikä on tehty. Piirustuksiin tulee tällöin teksti LVI-reikä.

## 6.2 Asetusten dokumentointi, komponentit ja liitostyökalut

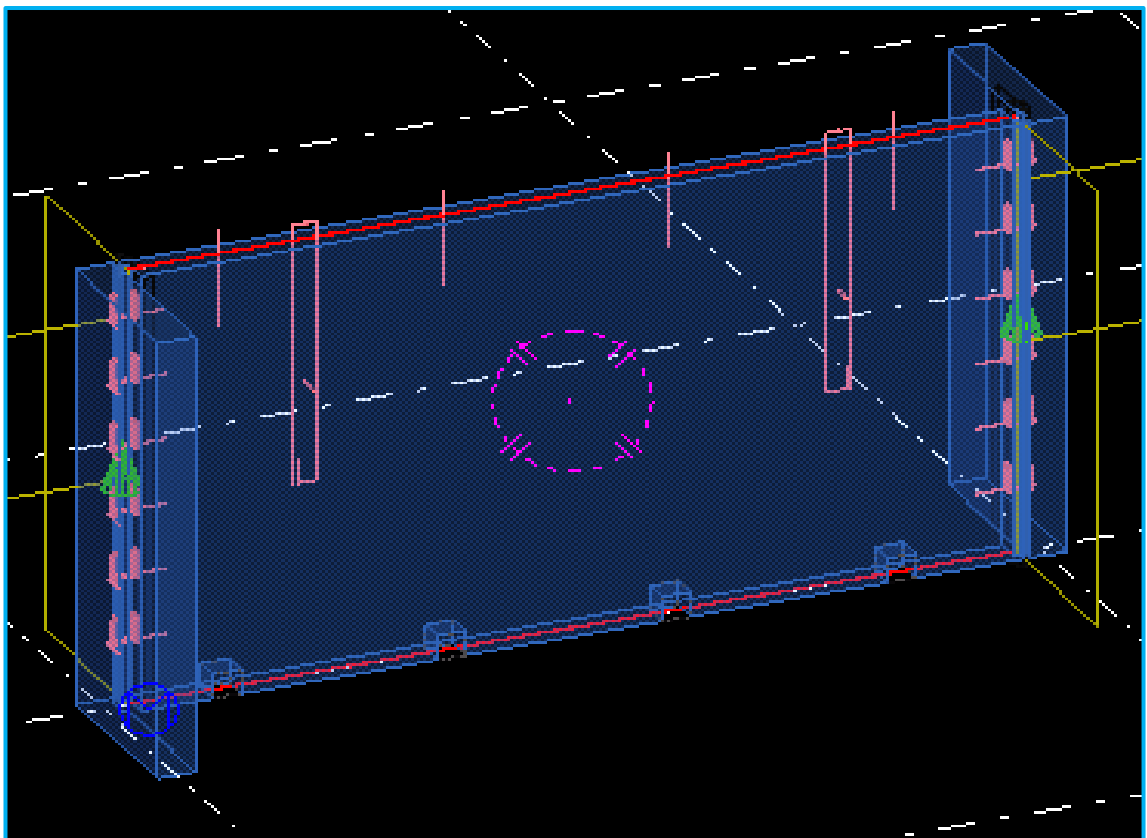
Yksittäisen elementin tietosisältö vaikuttaa siitä tuotettavan elementtipiirustuksen sisältöön. Mallintamisen apuna käytettävä elementtikortti on hyvin yksinkertainen näkymältään ja kertoo vain yleisimmät komponentit, joita mallintamisessa tulee käyttää.

Komponentit kuten elementin nostolenkit, liitostapit ja elementtejä yhdistävät vaarnalenkit on luotu niin, että ne listautuvat oikein elementtipiirustuksen tarvikeluetteloon. Oikein listautumisella tarkoitetaan, että tarvikkeen nimi ja kappalemäärä ovat näkyvissä. Tarvikkeen nimi kertoo tällöin myös, minkä tehtaan tuotteita valutarvikkeet ovat. Kaikki komponentit luokitellaan eri numeroilla. Tekla Structuressa elementille annetaan class-luokka, jonka mukaan osalle määritetty väri. Sama väri saattaa olla useilla eri class-luokilla käytössä.

Esimerkiksi kuvassa 8 on mallinnettuna elementin valutarvikkeet. Nostolenkit, liitostapit ja vaarnalenkit näkyvät mallinnettaessa samanvärisinä, mutta ne kuu-

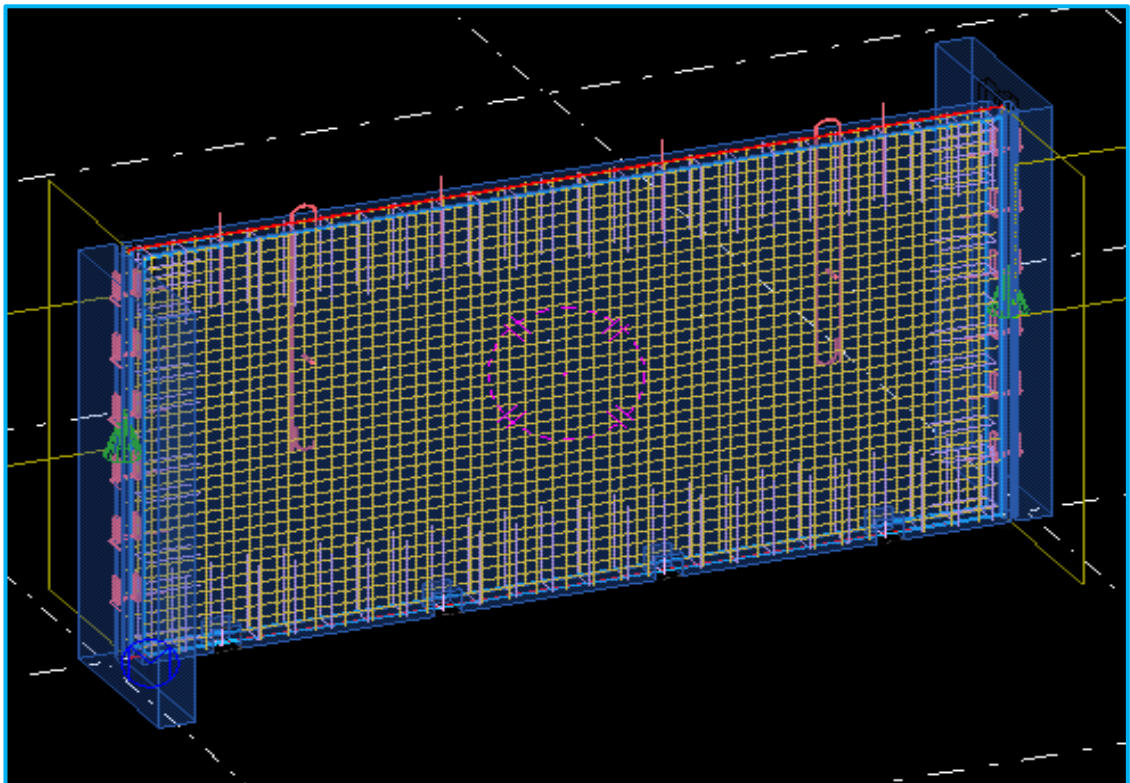
luvut kuitenkin eri luokkaan. Osien ja komponenttien luokittelut helpottaa filttareiden eli suodattimien tekemistä elementtipiirustuksia tehtäessä.

Betoniteollisuus ry:n mukaan class-luokittelu määrittää, mitä tietoa elementtipiirustuksen tarvikeluetteloon kerääntyy. Esimerkiksi class 100, jota käytetään liitososissa ja nostolenkeissä, kerää tarvikeluetteloon osan nimen ja kappalemäärän. Class 101, jota käytetään liitostapeissa, taas kerää tarvikeluetteloon nimen, halkaisijan, pituuden ja materiaalin. (Elementtisuunnittelun mallinnusohje, s. 28)



Kuva 8. Väliseinä ja valutarvikkeet

Elementtien raudoitukset on luotu raudoituskomponenteilla, joille on määritelty valmiit ominaisuudet komponentin sisälle. Valmiit ominaisuudet määrittävät elementtipiirustuksissa, kuinka raudoitusteksti kirjautuu elementtipiirustukseen. Raudoituksille on määritelty myös jatkospituudet elementtien nurkissa ja aukkojen ympärillä, jolloin raudoituksen määrät listautuvat riittävällä tarkkuudella tarvikeluetteloon. Raudoituksissa elementtiä kiertävät pieliteräkset, haat ja verkot kuuluvat eri class-luokkaan. Kuvassa 9 ovat näkyvissä kaikki väliseinäelementin komponentit. Luokittelun käyttö helpottaa mallintamista, kun osat näkyvät eri värisinä, mutta vielä tärkeämpää tämä on elementtipiirustusten kannalta. Luvussa 6.4 käsitellään tarkemmin luokittelun vaikutusta elementtipiirustuksen tuottamiseen.



Kuva 9. Väliseinä ja kaikki komponentit

Kaikki komponenttien asetukset kirjataan taulukkomuotoon, jotta nähdään yksiselitteisesti, mitä asetuksia on tehty. Asetuksia ei tarvitse muokata, jos peruskomponentit sopivat elementin vaatimukseen. Dokumentointi tehdään, jotta asetukset ovat helposti kopioitavissa muihin komponentteihin tai muokattavissa jos tarvetta ilmenee.

### **6.3 Mallielementit**

Mallielementit on tarkoitus luoda kaikista yleisimmin käytetyistä elementtityypeistä. Opinnäytetyössä on tarkoituksena mallintaa mallielementit kahdesta erilaisesta väliseinä-, maanpainesinä-, sisäkuori- ja sandwichelementeistä. Mallielementit tarvitaan mallipiirustuksia varten, mutta ne voidaan tuoda tietomalliin valmiiksi, jos haluaa kopioida elementin suoraan.

Työn nopeuttamiseksi uuteen projektiin kannattaa tuoda mallielementti jokaisesta elementtityypistä jostakin aiemmasta mallista. Kopioidun elementin ominaisuuksia voidaan muuttaa vastaamaan projektin tarpeita. Mallinnusohjeet sisältävät ohjeet elementtien tuomiseen toisesta mallista toiseen.

### **6.4 Piirustusten luominen**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n Rakennesuunnittelun asiakirja ohjeen mukaisesti jokaisesta erillisestä elementistä laaditaan oma valmistuspiirustus, jonka sisältää kaikki valmistusta varten tarvittavat tiedot. Valmistuspiirustuksissa tulee olla elementin paino, painopisteen sijainti ja nostolenkit ja niiden sijainti merkittynä. Nämä tiedot liittyvät myös työturvallisuuteen. Näiden pakollisten tietojen lisäksi esitetään myös muut nostoelimet ja annetaan ohjeet sallitusta nostotavoista ja elementin vaaditusta lujuudesta nostotilanteessa. Piirustuksessa esitetään elementin sivupiirros, pysty- ja vaakaleikkaukset, detaljit, mitat, raudoitus, kiinnikkeet ja muut tarvikkeet. Valmistusohjeina annetaan tiedot betonin lujuusluokasta, suunniteltu käyttöikä, ympäristörasitukset, betonipeitteen paksuus, teräslaadut ja määrät, lämmöneristeen laatu, vaatimukset betonipinnoille ja pintamateriaaleille, palonkestoluokka, toleranssit ja purku- ja nostolujuusvaatimus. Lisäksi esitetään, mikäli niin on sovittu, raudoiteluettelot ja materiaali- ja tarvikeluettelot. (RIL 2013, 149-151.)

Imatran Juva Oy:llä Mallinnetuista elementeistä tehdään 2D-piirustukset elementtitehtaalle valmistamista varten. Samoja piirustuksia käytetään myös työmaalla elementtien asentamisen apuvälineenä. Yhdestä elementistä luodaan 3 x A3 piirustussarja.

Seinäelementtien elementtipiirustuksissa on aina ensimmäisellä sivulla 3D-kuva elementistä, yleistiedot ja tarvikeluettelo. Toisella ja kolmannella sivulla on sivupiirros eli ns. naamakuva ja vaaka- ja pystyleikkaukset. Tekla Structuresin valmiit asetukset luovat piirrokset oikeille paikoilleen piirustuksessa.

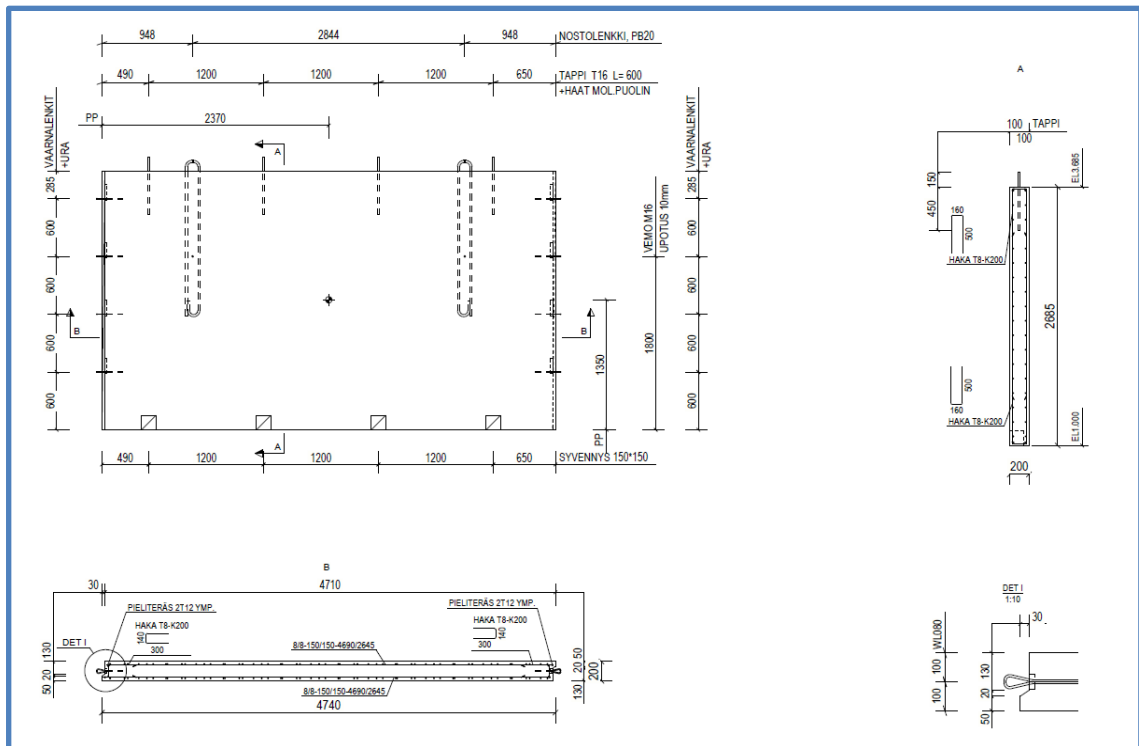
Kolmas sivu on toisen sivun yksinkertaistettu versio, ja se lähetetään sähkösuunnittelijalle. Sähkösuunnittelija tekee kuvaan omat varausmerkintänsä ja palauttaa kuvan elementtisuunnittelijalle. Elementtisuunnittelija lähettää koko piirustussarjan elementtitehtaalle valmistamista varten.

Piirustuksissa tavoitellaan yhtenäistä ulkonäköä kaikille toimistossa tuotetuille elementtipiirustuksille. Valmiit piirustusasetukset ovat perustana sille, että jos elementti on mallinnettu ohjeistuksen mukaan, piirustus tulee valmiiksi oikein. Luokittelu eli class-määrittelyjen avulla elementtipiirustuksiin saadaan luotua filttäreitä eli suodattimia niin, että raudoitukset saadaan näkyviin halutuilla viivatyypeillä tai että raudoitukset eivät näy piirroksessa lainkaan. Kuvassa 9 on esitetty, kuinka raudoitukset näkyvät valmiissa väliseinäelementin elementtipiirustuksessa. Sivupiirroksessa eli ns. naamakuvassa näkyy vain valutarvikkeet eli nostolenkit, liitostapit, vaarnalenkit ja vemot. Vemot ovat sisäkierrehylsyjä, joihin asennuksen aikaiset tuet kiinnitetään. Leikkauksissa A ja B taas näkyvät pielite-räkset, haat ja verkot.

Raudoiteluettelo ei yleensä näytetä seinäelementtien piirustuksissa, jos sitä ei erikseen vaadita. Tekla Structuresin raudoituskomponentit ovat sen verran epä-tarkkoja, että mallintamiseen kuluu huomattavasti enemmän aikaa, jos raudoitusluettelo halutaan saada täsmälliseksi. Raudoituksille määritetään oikeat halkaisijat ja jatkoispituudet, jotta ne listautuvat riittävän täsmällisesti tarvikeluetteloon. Tarvikeluettelosta nähdään, minkä kokoisia teräksiä elementtiin tulee ja kilomäärät riittävällä tarkkuudella. Pilareissa raudoituskomponentit taas toimivat hyvin, joten niissä raudoiteluettelo näytetään aina.

Mitoitukset määritellään piirustusasetuksissa itse, jolloin saadaan määriteltyä mittaviivojen väri, fonttikoko, teksti ja mittaviivojen sijainti piirustuksessa. Mittaviivojen väri auttaa elementtisuunnittelijaa erottamaan viivat toisistaan ja helpottaa kuvan tarkastamista. Kaikki viivat kuitenkin tulostuvat samanlaisina musta-

valkotulostuksessa. Kuvassa 10 on esimerkkinä osa väliseinän elementtipiirustuksesta, jossa näkyy, kuinka mittaviivat ja tekstit laitetaan piirustukseen.



Kuva 10. Osa elementtipiirustuksesta

Opinnäytetyössä luodaan mallipiirustukset elementtityypeittäin. Mallipiirustuksia voidaan hyödyntää, kun tehdään projektin ensimmäisiä elementtipiirustuksia. Kun kyseinen seinäelementti on mallinnettu ja siitä luodaan piirustus, voidaan piirustus pohja kloonata eli kopioida mallipiirustuksesta, jolloin työ nopeutuu huomattavasti.

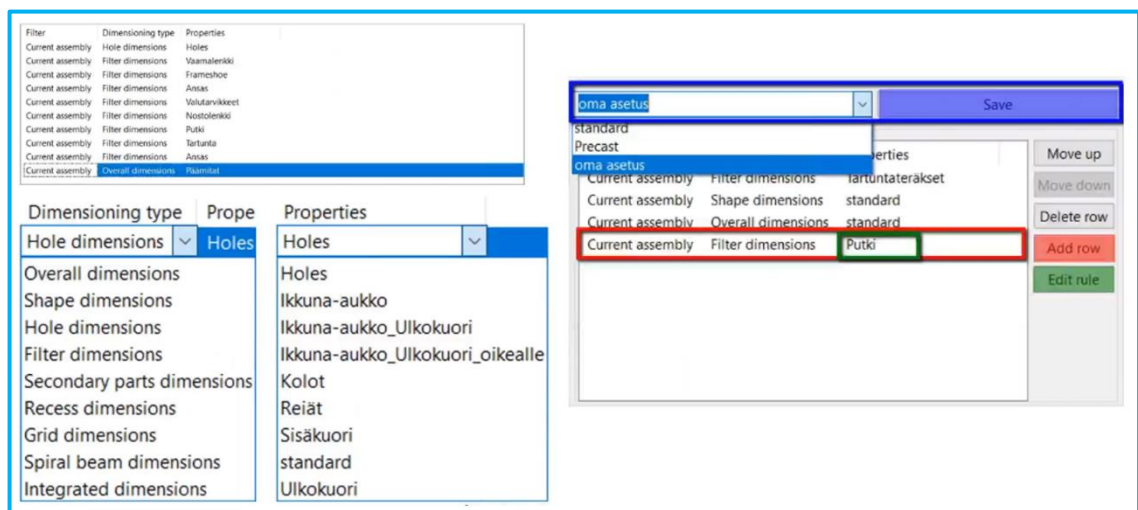
## 6.5 Piirustusasetusten tekeminen

Trimble järjestää Tekla sivustollaan webinaareja eli verkkoseminaareja käyttäjilleen kuukausittain. Helmikuun 2019 webinaari käsitteli piirustusten automaattimitoitusta. Ohjeet piirustusasetusten tekemiseen perustuvat tähän webinaariin, omaan käyttäjäkokemukseen ja Imatran Juva Oy:n muiden suunnittelijoiden neuvoihin. (Trimble, 2019a.)

Elementtien mitoittaminen tapahtuu aina näkymä tasolta eli jokainen piirros mitoitetaan erikseen. Piirroksilla tarkoitetaan sivupiirrosta, leikkauksia ja detaljipiirroksia. Nämä erilliset piirrokset muodostavat yhdessä piirustuksen. Jokaisella

näkymällä on erilaiset mitoitussäännöt. Näkymä tason mitoitus perustuu objek-  
tin muodon tunnistamiseen eli esimerkiksi muoto, reikä ja kolo voidaan mitoitaa  
automaattisesti.

Piirustusohjelman asetuksissa määritellään, mitä näkymiä luodaan ja millä ase-  
tuksilla. Mitoitussäännöissä Filter-sarake määrittää, mitä objektia mitoitetaan,  
Dimension type-sarake määrittää mitoitustyyppin ja Properties-määrittää mitoi-  
tustyyppin mukaiset mitoitusvaihtoehdot. Kuva 11 selvittää, miltä mitoitusasetuk-  
set näyttävät Tekla Structures -ohjelmassa.



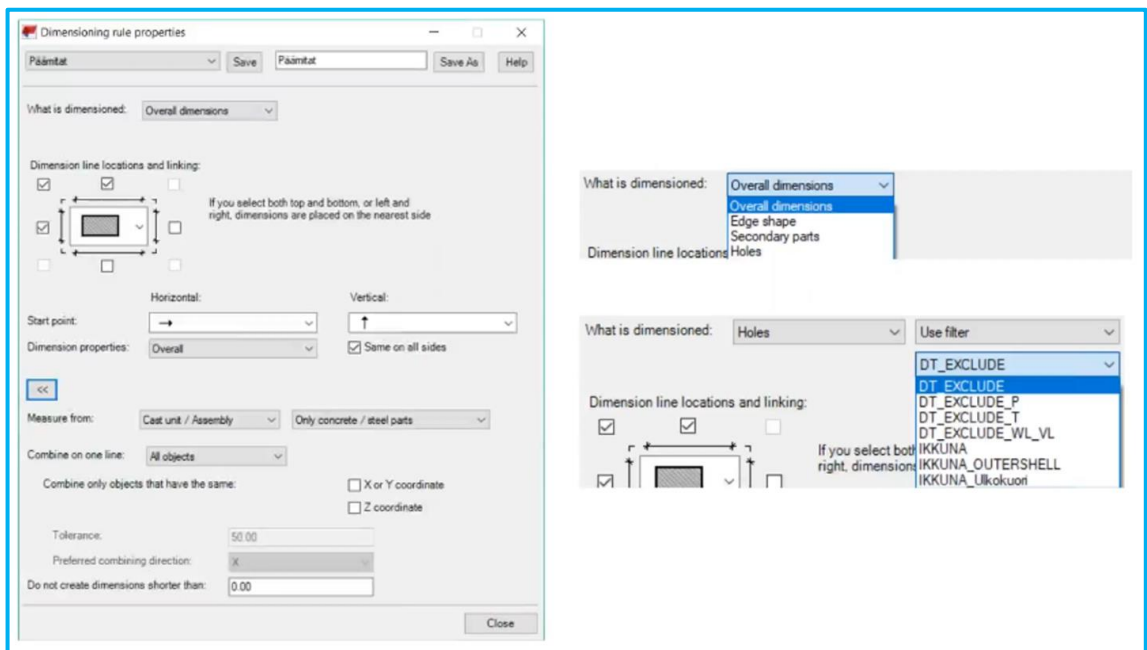
Kuva 11. Mitoitusasetukset Tekla Structures-ohjelmassa.

### Mitoitussääntö luodaan

- valitsemalla alasvetovalikosta sopiva aloituspohja, jos sellainen on jo olemassa
- lisäämällä rivi ja valitsemalla haluttu mitoitustyyppi
- lisäämällä haluttu mitoitusasetus
- muokkaamalla asetusta ja tallentamalla asetusta uudella nimellä
- asetusten toimivuus testataan yksi kerrallaan ja lisäämällä rivejä haluttu määrä.

Asetuksia tehdessä tulee huomioida, että niiden listautumisjärjestys vaikuttaa siihen, missä järjestyksessä mitat näkyvät piirustuksessa. Järjestyksestä saadaan muokattua Move up- ja Move down -komennoilla.

Mitoitusasetusten muokkaaminen tehdään Dimensioning rule properties -välilehdellä, joka sisältää kaikki mitoitussäännön asetukset. Muokattu mitoitusasetus voidaan tallentaa uudella nimellä, jolloin se voidaan valita mitoitussäännössä. What is dimensioned määrittää, mihin mitoitustyyppiin asetukset kuuluvat ja mitä vaihtoehtoja on käytettävissä. Esimerkiksi Overall dimensions eli päämitat eivät sisällä suodatusvaihtoehtoa, mutta rei'issä ja suodatetuissa mitoituksissa suodatusvaihtoehto on. Asetuksilla voidaan määrittää esimerkiksi se, mitoitetaanko reikä reiän keskelle vai reunoihin. Kuva 12 selvittää, miltä mitoitusasetusten muokkausasetukset näyttävät Tekla Structures -ohjelmassa.



Kuva 12. Mitoitusasetusten muokkausasetukset Tekla Structures -ohjelmassa.

Kaikkea ei tarvitse mitoittaa automaattisesti vaan piirustusta voidaan täydentää manuaalisilla mitoituksilla. Automaattiset mitoitukset saadaan toimimaan helposti yksinkertaisiin väliseiniin ja maanpainesoihin elementteihin, joissa ei ole paljoa mitoitettavaa. Sisäkuori- ja sandwich-elementeissä automaattimitoitukset luovat helposti ylimääräisiä mittoja, jotka tekevät piirustuksesta epäselvän näköisen. Automaattimitoitusten manuaalinen muokkaaminen on kuitenkin huomattavasti nopeampaa kuin kaiken mitoittaminen manuaalisesti. Aikataulullisista syistä kaikkia mittoja ei ole yritetty saada toimimaan täydellisesti vaan monimutkaisempien elementtien mitoituksia joutuu jatkossakin muokkaamaan osittain manuaalisesti.

## 6.6 Mallipiirustukset

Mallipiirustuksia voidaan hyödyntää kloonaamalla, jolloin pystytään hyödyntämään piirustusasetuksia. Kloonaamistoiminnon käyttäminen toimii parhaiten samankaltaisista elementeistä, jolloin geometria, komponentit ja valutarvikkeet ovat mahdollisimman samanlaisia. Kloonaaminen voidaan tehdä joko samasta mallista tai eri mallista. Yleensä ensimmäinen elementtityypin mukainen piirustus kloonataan jostakin aiemmin tehdystä mallista ja seuraavat samasta mallista, jolloin piirustuksen asetukset ja tiedot tulevat tämän ensimmäisen piirustuksen mukaisesti. Mallinnohjeet sisältävät yksityiskohtaiset ohjeet piirustusten kloonaamiseen samasta tai eri mallista. Opinnäytetyössä ei tuotettu tyhjiä piirustus pohjia, koska käytännössä piirustukset tuotetaan aina kloonaamalla. Piirustusasetuksista voidaan määrittää, mitä ominaisuuksia pohjaan tulee mallista ja mitä kloonattavasta piirustus pohjasta. Asetuksiin on määritetty, että projektin tiedot haetaan aina mallista ja vain piirroksia koskevat ominaisuudet tulevat kloonattavasta piirustuksesta.

Opinnäytetyössä tehtyjä mallipiirustuksia voidaan käyttää kloonaamisessa, jos ne vastaavat sisällöltään oikean projektin vaatimuksia. Tärkeämpänä työn sisältönä on kuitenkin se, millaiset piirustusasetukset ohjelmaan on luotu. Asetuksilla voidaan muokata helposti mitä tahansa piirustus pohjaa ja sen jälkeen käyttää kloonipohjana kyseistä muokattua piirustusta.

## 6.7 Piirustusten viimeistely

Piirustusten viimeistely on ollut aiemmin hidas ja tarkkuutta vaativa työvaihe. Manuaalisesti tehtävää työtä on ollut paljon ja näin ollen työvaihe on ollut hyvin hidas. Hidas työvaihe on kustannuskysymys ja aiheuttaa lisäksi aikatauluongelmia projektiin. Elementtipiirustukset tulee tarkastaa ennen niiden toimittamista tuotantoon. Kuten luvussa 5.1 jo todettiin, elementtipiirustusten tarkastaminen ennen tuotantoon toimittamista on tärkeää virheiden välttämiseksi. Työn tavoitteen eli valmiiden piirustusasetusten onnistuessa viimeistely ja tarkastaminen nopeutuvat huomattavasti.

## **7 Ohjeistuksen, mallielementtien ja piirustus pohjien hyödyntäminen**

Betonielementtien suunnittelussa mallinnus on vain työväline. Suunnittelija vastaa siitä, että elementit on suunniteltu oikein. Mallintamalla nähdään nopealla tarkastelulla, että ikkunat ja ovet ovat oikeilla kohdilla ja liitokset toisiin elementteihin ovat kunnossa. Lisäksi voidaan tehdä törmäystarkastelu, jolla voidaan varmistaa, ettei mikään osaa tietomallissa törmää toisiinsa. Tämän mallinnusohjeistuksen tarkoituksena on ohjeistaa ja helpottaa nimenomaan elementtien mallintamista ja elementtipiirustusten tekoa. Ohjeet eivät ota kantaa Tekla Structures -ohjelmassa oleviin muihin mahdollisuuksiin vaan pelkästään niihin asioihin, joissa on havaittu olevan ongelmia.

### **Jatkokäyttö**

Työssä tuotetut elementtikortit eli mallinnusohjeistukset, asetusten dokumentit, mallielementit ja mallipiirustukset kootaan yhteen kansioon, josta ne ovat kaikkien suunnittelijoiden käytettävissä. Tekla Structures -mallinnusohjelmaan tallennetut asetukset ovat kaikkien saatavilla ohjelman viimeisimmässä versiossa 2018i.

### **Haasteet**

Uusien ohjeiden ja käytäntöjen käyttöönotossa haasteina ovat mallinnusohjelman käyttö, ohjeen ja asetusten laatu ja käyttäjät. Opinnäytetyössä on pyritty löytämään haasteet ja vastaamaan niihin työntekijöiden haluamalla tavalla.

Ohjelmaan liittyvä suurin haaste on sen päivittyminen. Tekla Structures päivittyy kahdesti vuoden aikana. Edellisen version mallielementit ja komponentit saadaan tuotua päivitettyyn versioon usein ilman ongelmia ja piirustus pohjienkin kloonaminen eli kopiointi uudeksi pohjaksi onnistuu yleensä moitteetta, mutta asetukset eivät seuraa mukana. Ohjelman päivittyessä tehdyt asetukset mallinnettaville elementeille ja kaikki piirustusasetukset joudutaan tekemään uudestaan. Tämä vaatii ison työn ja on yksi Tekla Structures -ohjelman ikävimpiä ominaisuuksia. Ainakaan toistaiseksi tähän ongelmaan ei ole löydetty ratkaisua.

Ylimääräistä työtä pyritään helpottamaan sillä, että kaikki asetukset dokumentoidaan selkeästi, jolloin asetusten tekeminen uudelleen on helpompaa.

Ohjeet ja asetusten dokumentoinnit on tärkeää saada mahdollisimman selkeiksi ja helposti käytettäviksi. Käyttäjät eivät käytä epäselvää ja hankalaa ohjetta, vaikka tietäisivätkin siitä olevan hyötyä omaan työhönsä. Ongelmaa on pyritty ratkaisemaan keskustelemalla ja kyselemällä mielipiteitä muilta rakennesuunnittelijoilta jo ennen työn aloittamista ja työn tekemisen aikana.

## **8 Työn tulokset**

Työn tavoitteena oli tuottaa mallinnusohjeistus, dokumentoidut asetukset, mallielementit ja elementtipiirustusohjeet, jotka helpottavat ja nopeuttavat suunnitteluprosessin etenemistä. Lisäksi tavoitteena oli, että ohjeistukset, mallielementit ja mallipiirustukset vastaavat YTV 2012:n, RAK12:n ja BEC 2012:n vaatimuksia ja ohjeita.

### **8.1 Tarvittavat muutokset suunnitteluprosessiin**

Alun perin kuviteltiin, että toimintamalleja joudutaan muuttamaan, jotta mallinnustapa ja elementtipiirustukset noudattavat vaatimuksia ja ohjeistuksia. YTV 2012:n, RAK12:n ja BEC 2012:n vaatimukset ja ohjeet eivät ole kovinkaan tarkkoja ohjeistaessaan elementtisuunnitteluun liittyviä asioita. Näin ollen muutoksia toimintamalliin ei tarvitse tehdä. Voidaan siis sanoa, että Imatran Juva Oy:n elementtisuunnittelu noudattaa YTV 2012:n, RAK12:n ja BEC 2012:n ohjeistusta.

Tehdyt asetukset ja piirustusohjeet muuttavat lopullisten elementtipiirustusten ulkonäköä yhtenäisemmäksi eri suunnittelijoiden kesken. Muutokset ovat kuitenkin vähäisiä ja koskevat lähinnä tekstimuotoja ja mittaviivojen sijaintia.

Pohdinnan aiheeksi yrityksessä jää se, kuinka näitä ohjeita noudatetaan projekteissa, joista tietomallia ei ole tilattu. Aiemmin on ajateltu, että jos kyseessä ei ole mallikohde, niin mallinnetaan mitä halutaan. Elementtipiirustukset pitää aina, projektin muista vaatimuksista huolimatta, tehdä yhtä laadukkaasti ja tarkasti.

Tämä seikka puolustaa mallinnusohjeiden ja piirustusasetusten käyttämistä kaikissa kohteissa.

## 8.2 Tulokset

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua mallinnusohjeet, piirustusasetukset, mallielementit ja mallipiirustukset kahdelle erilaiselle väliseinä-, maapaineseinä-, sisäkuori- ja sandwich-elementille. Piirustusasetuksia voidaan käyttää muihinkin elementteihin ja niitä voidaan muokata tarpeisiin sopiviksi esimerkiksi pilarelementeille. Mallinnusohjeet sisältävät lisäksi ohjeet siitä, kuinka elementtejä voidaan kopioida mallista toiseen ja kuinka piirustuksia voidaan kloonata joko aiemmin tehdyistä malleista tai samasta mallista. Koko työn sisältö on koottu yhteen projektikansioon Imatran Juva Oy:n verkkopinnalle, josta sisältöä voivat hyödyntää kaikki yrityksen työntekijät.

Mallinnusohjeet toteutettiin elementtikorteilla. Yksittäisen elementtikortin sisältö kertoo, millä työkalulla ja class-luokalla kyseinen elementti tulee mallintaa ja mitä komponentteja kyseiseen elementtiin yleensä kuuluu. Kaikki valmiit komponentit on tehty niin, että ne listautuvat oikein elementtipiirustuksen tarvikeluetteloon. Toteutetut elementtikortit ovat liitteessä 1.

Piirustusasetukset vaikuttavat elementtipiirustussarjan sivuihin 2 ja 3. Piirustusasetukset on tuotettu näkymä tasolta eli jokaiselle piirrokselle on tehty omat asetukset. Piirroksilla tarkoitetaan sivupiirrosta, leikkauksia ja detaljipiirroksia. Nämä erilliset piirrokset muodostavat yhdessä elementtipiirustuksen. Piirustusasetukset tulevat automaattisesti oikein, jos elementtipiirustus on kloonattu sellaisesta pohjasta, joissa näitä asetuksia on käytetty. Piirustusasetuksia voidaan hyödyntää missä tahansa elementtipiirustuksessa niin, että viedään hiiren osoitin muokattavan piirroksen päälle ja tuplapainalletaan hiiren vasenta painiketta. Tällöin avautuu näkymä, josta yhtenä osana on Dimensioning-välilehti. Välilehdeltä löytyy valmiit asetukset sivun 2 sivupiirrokselle, vaaka- ja pystyleikkaukselle ja detaljille ja sivun 3 eli sähkösisivun sivupiirrokselle, vaaka- ja pystyleikkaukselle. Erotukseksi Tekla Structuresin valmiille asetuksille kaikki tehdyt piirustusasetukset ovat nimetty IM-alkuisesti.

Mallielementit ja mallipiirustukset tuotettiin, jotta piirustusasetukset saadaan tehtyä. Mallielementtejä voidaan kopioida oikeisiin projekteihin, jos ne vastaavat projektin vaatimuksia. Samoin mallipiirustuksia voidaan kloonata pohjaksi oikeisiin projekteihin. Tärkeimpänä työn sisältönä on kuitenkin mallinnusohjeet ja piirustusasetukset, joita suunnittelijoiden kannattaa noudattaa ja käyttää oman työnsä nopeuttamiseksi. Mallipiirustuksista näkyy tuotetut mitoitusasetukset piiroksittain ja ne toimivat myös mallipiirustuksina siitä, millainen sisältö elementti-piirustuksissa tulee olla. Mallipiirustukset ovat liitteessä 2.

## **9 Tietomallipohjaisen elementtisuunnittelun tulevaisuuden näkymät**

Mielenkiintoista on, kuinka tietomallinnus ja tietomallien käyttö kehittyvät tulevaisuudessa ja kuinka tämä kehitys vaikuttaa tietomallintamisen vaatimuksiin. Tekla Structures -sivuston mukaan rakentaminen kehittyy kohti monimutkaisempaa arkkitehtuuria. Rakennushankkeen onnistumisen ja turvallisen toteuttamisen saavuttamiseksi suunnittelijoiden ja toteuttajien on kehitettävä entistä innovatiivisempia ratkaisuja. Lisäksi entistä kookkaampia kokonaisuuksia tuodaan työmaalle valmiiksi koottuina. Tällaiset rakennusosat tulee sopia täsmälleen niille suunniteltuihin paikkoihin. Monimutkaisissa rakennuksissa valtavan määrän tietoa on tavoitettava jokainen hankkeen osapuoli. Prosessi vaatii täsmällistä, todellisuutta vastaavaa ja ajantasaista tietoa, joka on helposti saatavilla eli toteutuskelpoisia tietomalleja. (Trimble. 2019b.)

Tietomalleista tehdään rakentamisen päätteeksi toteumamalli, joka on suunnitelmamalli päivitetynä mahdollisilla rakentamisen aikana tehdyillä muutoksilla. Toteumamalli kertoo, millainen rakennus oikeasti on. Toteumamallia voidaan hyödyntää ja täydentää rakennuksen ylläpitovaiheessa.

Rakentamisen hankemuotona talonrakennuspuolella yleistynyt elinkaarimalli perustuu siihen, että hankkeen toteuttaja vastaa hankkeen suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta. Hankemuotoa käytetään erityisesti julkisissa kohteissa. Elinkaarimallihankkeiden yleistyessä tietomallinnusta käytetään hank-

keen kaikissa vaiheissa ja tietomallille tulee yhä enemmän painoarvoa ja vaatimuksia.

Tällä hetkellä kehitellään tietomallien jatkokäyttöä esimerkiksi työmaaperehdytyksissä ja pelastussuunnitelmien tekemisessä. On myös kehitetty virtuaalimalleja, joilla valmisteilla olevan rakennuksen sisälle pääsee kävelemään ja tietomalli muuttuu näin elämykselliseksi. Tämä kehitys ei kuitenkaan vaikuta niinkään elementtisuunnitteluun vaan elementtisuunnittelija näkee kaiken tarpeellisen tietomallista.

Työmaalla tietomalleja käytetään tällä hetkellä vaihtelevasti. Osalla työmaita katsotaan vain paperisia 2D-kuvia, osalla käytetään 2D-piirustuksia ja tietomallia lisäapuna hahmottamisen helpottamiseen, ja harvinaisimmissa tilanteissa asennus tehdään suoraan tietomallin perusteella. Tietomallin käyttäminen työmaalla helpottaisi elementtien asennussuunnitelman tekemistä ja asennusta. Tietomallista saadaan nopeasti selville elementtien oikea sijainti, elementin paino ja liittyminen muihin elementteihin. Näiden tietojen perusteella voidaan suunnitella elementtien nostot ja asennus helpommin jo etukäteen.

Isot suunnittelutoimistot ja ohjelmistokehittäjät kehittävät koko ajan mallinnusohjelmia niin, että elementtisuunnittelu muuttuisi automaattisemmaksi. Tällöin tavoitteena on, että mallinnusohjelma hyödyntää yhä enemmän ohjelmalla jo aiemmin tuotettua tietoa eli elementtisuunnittelussa aiemmin tehtyjä elementtejä. Tavoitteena on työn nopeuttaminen eli kustannussäästöt. Jatkossa suunnittelijoiden työ muuttuu enemmän asiantuntijatyöksi, kun tietomalleista saatava tieto vähentää manuaalisen työn määrää. Suunnittelijoilta vaaditaan myös yhä enemmän tietoteknistä osaamista, jotta tietomallinnusta osataan käyttää oikein.

Parametrinen suunnittelu on yksi tulevaisuuden suunnittelun mahdollisuuksista. Parametrisessa suunnittelussa rakenteen ominaisuuksiin vaikuttaville parametreille määritetään arvot niin, että lopputuloksena saadaan haluttu rakenne. Määriteltävät arvot voivat perustua suunnitteluohjeisiin tai kokemusperäiseen tietoon. Parametrisella suunnitteluprosessilla voidaan tutkia perinteistä suunnittelumenetelmää suurempi määrä vaihtoehtoja rakenneratkaisuille ja hyödyntää optimointia tehokkaasti rakenteiden kustannusten minimoinnissa. Parametrinen

suunnittelu on vielä uutta, joten prosessin heikkoutena on se, että prosessi voi pidentää suunnitteluun kuluvaan aikaan. Kokemusperäisen tiedon karttuessa parametrinen suunnittelu todennäköisesti yleistyy, koska se tuottaa selkeää etua suunnittelutoimistoille. (Lalla 2017, 91.)

Elementtisuunnittelu saattaa muuttua tulevaisuudessa niin, että elementtipiirustuksia ei enää tehdä vaan elementtitehtaat ottavat tarvittavat tiedot suoraan tietomallista. Tällä hetkellä ontelolaatat valmistetaan jo tällä tavalla, mutta muista elementeistä tehdään piirustukset. Asia on kuitenkin kehitteillä, mutta kukaan ei osaa varmasti arvioida, milloin tämä muutos mahdollisesti tulee myös muihin elementteihin.

Elementtien tuotannossa tulevaisuuden vaihtoehtona on myös 3D-tulostaminen. 3D-tulostaminen on nopeasti kehittyvä ala, mikä kannattaa huomioida tulevaisuuden kannalta. 3D-tulostamisesta on jo kokemusta maailmalla, joissa kokonaisrakennuksia on jo tehty tulostamalla. Uutisoinnin mukaan tulostimia kehitetään niin, että materiaaleissa voidaan hyödyntää kierrätysmateriaaleja. Tämä olisi hieno mahdollisuus kehittää rakentamista ympäristöystävällisemmäksi.

Suomessa rakennesuunnitteluun käytetään suurimmaksi osin Tekla Structures-ohjelmaa. Arkkitehdit käyttävät mallintamiseen eri ohjelmia ja näin ollen mallinustyö tehdään kahteen kertaan. Erityisesti yrityksissä, joissa tehdään sekä arkkitehtuuri- että rakennesuunnittelua, tällainen kaksinkertainen työ on tuottavuuden kannalta erittäin huono asia.

Keski-Euroopassa käytetään paljon Revit-ohjelmaa, koska sitä voi hyödyntää sekä arkkitehti että rakennesuunnittelija. Suomessakin Revit-ohjelmaa käytetään osittain rakennesuunnitteluun, mutta elementtien suunnittelussa Tekla Structures -ohjelma on ainakin vielä parempi, koska siinä on paljon valmiita komponentteja elementtien mallintamisen tueksi. Muiden ohjelmien kehittyessä rakennesuunnittelun osalta Tekla Structures-ohjelma ei välttämättä ole enää paras mahdollinen ohjelma eikä kehity enää samalla tavalla. Suunnitteluohjelmien lisenssit ovat kalliita, joten yritysten ei kannata käyttää useita ohjelmia tämänkään takia. Tulee siis kysymykseksi, mikä ohjelma palvelee parhaiten tulevaisuudessa rakennesuunnitteluyrityksiä.

## 10 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tuottaa elementtisuunnittelun laatua parantavat ja tuottavuutta nopeuttavat mallinnusohjeet ja piirustusasetukset yleisimmille seinäelementeille. Työ toteutettiin tekemällä mallielementit ja mallipiirustukset, jotta ohjeet ja piirustusasetukset saadaan tehtyä näiden mallielementtien mukaisesti. Mallielementtejä ja mallipiirustuksia voidaan kopioida oikeisiin projekteihin, mutta tärkeämpänä sisältönä oli dokumentoidut mallinnusohjeet ja piirustusasetukset.

Mallinnusohjeet tehtiin elementtityypeittäin. Ohjeissa määritellään komponenttien class-luokittelu. Tämän luokittelun perusteella tehtiin suurin osa piirustusasetuksista, joten ohjeiden noudattaminen on edellytys piirustusasetusten toimimiselle.

Oli jo etukäteen tiedossa, että piirustusasetusten tekeminen on hidasta ja vaikeaa, joten työ rajattiin koskemaan yleisimpiä seinäelementtejä. Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua mallinnusohjeet, piirustusasetukset, mallielementit ja mallipiirustukset kahdelle erilaiselle väliseinä-, maapaineseinä-, sisäkuori- ja sandwich-elementille. Sovimme yhdessä tilaajan kanssa, että asetuksissa ei tarvitse tavoitella täydellistä automaattisuutta. Näin automaattimitoitus vaatii osittaista manuaalista muokkaamista. Tavoitteeseen päästiin, koska ohjeet saatiin tehtyä ja piirustusasetusten käyttäminen nopeuttaa piirustusten tekoa.

Tietomallintamista ja elementtisuunnittelua ohjaavat Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012), Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo (RAK12) ja Elementtisuunnittelun mallinnusohjeistus (BEC 2012). Alkuperäisenä tarkoituksena oli verrata ohjeistuksia keskenään ja arvioida, noudattavatko Imatran Juva Oy:n mallinnuskäytännöt vaatimuksia ja ohjeita vai tarvitseeko käytäntöjä muuttaa. Tämän vertailu- ja arviointiosuuden oli tarkoitus olla näkökulma työn lopussa. Aloitin työn tutkimalla näitä vaatimuksia ja ohjeita ja silloin huomattiin, että elementtisuunnittelun kannalta nämä vaatimukset ja ohjeet eivät ole kovinkaan tarkkoja. Muutoksia olemassa olevaan toimintamalliin ei tarvitse tehdä, joten päätimme vaihtaa näkökulmaa niin, että ohjeet tehdään suoraan vastaamaan

näitä vaatimuksia ja ohjeita. Nyt voidaan sanoa, että ohjeet on tehty vastaamaan YTV 2012:n, RAK12:n ja BEC 2012:n vaatimuksia.

Asetusten tekeminen on yllättävän vaikeaa ja aikaa vievää, jonka vuoksi niitä ei ole aiemmin tehty. Ainakin pilari- ja palkkielementeille on tarvetta tehdä samantapaiset valmiit piirustusasetukset. Nyt kun asetusten tekeminen on aloitettu, niin jatkossa valmiita asetuksia voidaan kopioida, muokata ja käyttää mallina uusien asetusten luomisessa.

Mallielementeistä ja suunnitteluohjeista on apua suunnittelutyössä. Mielestäni työn tärkein tulos on valmiit piirustusasetukset, jotka nopeuttavat huomattavasti piirustusten tekemistä. Mallinnusohjeet ja piirustusasetukset ovat kaikkien Imatran Juva Oy:n suunnittelijoiden käytettävissä. Kokemuksia ohjeiden ja asetusten käyttämisestä ei vielä ole. Toimeksiantajayrityksen kannattaa ottaa ohjeet ja asetukset käyttöön ja testata niiden toimivuutta. Mallinnusohjelman seuraavan päivityksen yhteydessä käyttökokemusta on jo kertynyt ja asetuksia voidaan kopioida ja muokata tarpeen mukaan vastaamaan havaittuja tarpeita. Tärkeää on, että jatkokäyttö toteutetaan suunnitelmallisesti, jotta tehty työ ei muutu tarpeettomaksi.

Opinnäytetyössä on tärkeää, että työstä hyötyy sekä tekijä että tilaaja. Tekijälle on tärkeää, että työ kehittää ammatillista osaamista. Työn haasteellisuus lisäsi omalta kohdaltani Tekla Structures -mallinnusohjelman osaamista. Toisaalta selvisi myös, että opittavaa on vielä todella paljon ja todellinen syventyminen mallinnusohjelman kaikkiin ominaisuuksiin ei ole edes tarpeellista suunnittelutyön onnistumisen kannalta. Todellinen ohjelmaan perehtyminen vie jopa liikaa aikaa varsinaiselta suunnittelutyöltä, joka on aina rakennesuunnittelijan tärkein työtehtävä. Tilaajan puolesta opinnäytetyössä on tärkeää saavuttaa työn tavoite, joka tässä työssä oli parantaa betonielementtien mallintamisen ja elementti-piirustusten laatua ja tuottavuutta sekä yhtenäistää käytäntöjä. Tässä työssä onnistuttiin luomaan pohjaa omalle käyttöympäristölle mallinnusohjelmassa. Prosessi on kuitenkin vasta alussa ja käyttökokemusten perusteella saadaan jalostettua hyödylliset ohjeet ja asetukset vasta ajan kanssa. Lopullinen vastuu työn hyödyntämisestä jää toimeksiantajayritykselle.

## Lähteet

Betoniteollisuus ry. 2018. Hyödyllistä tietoa betonielementtirakenteiden suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön. <http://www.elementtisuunnittelu.fi>. Luettu 22.1.2019

Elementtisuunnittelun mallinnusohje. BEC 2012. Betoniteollisuus ry. Versio 1.09 <http://www.elementtisuunnittelu.fi>. Luettu 7.1.2019

Kattelus, A. 2013. Tietomallintaminen sairaalarakennuksen sähkösuunnittelussa. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Koikkalainen, Tero 2019. Toimitusjohtaja. Imatran Juva Oy. Haastattelut 11.2.2019 ja 25.2.2019

Lalla, A. 2017. Kantavien rakenteiden parametrinen suunnittelu ja mallintaminen Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Diplomityö.

Muhonen, A. 2017. Pienen suunnittelutoimiston tietomallipohjainen suunnittelu-prosessi ja sen soveltaminen. Aalto-yliopisto. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Puhakka-Asikainen, Mari 2019. Rakennesuunnittelija. Imatran Juva Oy. Haastattelu 11.2.2019

Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. RT 10-11128

RIL 229-1-2013. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa. Tammerprint Oy. 2013

Sahi, Anu 2019. Rakennesuunnittelija. Imatran Juva Oy. Haastattelu 25.2.2019

Trimble. 2019a. Tekla Structures. Automaattinen mitoitus verkkoseminaari. <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meistä/webinaarit/video/>. 15.2.2019

Trimble, 2019b. Tekla Structures. <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meistä/rakennettavuus>. Luettu 5.3.2019

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012. Osa 4. Täydentävä liite. Talotekninen suunnittelu. Talotekniikan mallinnusvaatimuksia. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>. Luettu 18.3.2019

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012. Osa 5. Täydentävä liite. Rakennesuunnittelu. Mallinnustarkkuus. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>. Luettu 18.3.2019

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. RT 10-11071

**V-Elementti**

Osa	Name	Profil	material	Class	Prefix	Start	Elem/pv	UDA
IM_Väliseinä_C25_30	Väliseinä	2685*200	C25/30	228	V	1	Precast	R60

**Raudoitus**

Komponentti	Nimi	Huom.
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T10, haat T8K150_62	ei sis. verkkoa
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T12, haat T8K200_62	ei sis. verkkoa
Wall Panel Reinforcement	IM_E_Wall Panel Reinforcement	sis. verkon

**Verkko**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar/Mesh	IM_Verkko_8-150	8/8-150/150

**Tapit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar group	IM_E_TAPPI	T16-K1200

**Nostolenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Lifting Anchor	IM_E_nostolenkki_lifting anchor	PB12, PB16, PB20, PB25

**Vaarnalenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI SUORA_wall to wall	
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI KÄÄNTYVÄ_wall to wall	

**Varaukset**

Komponentti	Nimi	Huom.
Steel beam	IM_SYVENNYS 150x150_Steel beam	
Steel beam	IM_OVIAUKKO_Steel beam	
Steel beam	IM_LVI-REIKÄ, SUORAKULMIO_Steel beam	
Steel beam	IM_LVI-REIKÄ, PYÖREÄ_Steel beam	
Steel beam	IM_VALULIPPA_Steel beam	

**Muut**

Komponentti	Nimi	Huom.
Steel beam	IM_KULJETUSTUKI_Steel beam	puu 200 x 50

**SISÄKUORI-ELEMENTTI**  
**(SISÄKUORI + VILLA + LIMUTUS)**

Liite 1  
2 / 4

**SKR-Elementti**

Osa	Name	Profil	material	Class	Prefix	Start	Elem/pv	UDA
IM_Sisäkuori_C25_30	Sisäkuori	3585*200	C25/30	227	SKR	1	Precast	R60
IM_Eriste	Eriste	3585*220		104	SKR	1	Precast	R60

**Raudoitus**

Komponentti	Nimi	Huom.
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T10, haat T8K150_62	ei sis. verkkoa
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T12, haat T8K200_62	ei sis. verkkoa
Wall Panel Reinforcement	IM_E_Wall Panel Reinforcement	sis. verkon

**Verkko**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar/Mesh	IM_Verkko_8-150	8/8-150/150

**Tapit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar group	IM_E_TAPPI	T16-K1200

**Nostolenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Lifting Anchor	IM_E_nostolenkki_lifting anchor	PB12, PB16, PB20, PB25

**Vaarnalenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI SUORA_wall to wall	
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI KÄÄNTYVÄ_wall to wall	

**Varaukset**

Komponentti	Nimi	Huom.
Steel beam	IM_SYVENNYS 150x150_Steel beam	
Steel beam	IM_IKKUNA_Steel beam	
Steel beam	IM_LVI-REIKÄ, SUORAKULMIO_Steel beam	
Steel beam	IM_LVI-REIKÄ, PYÖREÄ_Steel beam	
Steel beam	IM_VALULIPPA_Steel beam	

**Muut**

Komponentti	Nimi	Huom.
Steel beam	IM_KULJETUSTUKI_Steel beam	puu 200 x 50
Steel beam	IM_IKKUNANPIELI_Steel Beam	

**SW-Elementti**

Osa	Name	Profil	material	Class	Prefix	Start	Elem/pv	UDA
IM_Sandwich_C25_30	Sandwich	4085*200	C25/30	227	SW	1	Precast	R60
IM_Eriste	Eriste	4085*220	Min.villa	104	SW	1	Precast	R60
IM_Ulkokuori_C35_45	Ulkokuori	4085*80	C35/45	225	SW	1	Precast	R60

**Raudoitus**

Komponentti	Nimi	Huom.
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T10, haat T8K150_62	ei sis. verkkoa
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T12, haat T8K200_62	ei sis. verkkoa
Wall Panel Reinforcement	IM_E_Wall Panel Reinforcement	sis. verkon

**Verkko**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar/Mesh	IM_Verkko_8-150	8/8-150/150

**Tapit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar group	IM_E_TAPPI	T16-K1200

**Nostolenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Lifting Anchor	IM_E_nostolenkki_lifting anchor	PB12, PB16, PB20, PB25

**Vaarnalenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI SUORA_wall to wall	
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI KÄÄNTYVÄ_wall to wall	

**Vemot**

Komponentti	Nimi	Huom.

**Varaukset**

Komponentti	Nimi	Huom.
Steel beam	IM_SYVENNYS 150x150_Steel beam	
Steel beam	IM_OVIAUKKO_Steel beam	
Steel beam	IM_LVI-REIKÄ, SUORAKULMIO_Steel beam	
Steel beam	IM_LVI-REIKÄ, PYÖREÄ_Steel beam	
Steel beam	IM_VALULIPPA_Steel beam	

**Muut**

Komponentti	Nimi	Huom.
Steel beam	IM_KULJETUSTUKI_Steel beam	puu 200 x 50

**MP-Elementti**

Osa	Name	Profil	material	Class	Prefix	Start	Elem/pv	UDA
IM_Maanpainesinä_C30_37	Maanpaines	3950*250	C30/37	229	MP	1	Precast	R60

**Raudoitus**

Komponentti	Nimi	Huom.
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T10, haat T8K150_62	ei sis. verkkoa
Edge and Corner (62)	IM_Edge and Corner_2T12, haat T8K200_62	ei sis. verkkoa
Wall Panel Reinforcement	IM_E_Wall Panel Reinforcement	sis. verkon

**Verkko**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar/Mesh	IM_Verkko_8-150	8/8-150/150

**Tapit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Rebar group	IM_E_TAPPI	T16-K1200

**Nostolenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Lifting Anchor	IM_E_nostolenkki_lifting anchor	PB12, PB16, PB20, PB25

**Vaarnalenkit**

Komponentti	Nimi	Huom.
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI SUORA_wall to wall	
Wall to wall connection	IM_E_VAARNALENKKI KÄÄNTYVÄ_wall to wall	

Väliseinä 1, elementtipiirustus, sivu 1 / 3

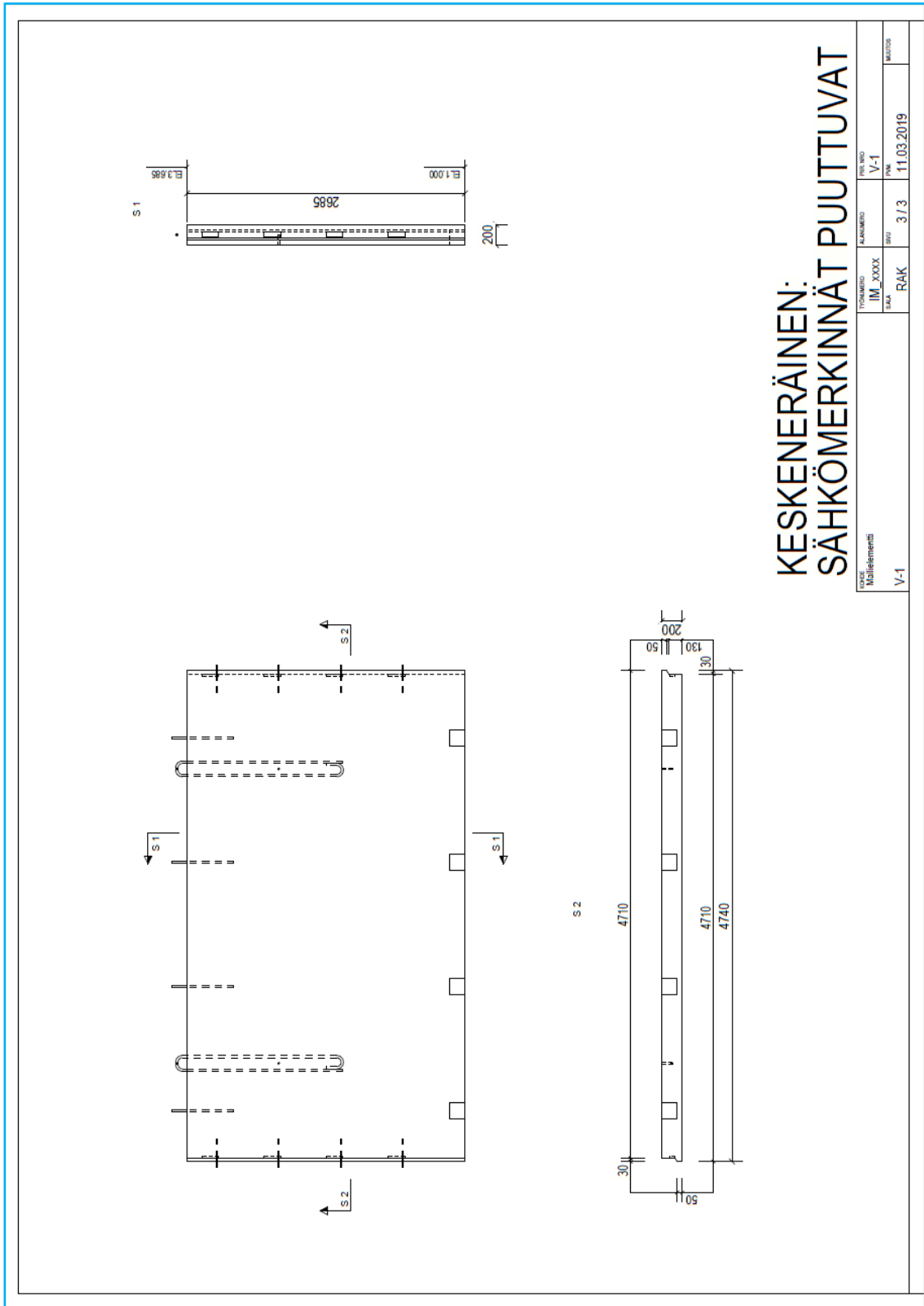
<p><b>SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT</b></p> <p>Rakennuskohta XC1 Suunnittelukäytäntö 50 v.</p>		<p><b>TUOTETIEDOT</b></p> <p>Betonipöly 1 Törmänsiivoksi Pinta-aineluokka MUO-A Pinta-aineluokka MUO-A TH-A Virtileet 1 Pyöritys 3mm Muotistaanostoluokka 20 MN/m<sup>2</sup></p>	
<p><b>VALUTARVIKELUETTELO</b></p> <p>RAUDOITUSTANKKOJEN, VERKKOJEN JA TARVIKKEIDEN PAINO SISÄLTYY TILAVUUSPAINOON</p> <p>PIIR. NUMERO LKM MATERIAALI PINTA-ALA [m<sup>2</sup>] MÄÄRÄ YKS</p> <p>V-1 1 C25/30 12,73 2,51 m<sup>2</sup></p> <p><b>ELEMENTTI PAINO: 6,27 t</b></p>		<p><b>MÄÄRÄ TARVIKKEET</b></p> <p>2 kpl FB20 NOSTOLENKKI 1 kpl VEMO M16 S355JR 8 kpl VL-80 VAARINALENKKI 4 kpl TAPPI Ø16 600,0mm B500B 130,5 kg VERKKO Ø150 B500B 29,0 kg B500B ø8 28,2 kg B500B ø12 0,1 kg S355JR ø16 17,3 kg Unelifeed ø20</p>	
<p><b>TERÄKSET: B500B</b> <b>VERKKO: B500K</b></p> <p><b>TERÄSTEN JATKOSITUUDET:</b></p> <p>T8= 400mm T10= 500mm T12= 600mm T16= 800mm</p> <p>PIELITERÄKSET JATKETAAN NURKISSA, AUKKOJEN PIELITERÄKSET L= AUKKO + 1000mm VERKKOJEN LIIMITYS 2 SILMÄVÄLIÄ</p>		<p><b>KORKE</b> Mallielementti</p> <p><b>PIIRITELLYS</b> JRo</p> <p><b>PIIRITELLYS</b> JRo</p> <p><b>YHYSKUNNAN KÄYTTÖ</b> ELEMENTTIPUIRUSTUS V-1, VALISEINA</p> <p><b>MITTAVAIKUT</b> 1:10 1:30</p> <p><b>YHYSKUNNAN KÄYTTÖ</b> IM_XXXX V-1</p> <p><b>YHYSKUNNAN KÄYTTÖ</b> RAK 1/3</p> <p><b>MAKSI</b> 11.03.2019</p> <p><b>IMATRAN JUVA OY</b></p>	

ELEM. NOSTO  
NOSTOLENKKI ASENNETTAVA  
VAUJUNTAAN OHJEN MUKAAN

OLENKKI, 304 NOSTIAK VAN  
NOSTOLENKKI



Väliseinä 1, elementtipiirustus, sivu 3 / 3



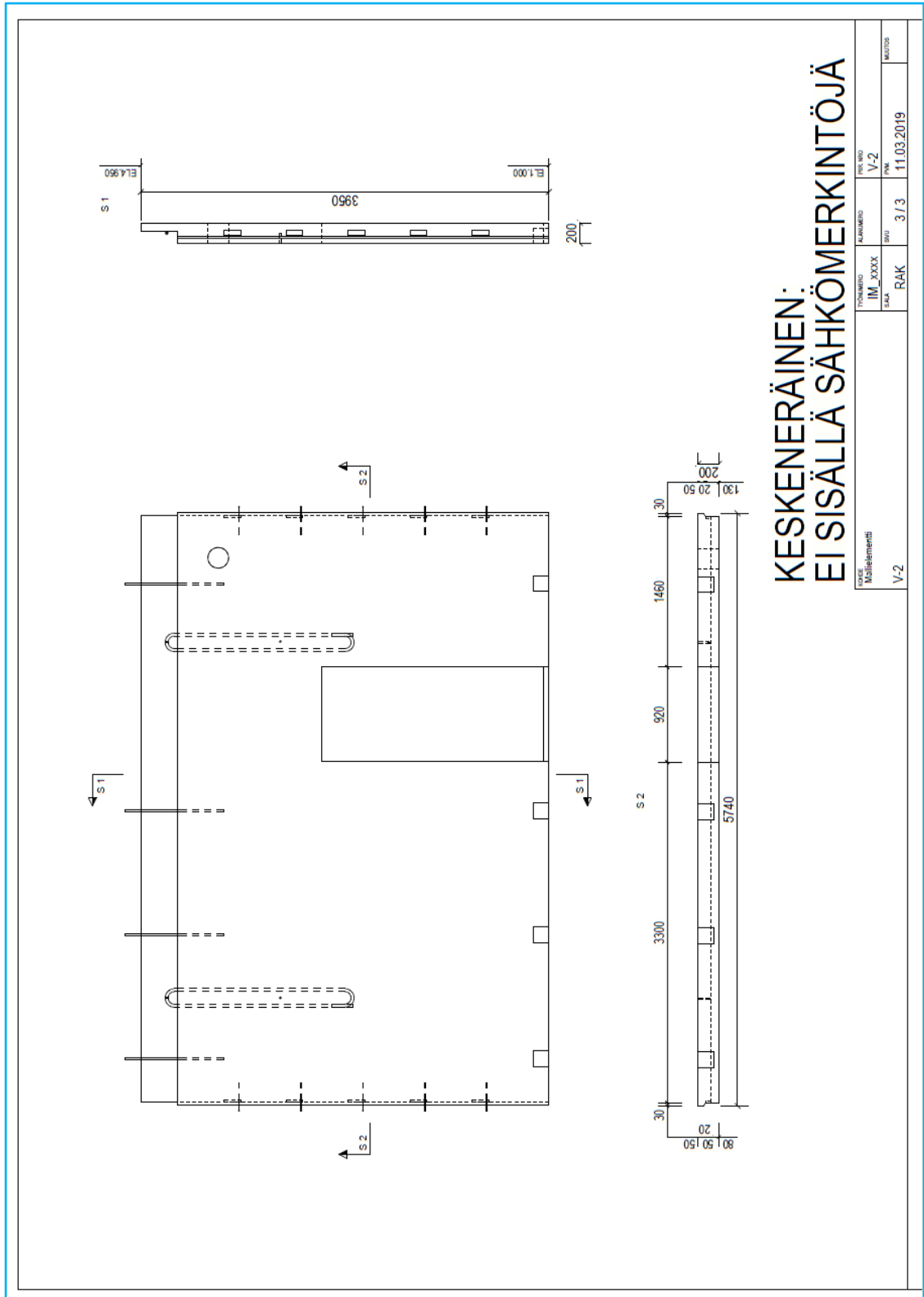
KESKENERÄINEN:  
SÄHKÖMERKINNÄT PUUTTUVAT

LOUSE	TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIRI NRO
Mallilemmiti	IM_XXXX	RAK	V-1
V-1	3/3	RAK	11.03.2019
			MITOITUS



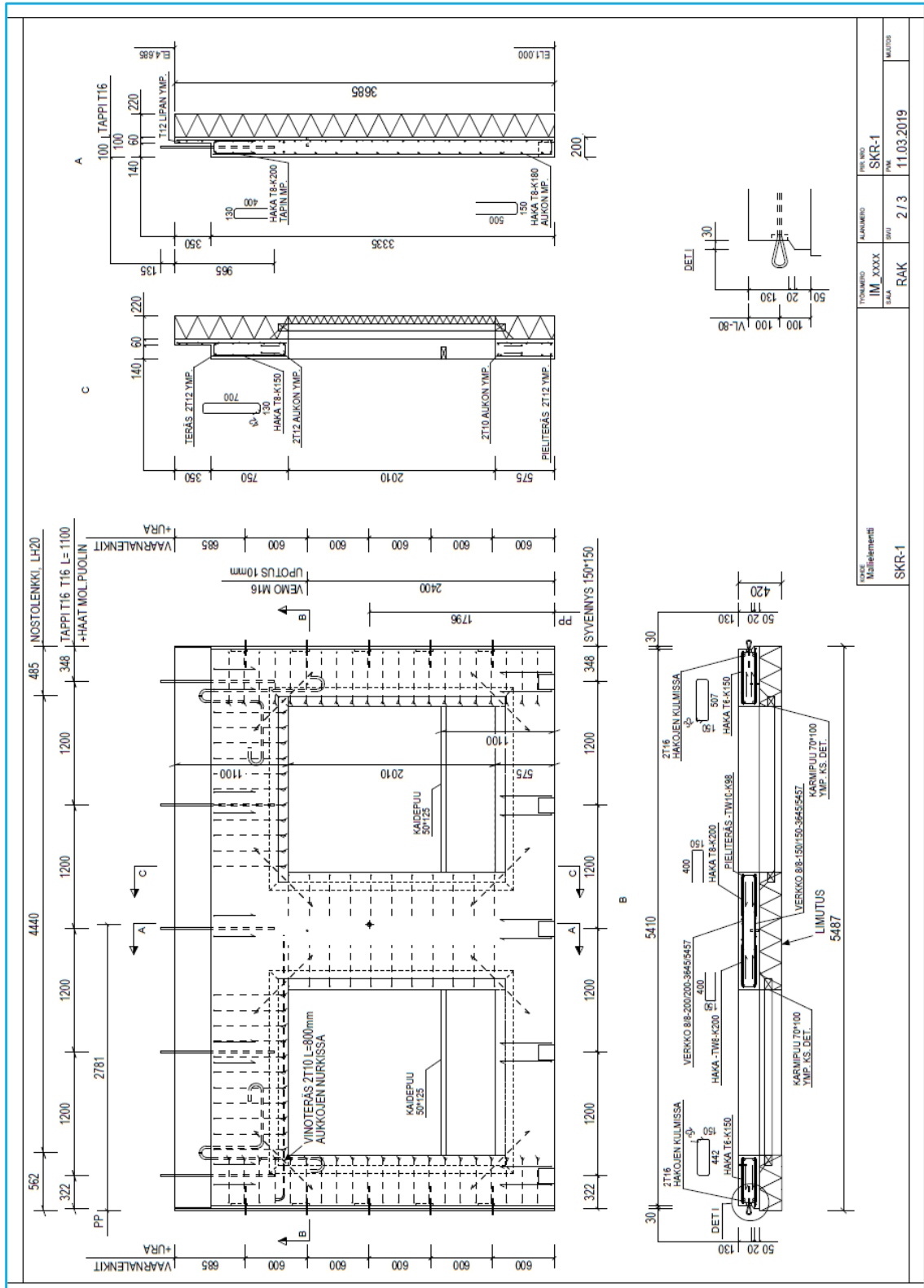


Väliseinä 2, elementtipiirustus, sivu 3 / 3

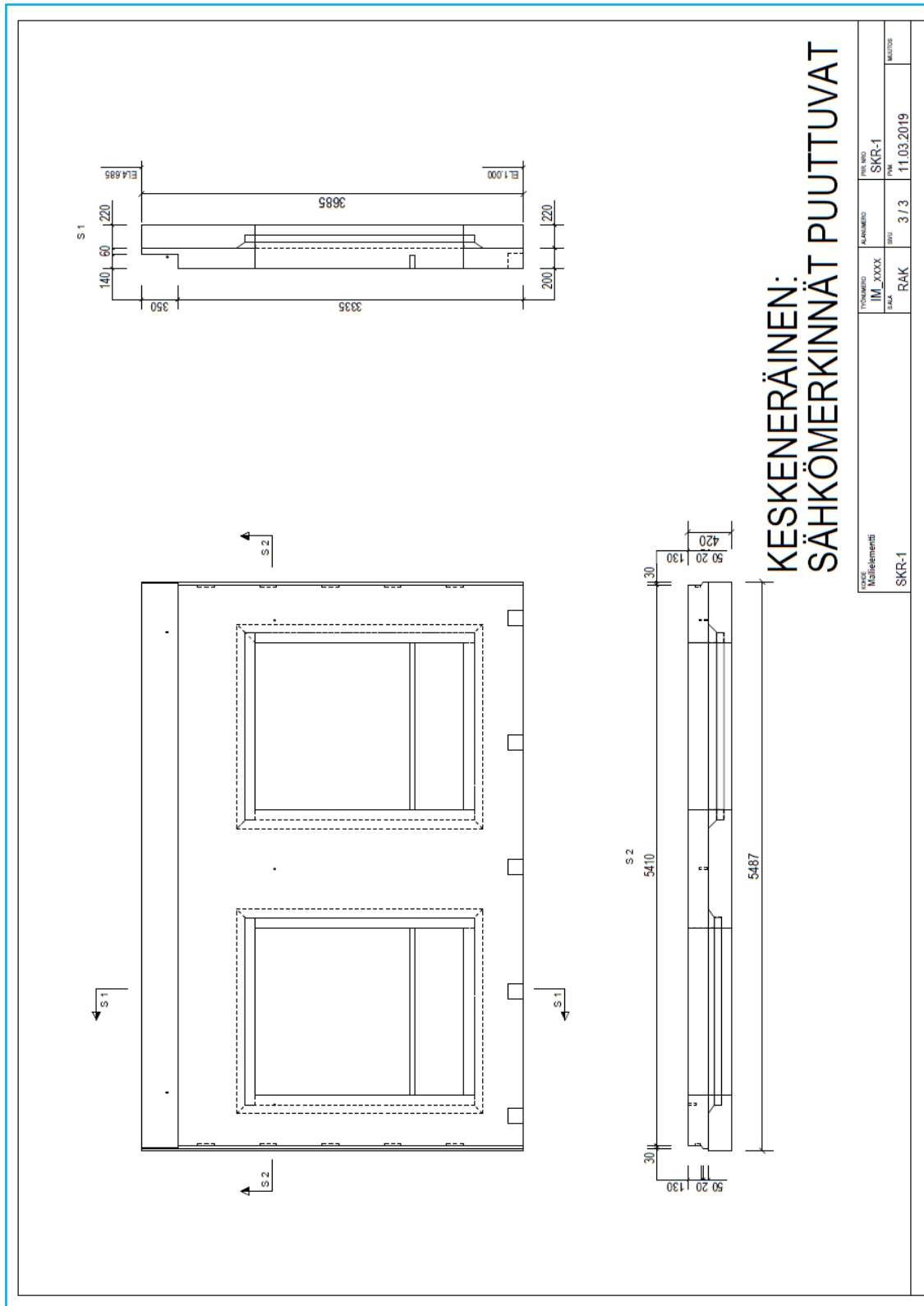




Sisäkuorielementti, elementtipiirustus, sivu 2 / 3



Sisäkuorielementti, elementtipiirustus, sivu 3 / 3

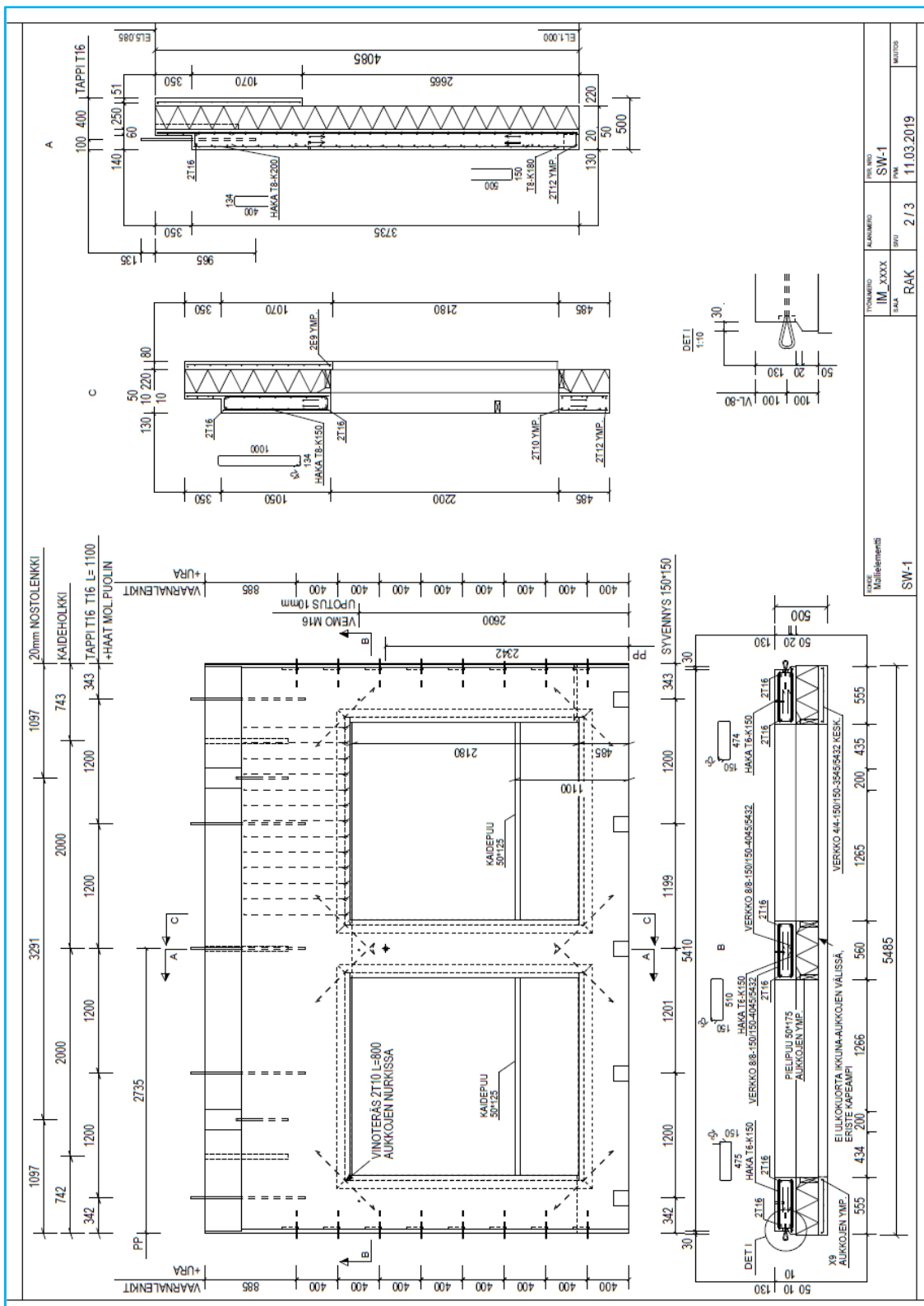


KESKENERÄINEN:  
SÄHKÖMERKINNÄT PUUTTUVAT

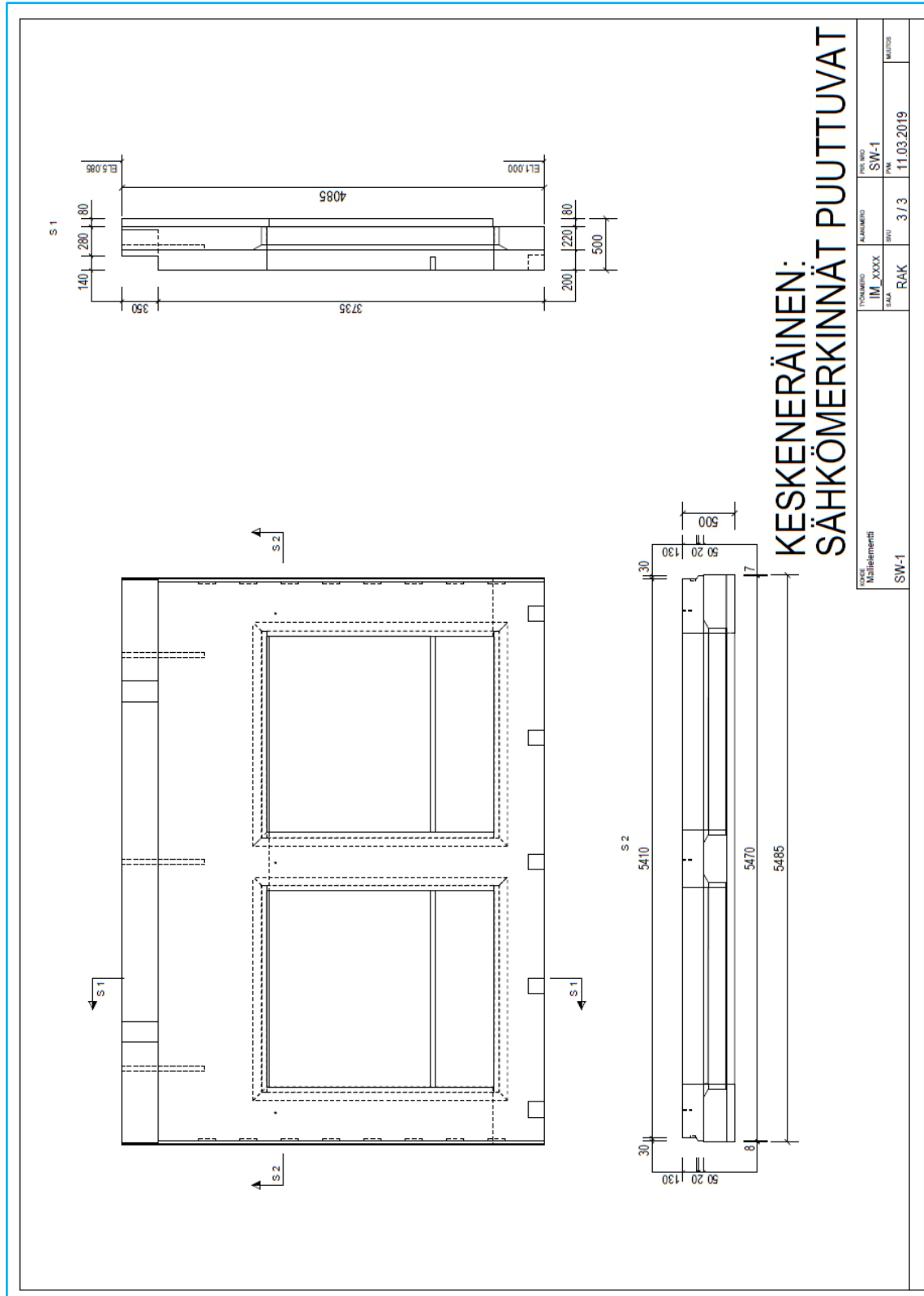
LOKKE Mallielementti	TYÖNUMERO IM_XXXX	ALANUMERO RAK	PIIRUS 3 / 3	PIIRI SKR-1	PIIRI 11.03.2019
-------------------------	----------------------	------------------	-----------------	----------------	---------------------



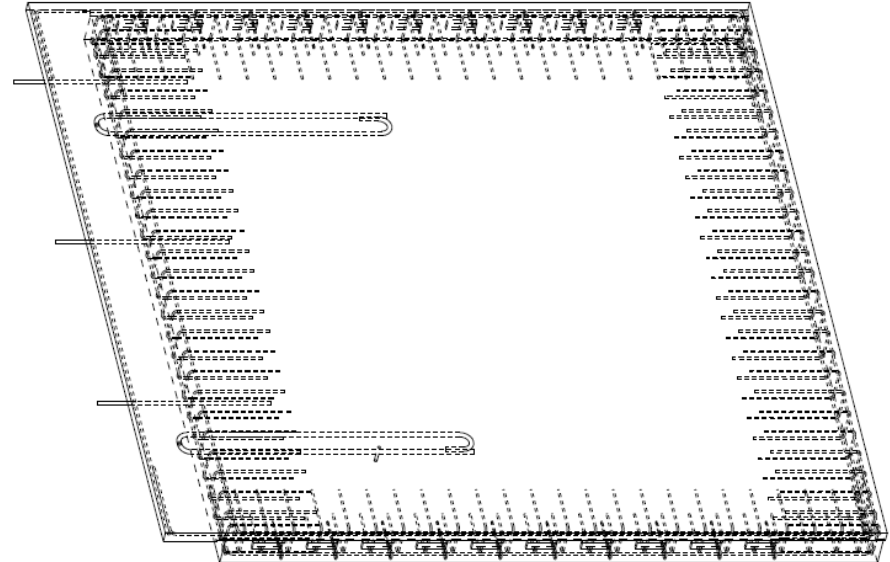
Sandwich-elementti, elementtipiirustus, sivu 2 / 3



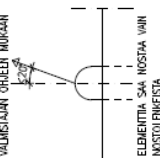
Sandwich-elementti, elementtipiirustus, sivu 3 / 3



Maanpainesseinä, elementtipiirustus, sivu 1 / 3



**ELEM. NOSTO**  
 NOSTOLENNYKSI ASEMITTÄVÄ  
 VALUJÄRJÄN UNKIEN MUKAISI  
 200



ELEMENTTI SAA NOSTAA VAIN  
 NOSTOLENNYKSIÄ

**SUUNNITTELUUN LÄHTÖTIEDOT**

Rakennuskohteeseen: R60  
 Rastitilo: XC2  
 Suunnitteluvuosi: 100 v.

**TUOTETIEDOT**

Reikeyden korkeus: 35 (+10)mm  
 Reikien halkaisija: 16 mm  
 Normaaliolosuhteet: NORMAALILUOKKA, BET. ELEM. TOL. 2011  
 Tuotantotapa: MUO-A  
 Pinta- ja reunakäsittely: TH-A  
 Pinta- ja reunakäsittely: TH-A  
 Muovitusolosuhteet: 0.50°C  
 Kujutus- ja asennusolosuhteet: 0.70/0.80°C

**VALUTARVIKELUETTELO**

BETONIN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN TILAVUUSPAINOJA 25.0 [kN/m³]  
 RAUDOITUSTANKOJEN, VERKKOJEN JA TARVIKKEIDEN PAINO SISÄLTYY TILAVUUSPAINOON

PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m²]	MÄÄRÄ	YKS
MP-1	1	C30/37	15.68	3.62	m³
<b>ELEMENTTI PAINO:</b>					<b>9.04 t</b>

**MÄÄRÄ TARVIKKEET**

2 kpl	PEZO NOSTOLENNYKSI
10 kpl	VEVO M16 S355JR
20 kpl	T1-S6 VALUJÄRJÄN UNKI
3 kpl	T1-S6 VALUJÄRJÄN UNKI
126.0 kg	VERKKO 10/160 B500B
463.3 kg	VERKKO 12/160 B500K
39.3 kg	B500B ø 8
29.2 kg	B500B ø 10

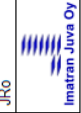
TERÄKSET: T=6500B/ A500HW, E=6600KX (RST)  
 VERKOT: B500K

TERÄSTEN JATKOSITUUKSET: T8=400mm T10=500mm  
 T12=600mm

VERKKOJEN JÄTKÖKSET 2 SILMÄVÄLIÄ  
 PIELTERÄKSET JÄTKETÄÄN NURKISSA, AUKKOJEN  
 PIELTERÄKSET L=AUKKO +1000

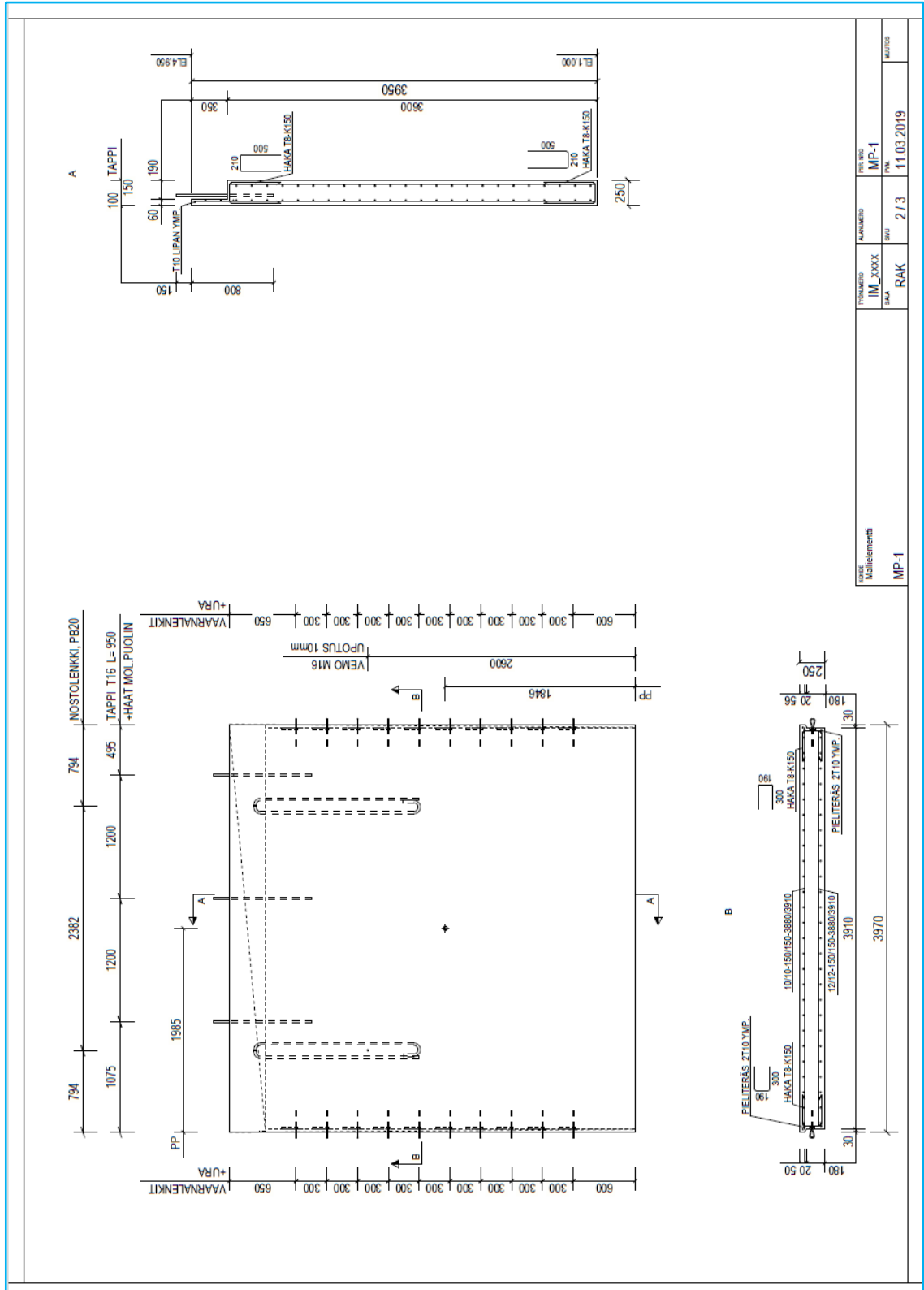
KATSOMISSUUNTA LUKUUNTA ELEMENTTIKAAVISSA

TUOTE		PAINO		KÄYTTÖ	
Mallelementti	ELEMENTTIPUURUSTUS MP-1, MAANPAINESSEINÄ	1.20	1.30	120	130
PIIR. NRO	RAK	17/3	11.03.2019	RAK	11.03.2019



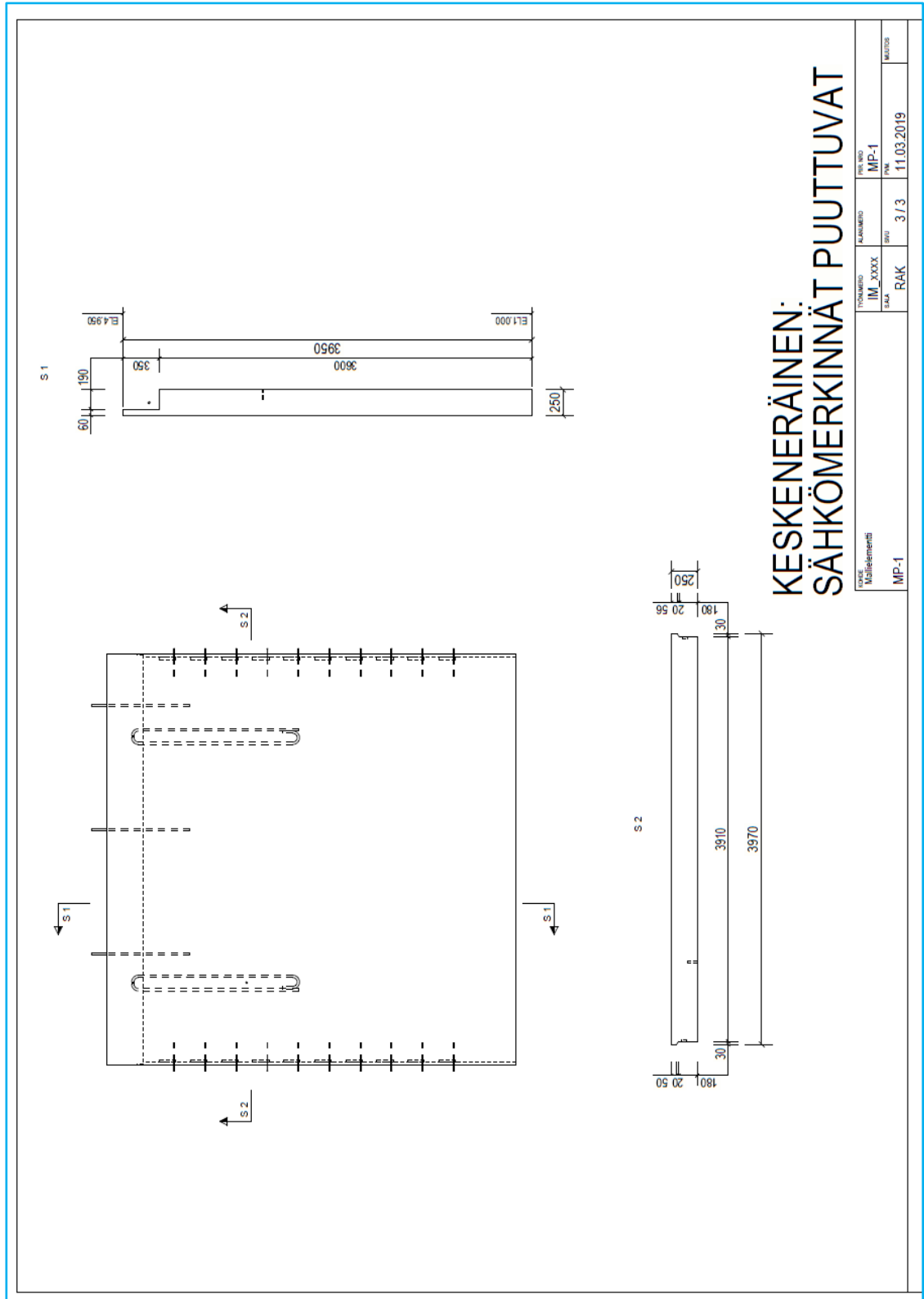
Imatran Juva Oy

Maanpainesseinä, elementtipiirustus, sivu 2 / 3



KUNNAN Mallilehti		PYSYVÄ MP-1	
TYÖNUMERO IM_XXXX	ALANUMERO SPU	RAK 2/3	MUUTOS 11.03.2019
MP-1			

Maanpainesseinä, elementtipiirustus, sivu 3 / 3



KESKENERÄINEN:  
SÄHKÖMERKINNÄT PUUTTUVAT

LOKKE Mallilementti	TYÖNUMERO IM_XXXX	MAKSI RAK	SIIV 3 / 3	MP-1	MP-1	11.03.2019	MP-1
------------------------	----------------------	--------------	---------------	------	------	------------	------