

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2019

Martti Suominen

# KERROSTALON TIETOMALLIPOHJAINEN ELEMENTTISUUNNITTELU

– As. Oy Minervan uudisrakennus

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2019 | 43 sivua, 10 liitesivua

Martti Suominen

# KERROSTALON TIETOMALLIPOHJAINEN ELEMENTTISUUNNITTELU

- As. Oy Minervan uudisrakennus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli mallintaa ja suunnitella seinäelementit kerrostalokohteeseen sekä koota tietoa mallintamisesta ja elementtisuunnittelusta. Kerrostalo sijaitsee Turussa ja sen rakentaminen aloitettiin vuoden 2018 syksyllä.

Työhön on koottu tietoa ohjeistuksista ja määräyksistä, joita mallintamiseen sekä elementtisuunnitteluun liittyy. Työssä esitellään mallintamiseen liittyviä vaiheita ja osatekijöitä, elementtipiirustuksien sisältöä ja tuottamista tietomallista.

Lopputuloksena suunniteltiin kerrostalon asuinkerroksen seinäelementit tuotantoa varten sekä laadittiin elementtikaavio asennusta varten.

Suunnitelluilla seinäelementeillä saadaan rakennettua kohteeseen asuinkerros ja elementtipiirustuksia voidaan hyödyntää myös ylempien kerrosten suunnittelussa.

ASIASANAT:

tietomallintaminen, elementtisuunnittelu, Tekla Structures

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2019 | 43 pages, 10 pages in appendices

Martti Suominen

# BIM BASED ELEMENT DESIGN OF AN APARTMENT

- Minerva new building

The aim of this thesis was to model and design the wall elements for an apartment building and to collect information on modeling and element design. The apartment building is located in Turku and its construction started in the autumn of 2018.

The work contains information on the guidelines and regulations that are associated with modeling and element design. The thesis introduces the stages and components as well as the content of the element drawings and their production from BIM.

As a result, the wall elements of the apartment block were designed for production and an element diagram was drafted for installation.

KEYWORDS:

BIM, element design, Tekla Structures

# SISÄLTÖ

<b>SANASTO</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN</b>	<b>9</b>
2.1 Betonielementtirakentamisen historia Suomessa	9
2.2 Betonielementtirakentamisen hyödyt	9
<b>3 TIETOMALLINTAMINEN</b>	<b>11</b>
3.1 Yleiset tietomallivaatimukset	12
3.1.1 Yleiset mallitekniset vaatimukset	13
3.1.2 Yleiset määrittelyt rakennesuunnittelun tietomallille	15
3.1.3 Rakennemallin tietosisältö suunnitteluvaiheittain	16
3.1.4 Käyttöönotto ja ylläpito	20
3.2 Elementtisuunnittelun mallinnusohje	21
3.2.1 Yleistä	21
3.2.2 Mallin luovuttaminen	21
3.2.3 Suunnitteluvaatimukset	21
3.2.4 Elementtien perustiedot	21
3.2.5 Määrätiedot ja taulukointi	22
3.2.6 Valutarvikkeiden mallinnus ja taulukointi	22
3.2.7 Elementtien sähkötarvikkeet	22
3.2.8 Tietomallipohjainen reikävaraus suunnittelu	23
3.2.9 Valmiusaste- ja päivämäärämerkinnät	23
<b>4 TEKLA STRUCTURES - OHJELMISTO</b>	<b>24</b>
4.1 Elementtisuunnittelu Teklalla	25
<b>5 RAKENEMALLIN LAADINTA</b>	<b>26</b>
5.1 Referenssien käyttö mallintamisessa	26
5.2 Betonielementtien mallintaminen	26
5.3 Valutarvikkeet	29
5.3.1 Reiät ja syvennykset	38
<b>6 ELEMENTTIPIIRUSTUSTEN LAADINTA</b>	<b>39</b>

6.1 Elementtien numerointi	39
6.2 Ensimmäisten piirustusten tuottaminen	40
6.3 Piirustusten kloonaaminen	41
6.4 Valmiit elementtipiirustukset	42
6.5 Elementtikaavion tekeminen	42
<b>7 POHDINTA</b>	<b>43</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>44</b>

## LIITTEET

- Liite 1. SK3-1202.
- Liite 2. V1-1201.
- Liite 3. V2-1202.
- Liite 4. V3-1202.
- Liite 5. V4-1211.

## KUVAT

Kuva 1. Tietomallilla tarkoitetaan sekä alkuperäis- että IFC-mallia.	12
Kuva 2. Esimerkki ajorampista, jossa suunnitteluohjelmiston työkaluja on käytetty soveltaen.	14
Kuva 3. Rakennemalli yleissuunnitteluvaiheessa.	16
Kuva 4. Esimerkki porrashuoneen mallitarkkuudesta yleissuunnitteluvaiheessa.	17
Kuva 5. Rakennemalli hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa.	18
Kuva 6. Edellisen kuvan rakennemallin porrashuoneen mallitarkkuus ja mallielementti hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa.	18
Kuva 7. Rakennemalli toteutussuunnitteluvaiheessa.	19
Kuva 8. Porrashuoneen mallitarkkuus toteutussuunnitteluvaiheessa.	20
Kuva 9. Add model -valikko.	26
Kuva 10. Concrete Panel – Attributes -välilehti.	27
Kuva 11. Concrete Panel – Position -välilehti.	27
Kuva 12. Concrete Panel – Cast unit -välilehti.	28
Kuva 13. Opening in wall -työkalu.	29
Kuva 14. Column – Attributes -välilehti.	30
Kuva 15. Column – Position -välilehti.	30
Kuva 16. Wall to wall – Edge shape -välilehti.	31
Kuva 17. Wall to wall – Connectors -välilehti.	32
Kuva 18. Seinien liitoskomponentti.	33
Kuva 19. Tartuntatappien asetukset.	34
Kuva 20. Polygon cut -asetukset.	34
Kuva 21. Wall Panel Reinforcement -työkalu.	35

Kuva 22. Wall Vemo Inserter -työkalu.	36
Kuva 23. LiftingInserts-työkalu.	36
Kuva 24. VEMO 1036-G -työkalu.	37
Kuva 25. Concrete beam -asetukset.	38
Kuva 26. ACN Sequencer -työkalu.	39
Kuva 27. DWG/DXF-työkalu.	41
Kuva 28. Clone drawing -työkalu.	42

# SANASTO

BES	vuosina 1968–1970 kehitetty betonielementtistandardi
COBIM	mallintamisohejeden laajentamis- ja päivittämishanke, jonka pohjalta toteutettiin Yleiset tietomallivaatimukset 2012
DWG	CAD-piirustusten tiedostomuoto
IFC	kansainvälisesti käytössä oleva standardi tiedonsiirtoon eri tietomallien välillä, Industry Foundation Classes
rakennemalli	rakennesuunnittelun tietomalli
RunkoBES	1980-luvulla toimitila- ja teollisuusrakentamiseen kehitetty standardi
TATE	talotekniikka
Tekla	Tekla Structures
Tekla Structures	tietomallipohjainen rakennesuunnitteluohjelma
YTV	yleiset tietomallivaatimukset; ohjeistus hankkeen osapuolille siitä, mitä ja miten mallinnetaan hankkeen eri vaiheissa

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli mallintaa betonielementtirakenteisen kerrostalon rakenteet ja tuottaa kohteen seinäelementeistä elementtipiirustukset elementtitehtaan tuotantoa varten. Opinnäytetyössä perehdytään mallintamiseen ja siihen vaikuttaviin eri vaiheisiin ja osatekijöihin, elementtipiirustuksiin sekä elementtien piirustustuotantoon tietomallista. Työn tavoitteena on tuottaa tietomalliin kerrostalon rakenteet ja niiden pohjalta suunnitella sisäkuori- ja väliseinäelementeistä elementtipiirustukset yhden asuinkerroksen osalta.

Työn toimeksiantaja on Sitowise Oy. Opinnäytetyö on osa yrityksen projektia, jossa suunnitellaan uudisrakennuksena 6-kerroksinen kerrostalo. Kerrostalo rakennetaan kahden olemassa olevan kerrostalon väliin, joista toiseen rakennus tulee kiinni. Lisäksi kohde on kiinni vieressä kulkevassa tiessä, joka pitää huomioida suunnitelmissa. Kohde As Oy Minervan uudisosa sijaitsee Turussa osoitteessa Linnankatu 59.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa käsitellään yleisiä asioita, ohjeita ja vaatimuksia mitä tietomallintamiseen ja elementtisuunnitteluun liittyy. Lisäksi esitellään rakennemallin laadinnassa ja elementtipiirustusten tuotannossa käytettyjä työkaluja ja suunnittelun eri vaiheita.

Työ rajattiin yhden asuinkerroksen seinien mallintamiseen ja elementtisuunnitteluun. Työn laajuus ja työmäärä olisivat kasvaneet suuriksi, jos opinnäytetyössä käsiteltäisiin kaikkien kerroksien mallintamiseen ja elementtisuunnitteluun liittyviä vaiheita. Asuinkerroksissa pohja on melko samanlainen, joten osassa elementeissä saadaan samoilla elementtipiirustuksilla tehtyä useampaan kerrokseen tarvittavat elementit. Lähdemateriaalina työssä käytetään pääasiassa Betoniteollisuus ry:n, Trimble Oy:n, Rakennustieto Oy:n sekä BuildingSMART Finlandin julkaisuja.

## 2 BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN

### 2.1 Betonielementtirakentamisen historia Suomessa

Betonielementtirakentaminen on alkanut Suomessa 1950-luvulla. Sodan jälkeen etsittiin tehokasta ja taloudellista rakentamistapaa ja ratkaisuksi löytyi betonielementtirakentaminen, joka vastasi näihin tarpeisiin. 1960-luvulla betonielementtituotanto kasvoi, kun muuttovirta maalta kaupunkeihin työpaikkojen perässä tuotti kysyntää uusille asunnoille. (Betoniteollisuus ry 2019a.)

Betonielementtirakentamisen yleistymisestä seurasi myös ongelmia, kun koulutus oli vähäistä eikä betonielementtien rakenneratkaisuille, suunnittelulle ja tuotannolle ollut olemassa standardeja tai yhteisiä normeja (Hytönen & Seppänen 2009, 86).

Tämän seurauksena Betoniteollisuus ry kehitti vuosina 1968-1970 BES-järjestelmän asuinrakentamista varten. Järjestelmä perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin. BES – järjestelmässä standardoitiin betonielementit sekä niiden liitosdetaljit. 1980-luvulla standardisointi jatkui, jolloin luotiin RunkoBES-aineisto, jossa määriteltiin pilari-palkkirungolle rakennesien mitta- ja tyyppisuositukset, liitosdetaljit sekä mittajärjestelmä. (Betoniteollisuus ry 2019a.)

### 2.2 Betonielementtirakentamisen hyödyt

Betonielementtienrakentamisella päästään parempaan rakentamisen laatuun ja tuottavuuteen. Kun rakennuksen runko tehdään elementeistä, työvaiheet nopeutuvat huomattavasti, kun rungon kuivatukseen tarvitsee varata vähemmän aikaa sekä työskentelyolosuhteet rakennustyömaalla paranevat. Työvaiheiden nopeuttamisella säästetään myös kustannuksia ja työskentelyolosuhteita parantamalla pystytään myös työturvallisuus hoitamaan helpommin. (Betoniteollisuus ry 2019b.)

Betonielementit tehdään elementtitehtaalla ennen kuin rakennuksen runkoa aletaan rakentamaan ja ne saadaan toimitettua työmaalle juuri oikeaan aikaan. Samalla myös aikataulusuunnittelu helpottuu ja tarkentuu. Tehdasolosuhteissa tuotettuna elementit ovat tasalaatuisia, koska työskentelyolosuhteet sisätiloissa ovat tasaiset, betonin lujuudenkehitysolosuhteet ovat paremmat ja se on helpommin seurattavaa sekä elementtien

laadunvalvonta on tarkempaa, koska elementeillä tulee olla CE-merkintä. Hyvällä laadulla varmistetaan, että rakennus on kosteusteknisesti toimiva, hyvin ääntä eristävä ja energiaa säästävä, jolla on alhaiset ympäristövaikutukset sekä pitkä käyttöikä. (Betoniteollisuus ry 2019b.)

Elementtirakentamisella säästetään myös kustannuksissa. Työn tuottavuus on parempaa tehtaassa ja työmäärä työmaalla vähenee, jolloin rakennusaika lyhenee ja tätä kautta kustannuksissa säästetään. Tehtaassa tuotettuna myös materiaalihukka sekä logistiikan kulut ovat pienempiä eikä vuodenaika vaikuta merkittävästi työn tekemiseen, jolla säästetään kustannuksia. Talvella työmaa säästää kustannuksista, kun lämmitystarve on vähäisempää ja rakenteet saadaan nopeammin säältä suojaan. (Betoniteollisuus ry 2019b.)

Rakentamistekniikoiden kustannuksia vertaillessa tulee ottaa huomioon yhteiskustannukset sekä aikakustannukset. Suurin hyöty elementtirakentamisesta saadaan, kun runko-, julkisivu- ja täydentävät rakenteet tehdään esivalmisteisena. (Betoniteollisuus ry 2019b.)

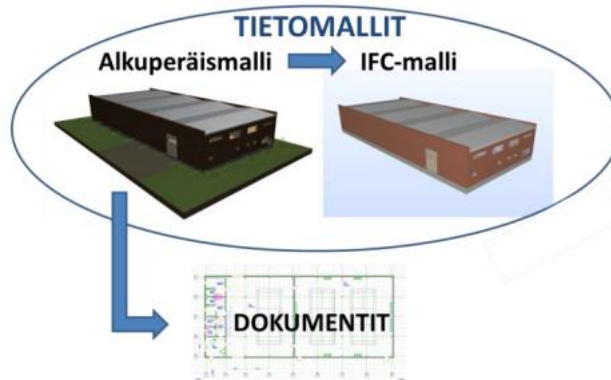
### 3 TIETOMALLINTAMINEN

Tietomalli on rakennuksen tai infrakohteen kolmiulotteinen tietokonemalli, jossa on koottu digitaaliseen muotoon rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus, jotta näiden tietojen hyödyntäminen olisi helpompaa. Tietomalliin kaikki tiedot tallennetaan vain yhden kerran ja näitä tietoja voidaan hyödyntää rakennusprosessin aikana suunnittelu- ja toteutusvaiheesta ylläpitoon asti. Tietomallin mahdollistavien varhaisessa vaiheessa suoritettavien erilaisten simulaatioiden ja analyysien avulla hankkeen suunnittelulle asetettujen vaatimusten ja suunnittelunormien täyttäminen helpottuu. (RIL 2019.)

Dokumenttipohjaisissa hankkeissa kohteen tiedot ovat hajallaan eri raporteissa ja piirustuksissa, mutta tietomallissa hankkeen eri dokumentit ja piirustukset ovat koottuina yhteen paikkaan, josta dokumentit voidaan aina tarvittaessa tuottaa. Dokumenttien sisältöä voidaan mallissa muokata vastaamaan kunkin osapuolen tarvitsemia tietoja, jolloin dokumenttien käyttö ja tulkinta helpottuu, kun niissä ei ole sillä hetkellä tarpeetonta tietoa. Tarvittavat raportit ja piirustukset voidaan tuottaa mallista automaattisesti tai puoliautomaattisesti. (RIL 2019.)

Kun eri suunnittelualojen osamallit yhteensovitetaan yhdistämällä ne yhdeksi yhdistelmämalliksi, voidaan varmistaa, etteivät ne ole toistensa kanssa ristiriidassa ja varmistetaan, ettei dokumenteissa esitetä ristiriitaisia tietoja. Koska eri suunnittelualojen tietomallit tuotetaan eri suunnitteluohjelmilla, eivätkä ne suoraan tue samaa tiedostomuotoa, tulee niistä kaikista tuottaa yhteinen siirtomuoto, jossa kaikkien objektien tiedot ja sijainti siirtyvät oikein. Talonrakennuksessa on kehitetty tähän tarkoitukseen IFC-formaatti. (RIL 2019.)

Kuvassa 1 esitetään, että tietomallilla tarkoitetaan sekä suunnittelijan tuottamaa alkuperäismallia, että IFC-mallia, joka tuotetaan suunnittelijan mallista. Suunnittelijan alkuperäismallista voidaan myös tuottaa muita dokumentteja. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 6.)



Kuva 1. Tietomallilla tarkoitetaan sekä alkuperäis- että IFC-mallia. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 6.)

Tietomallissa osille voidaan määrittää tietoja esimerkiksi aikataulusta, hankinnoista ja hinnoista, joita voidaan hyödyntää prosessin hallinnassa esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosesseissa (RIL 2019).

### 3.1 Yleiset tietomallivaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 julkaisusarja on COBIM-kehittämishakkeen tulos. Vaatimuksille tuli tarve, kun rakennusalalla tietomallintamisen käyttö kasvoi nopeasti ja rakennushankkeen osapuolilla oli tarve määritellä mitä ja miten mallinnetaan missäkin hankkeen vaiheissa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Mallinnuksen tavoitteena on rakentamisen ja suunnittelun tehokkuuden, turvallisuuden, kestäväen kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari prosessin ja laadun tukeminen. Tietomallia voidaan hyödyntää rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Yleiset tietomallivaatimukset esittävät vähimmäisvaatimukset mallien sisällöille ja mallintamiselle. Tapauskohtaisesti voidaan myös esittää lisävaatimuksia vähimmäisvaatimusten lisäksi. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 julkaisusarjan osat ovat

- 1 Yleinen osuus
- 2 Lähtötilanteen mallinnus
- 3 Arkkitehtisuunnittelu

- 4 Talotekninen suunnittelu
- 5 Rakennesuunnittelu
- 6 Laadunvarmistus
- 7 Määrälaskenta
- 8 Mallien käyttö havainnollistamisessa
- 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- 10 Energia-analyysit
- 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Tietomallihankkeiden jokaisen osapuolen pitää tutustua oman alansa vaatimukseen sekä ainakin osaan 1 Yleinen osuus ja osaan 6 Laadunvarmistus. Projektia johtavan tai projektin tiedonhallinnasta vastaavan on osattava tietomallintamisen periaatteet kokonaisuudessaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

### 3.1.1 Yleiset mallitekniset vaatimukset

Yleisissä malliteknisissä vaatimuksissa asetetaan vaatimukseksi IFC 2x3 -sertifiointi käytettäville mallinnusohjelmille julkisissa hankkeissa, mutta erityisvaatimuksia voidaan myös asettaa hankekohtaisesti erityisominaisuuksien tai IFC-version suhteen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

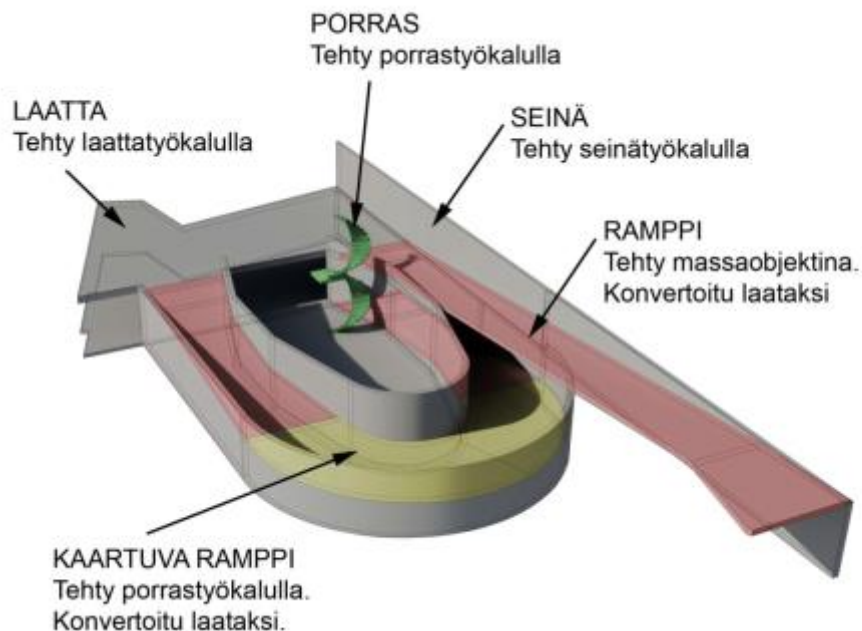
Hankkeen osapuolien pitää neuvotella, jos mallinnusohjelmaa tai niiden versiota vaihdetaan kesken projektin. Ohjelmistoille ei ole rajoituksia sisäisessä työskentelyssä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Työn aikana kaikki mallit luovutetaan vaaditussa laajuudessa mallinnusohjelmiston omassa tiedostomuodossa sekä IFC-muodossa. Jaettavien mallien sisällölle asetetaan vaatimus, että niissä ei saa näkyä suunnitelmiin kuulumattomia tasoja, eikä muiden suunnittelijoiden malleja vaan niissä saa esiintyä ainoastaan mallin julkaisevan suunnittelijan mallinnusosia. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Mallien sijoittamiselle koordinaatistoon ohjeistetaan origon sijoittamisesta ja projektikoordinaatistojen sijoittamisesta suhteessa kunnan koordinaatistoon, jotta voidaan välttää

mittaepätarkkuuksia. Tietomallien mittayksikkönä käytetään millimetrejä. Arkkitehdin mallissa mittatarkkuuksina voidaan käyttää liittymämittoja. Rakennusosamallissa liittymämittoja ei saa enää käyttää vaan mallintaessa tulee käyttää osien todellisia mittoja. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Mallintaessa tulee käyttää ohjelmistojen mallikomponentteja ja työkaluja käytetään niiden varsinaiseen käyttötarkoitukseen. Jos omia työkaluja ei ole tai niiden käyttöä joudutaan soveltamaan, tulee tästä ilmoittaa tietomalliselostuksessa. Kuvassa 2 on esitetty ajoramppi, jonka mallintamisessa on käytetty suunnitteluohjelman työkaluja soveltaen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)



Kuva 2. Esimerkki ajorampista, jossa suunnitteluohjelmiston työkaluja on käytetty soveltaen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Yleisvaatimuksena on, että rakennukset mallinnetaan kerroksittain, koska suunnitelmia analysoidaan ja käsitellään pääosin kerroksittain (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.).

Kaikki rakennukset tulee luovuttaa erillisinä itsenäisinä malleina ohjelmiston omassa tiedostomuodossa sekä IFC-muodossa. Mallissa jokaista kerrosta pitää voida tarkastella kerroskohtaisesti. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Tietomalliselostuksessa pitää esittää kuvaus mallinnustavoista, mallin sisällöstä sekä mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin ja mallinnustapoihin nähden. Seloste kertoo mallin tarkoituksen ja tarkkuuden ja muut osapuolet voivat tulkita siitä mallin nimeämiskäytäntöjä, valmiusastetta sekä mallin yleistä rakennetta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Hankkeisiin tulee myös nimetä tietomallikoordinaattori, joka huolehtii yhdistelmämallien kokoamisesta sekä raportoi havaituista virheistä suunnittelijoita. Tietomallikoordinaattorin tehtäviä on kuvattu tarkemmin YTV:n osassa 11. Tietomallipohjainen projektin johtaminen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Tietomallit toimivat päätöksenteon välineinä hankkeen virallisissa julkaisupisteissä. Mallin julkaisu tulee suorittaa hallitusti ja muu julkaistava materiaali pitää tuottaa samanaikaisesti. Ennen julkaisua pitää suorittaa mallin ja muun materiaalin laadunvarmistustarkistus. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Tietomallit toimitetaan projektiaikataulun mukaisesti julkaisu- ja laadunvarmistustarkistuksiin ainoastaan tietyistä suunnitteluvaiheista, mutta projektin aikana suunnitteluosapuolet voivat jakaa tietoa myös tietomallimuodossa, kunhan toimintatavan mahdolliset rajoitukset ovat osapuolten tiedossa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

Tietomallien laadunvarmistuksesta huolehtii suunnittelijat ja tietomallikoordinaattori valvoo laadunvarmistusta. Suunnittelijoiden tulee huolehtia, ettei työmalleissa ole kuin keskeneräisyyteen liittyviä puutteita. Laadunvarmistamisesta kerrotaan lisää YTV:n osassa 6. Laadunvarmistus ja tietomallien yhdistäminen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1.)

### 3.1.2 Yleiset määrittelyt rakennesuunnittelun tietomallille

Yleisten tietomallivaatimusten osassa 5 käsitellään rakennesuunnittelun tietomallintamista ja rakennesuunnittelijan tuottamien tietomallien vaadittua sisältöä. Rakennesuunnittelija mallintaa kaikki kantavat sekä ei-kantavat betonirakenteet. Lisäksi tulee mallintaa muut rakennustuotteet joiden sijainnilla ja koolla on muille suunnittelijoille merkitystä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Rakenteet tulee mallintaa oikeilla työkaluilla, jotta ne näkyvät IFC-mallissa oikein. Mallinnetuille rakenteille tulee antaa kerros- ja lohkotiedot suunnitellun

rakentamisjärjestyksen mukaisesti. Tietojen tulee näkyä myös IFC-mallissa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

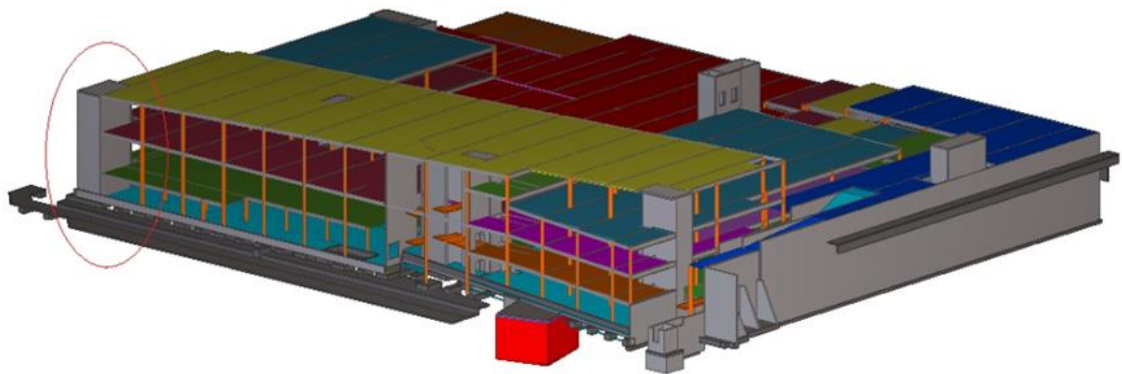
Mallinnetuille osille tulee mallinnusohjelman automaattisen oman numeroinnin lisäksi antaa numerointi, joilla osat pystytään tunnistamaan ja niitä voidaan seurata eri vaiheissa kuten logistiikassa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5).

Mallia jaettaessa muille tulee siitä selvittää eri vaiheiden valmiusaste tai se tulee esittää tietomalliselostuksessa. Ennen mallin jakamista tulee rakennesuunnittelijan suorittaa oma laadunvarmistus tietomallille. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

### 3.1.3 Rakennemallin tietosisältö suunnitteluvaiheittain

Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija voi sovittaessa mallintaa erilaisia vaihtoehtoja esimerkiksi rungolle (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5).

Yleissuunnitteluvaiheessa kehitetään valittu ehdotussuunnitelma yleissuunnitelmaksi. Kantavien rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien yhteensopivuus tarkastellaan yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelijoiden kanssa. Kuvassa 3 on esitetty rakennemallin mallinnustarkkuus yleissuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)



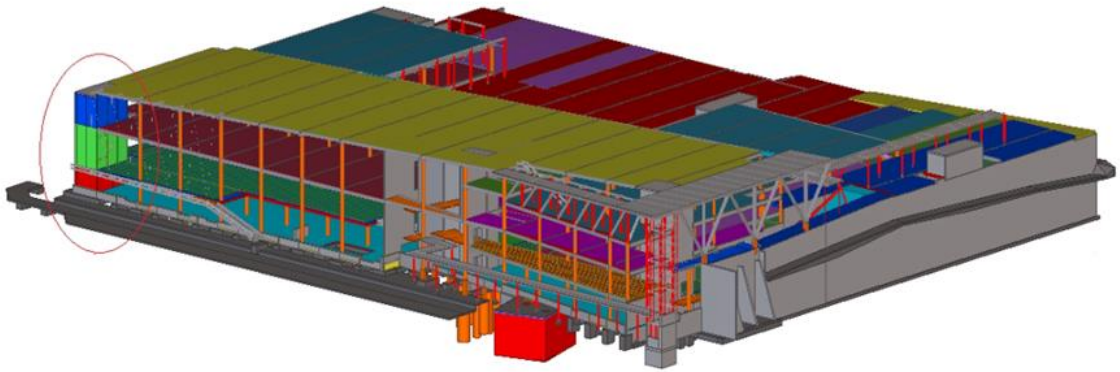
Kuva 3. Rakennemalli yleissuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Kuvassa 4 esiintyvän porrashuoneen sijainti on esitetty kuvassa 3 ympyröimällä. Kuvassa 4 esitetään tarkemmin mallinnustarkkuutta yleissuunnitteluvaiheessa.



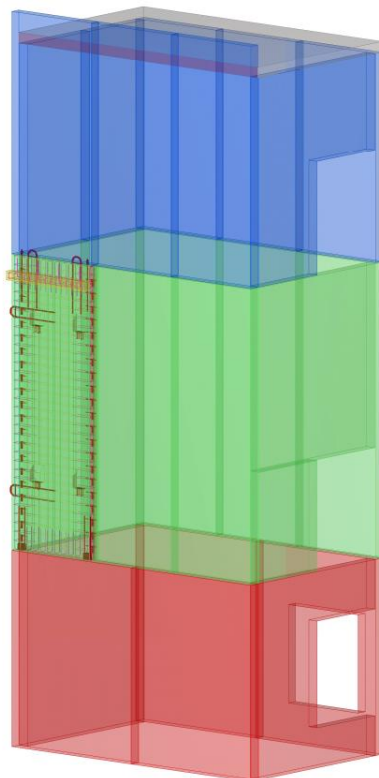
Kuva 4. Esimerkki porrashuoneen mallitarkkuudesta yleissuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Hankintoja palvelevassa suunnittelussa mallia kehitetään, jotta sieltä saadaan laadittua tarvittavat tarjouspyyntöasiakirjat hankintakyselyjä varten. Mallissa tulee esittää betoni-rakenteiden tiedot ja sijainti. Kuvassa 5 on esitetty rakennemallin mallinnustarkkuus yleissuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)



Kuva 5. Rakennemalli hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

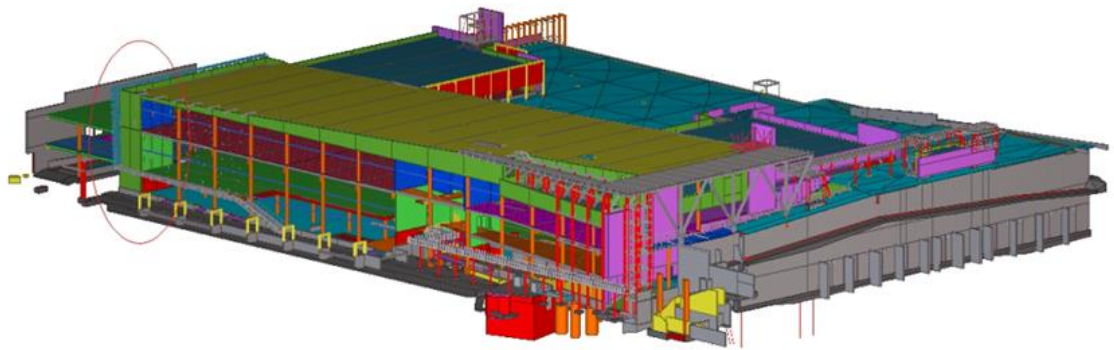
Kuvassa 6 esiintyvän porrashuoneen sijainti esitetään kuvassa 5 ympyröimällä. Kuvassa 6 esitetään tarkemmin mallinnustarkkuutta hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa.



Kuva 6. Edellisen kuvan rakennemallin porrashuoneen mallitarkkuus ja mallielementti hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

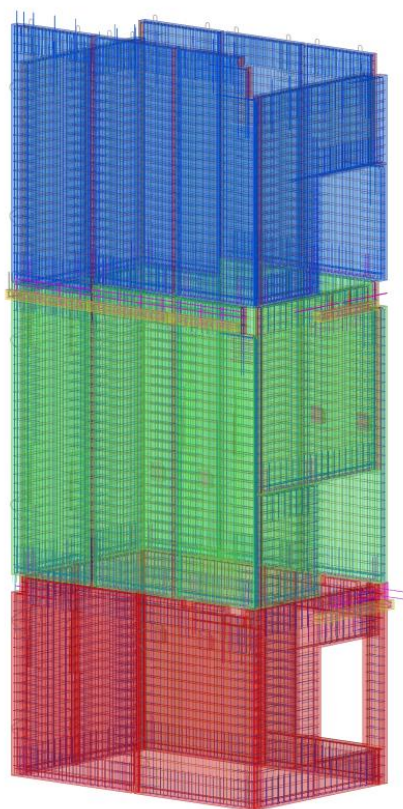
Hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheessa mallinnetaan TATE-suunnittelijoiden määrittämät reiät ja varaukset. TATE-suunnittelijat tuottavat kerroksittain IFC-varausmallin, jossa esitetään ainoastaan varausobjektit siten, että niiden koko ja sijainti on oikein. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennemallin tarkkuus ja sisältö määräytyvät rakennesuunnittelijan tehtävien laajuuden perusteella. Kuvassa 7 on esitetty rakennemallin mallinnustarkkuus yleissuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.).



Kuva 7. Rakennemalli toteutussuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Kuvassa 8 esiintyvän porrashuoneen sijainti esitetään kuvassa 7 ympyröimällä. Kuvassa 8 esitetään tarkemmin mallinnustarkkuutta yleissuunnitteluvaiheessa.



Kuva 8. Porrashuoneen mallitarkkuus toteutussuunnitteluvaiheessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

Rakennesuunnittelijan toimiessa myös konepaja- ja/tai elementtisuunnittelijana, tulee kokoonpanot ja/tai elementit mallintaa samalla tarkkuudella kuin edellisen suunnitteluvaiheen mallielementit ja/tai kokoonpanot. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

#### 3.1.4 Käyttöönotto ja ylläpito

Toteutussuunnitteluvaiheen malli ohjaa rakentamista. Rakennuksesta tarvitsee tehdä erillinen toteumamalli, jos rakennusaikaisia rakennemuutoksia ei ole päivitetty toteutussuunnitteluvaiheen rakennemalliin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5.)

## 3.2 Elementtisuunnittelun mallinnusohje

### 3.2.1 Yleistä

Helmikuussa 2012 Betoniteollisuus ry, rakennesuunnittelijat ja Tekla yhteistyössä julkaisivat elementtisuunnittelun mallinnusohjeen betonielementtien 3D-suunnittelun, tiedon siirron ja tietomallinnuksen kehittämiseksi. Ohjeen tavoitteena on määritellä tiettyjä pelisääntöjä betonielementtien tietomallinnukseen, jotta kaikkien malleista tulisi samankaltaisia riippumatta mallintajasta tai suunnittelutoimistosta, vaikka mallintamisessa käytettäisiin eri työkaluja. (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.2 Mallin luovuttaminen

Mallia voidaan hyödyntää muuhunkin kuin piirustusten tekoon. Mallin luovutukseen liittyen ohjeessa käsitellään sopimuksia mitä mallia luovuttaessa tarvitsee ottaa huomioon ja mitä kaikkea sopimukset pitävät sisällään. Jos malli luovutetaan alkuperäisformaattissa, ohjeessa kerrotaan myös mitä tiedostoja pitää lähettää. IFC-mallin luovuttamisesta ohjeessa kerrotaan, että mitä asetuksia ja tietoja mallinnetuille osille pitää asettaa, jotta niistä saadaan myös IFC-mallista oikeat tiedot. Ohjeen mukaan mallin luovutuksella tavoitellaan hyötyä sitä kautta, että elementtitehtaat saavat suoraan mallista määrätiedot. (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.3 Suunnitteluvaatimukset

Suunnitteluvaatimukset kohdassa käsitellään, mitä asioita mallinnuksen aloituskokouksessa tulee käsitellä ja sopia, sekä käsitellään, millä tarkkuudella elementit pitää mallintaa yleissuunnittelun, hankintoja palvelevan suunnittelun sekä toteutussuunnittelun vaiheissa. (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.4 Elementtien perustiedot

Elementeille määritellään tietomalliin myös perustietoja. Näitä tietoja ovat

- elementtitunnus/piirustus

- elementin tyyppitunnus
- elementtisarjanumero
- tuotantosarjanumero
- elementtien kappalemäärä
- ID (GUID)
- juokseva numero (ACN)
- asennuslohko
- kerros
- tuotetyyppi
- rasitusluokka (Sisäkuori)
- rasitusluokka (Ulkokuori)
- suunniteltu käyttöikä
- paloluokka (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.5 Määrätiedot ja taulukointi

Määrätiedot ja taulukointi kohdassa käsitellään eri elementtityypeissä tarvittavia määrätietoja ja kerrotaan, miten elementit pitää mallintaa ja mitä tietoja niille pitää syöttää, jotta tarvittavat tiedot niistä välittyvät elementtipiirustukseen (Betoniteollisuus ry 2016).

### 3.2.6 Valutarvikkeiden mallinnus ja taulukointi

Valutarvikkeiden mallinnus ja taulukointi kohdassa käsitellään raudoitteiden ja muiden elementteihin tulevien osien mallintamista, osien liittämistä elementteihin ja niihin liittyvien tietojen merkkaamista, jotta halutut tiedot saadaan näkymään elementtipiirustusten tarvikeluetteluihin. Jos projektissa päätetään, ettei kaikkia osia mallinneta, niin ohje kertoo näiden tietojen merkitsemisestä, jotta osat saadaan näkymään elementtien tarvikeluetteluihin, kuten mallinnetutkin osat. (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.7 Elementtien sähkötarvikkeet

Elementtien sähkötarvikkeet kohdassa kerrotaan, miten pitää toimia elementtien sähkötarvikkeiden merkitsemisessä, jos sähkösuunnittelija tekee ne 2D-piirustuksina ja miten

sähköpiirustus liitetään takaisin malliin ja elementtipiirustukseen. Jos rakennesuunnittelija mallintaa sähkötarvikkeet elementteihin sähkösuunnittelijan piirustusten mukaan, ohjeessa kerrotaan, mitä työkaluja mallintamiseen käytetään ja mitä tietoja sähkötarvikkeille annetaan malliin, jotta tiedot näkyvät oikein elementtipiirustuksen tarvikeluettelossa. (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.8 Tietomallipohjainen reikävaraussuunnittelu

Tietomallipohjainen reikävaraussuunnittelu kappaleessa käsitellään mallintamalla tehtäviä reikävarauksia elementteihin. Ohjeessa käsitellään tietoja, joita mallissa täytyy olla, kun rakennesuunnittelija lähettää mallin TATE-suunnittelijalle reikävarausten merkitsemistä varten. TATE-suunnittelijalle ohjeistetaan miten reikävaraukset pitää mallintaa ja miten pitää toimia, jos reiän teko on rakenteellisesti mahdoton. Ohjeessa kerrotaan myös mitä asioita pitää ottaa huomioon reikäpiirustusten tekoprosessissa ja mitä eri vaihtoehtoja sen toteuttamiseksi on. Sewatek-läpivientiosia käytettäessä TATE-suunnittelija voi mallintaa ne ja antaa niille tarvittavat tiedot, jolloin Teklasta löytyvällä laajennuksella saadaan elementteihin Sewatek-valutarvikkeet. (Betoniteollisuus ry 2016.)

### 3.2.9 Valmiusaste- ja päivämäärämerkinnät

Tässä kappaleessa käsitellään elementeille käytettäviä valmiusasteita, jotka saattavat olla käytössä pitkäkestoisissa hankkeissa. Elementeille voidaan antaa suunnitteluun, valmistukseen, toimitukseen ja asennukseen liittyviä päivämäärämerkintöjä. Mallista on lisäksi pystyttävä toteamaan mallin julkaisupäivä. (Betoniteollisuus ry 2016.)

## 4 TEKLA STRUCTURES - OHJELMISTO

Vuonna 1966 muutamat insinööritoimistot perustivat ohjelmistoyrityksen nimeltä Teknillinen laskenta Oy, jonka kutsumanimeksi muodostui hyvin pian Tekla. Teklan toiminnan perustaksi määriteltiin tuolloin ohjelmistojen kehitystyö, koulutuskurssit, laskentapalvelut sekä atk-konsultointi. Vuonna 1980 yhtiön viralliseksi nimeksi tuli Tekla Oy. Vuonna 2004 Tekla toi markkinoille Tekla Structures rakennesuunnitteluohjelmiston, joka oli kehitetty aiemman Xsteel-ohjelman pohjalta. Vuonna 2011 Teklasta tuli osa Yhdysvaltalaisista Trimble-konsernia. (Trimble Solutions Oy 2019a.)

Tekla Structures -ohjelmiston keskeisimmät hyödyt ovat seuraavat

- yhteistyö ja liittynät muihin ohjelmistoihin
- kaikkien materiaalien mallinnus
- kaikenkokoisten ja monimutkaistenkin rakenteiden mallinnus
- tarkat, toteutuskelpoiset mallit
- tiedonkulku suunnittelusta ja detaljoinnista aina työmaalle saakka (Trimble Solutions Oy 2019c).

Tekla Structures -ohjelmistolla on mahdollista mallintaa ja suunnitella kaikenlaisia rakenteita materiaalista riippumatta tai mallintaa useita eri materiaaleja samaan malliin. Ohjelmiston voi myös yhdistää useisiin laskentaohjelmistoihin, joilla rakenteita voidaan mitoittaa. (Trimble Solutions Oy 2019c.)

Tekla Structures-ohjelmistolla tehdyt tietomallit voidaan yhdistää suoraan tärkeimpiin betonielementtien, raudoitusten sekä teräsrakenteiden valmistajien tuotannon- tai resurssisuunnittelujärjestelmiin ja koneiden ohjausjärjestelmiin. Tämän ansiosta tuotantotiedot voidaan automaattisesti tuoda tietomallista järjestelmiin, mikä vähentää manuaalisen työn määrää ja virheiden mahdollisuuksia. Tuotannon piirustukset voidaan hakea suoraan mallista ja ne päivittyvät samalla kun mallia päivitetään. Mallista saa käyttöön myös määrälaskentatietoja. (Trimble Solutions Oy 2019c.)

Teklan IFC-yhteentoimivuuden avulla mallista voidaan tuottaa IFC-malli ja Teklaan saa tuotua hankkeen muiden osapuolten IFC-mallit. Ohjelma tukee myös muita tiedonsiirtoformaatteja kuten DWG-muotoa, jolla Teklasta on mahdollista tuottaa 2D-kuvia. Myös

projektinhallintasovelluksia on mahdollista yhdistää Teklaan, jolloin pystytään visualisoimaan materiaalilaukset, aikataulut ja maksupyynöt. (Trimble Solutions Oy 2019c.)

#### 4.1 Elementtisuunnittelu Teklalla

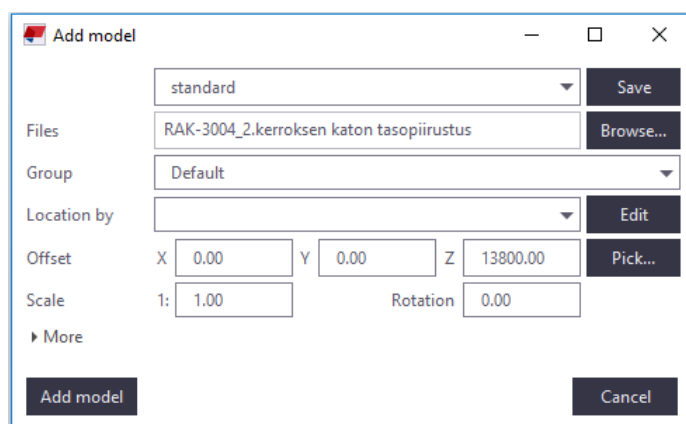
Teklalla voidaan suorittaa koko kohteen elementtisuunnittelu. Elementtisuunnittelussa voidaan käyttää Teklasta valmiiksi löytyviä elementtisuunnittelua varten kehitettyjä työkaluja tai sinne on mahdollista tuoda eri valmistajien omia komponentteja, jotka vastaavat todellista tilannetta. Komponentteihin on valmiiksi määritetty tarpeelliset tiedot ja ne välittyvät elementtipiirustuksiin. Teklasta saadaan materiaaliluettelot tilauksia varten, kun kaikille osille on annettu tarkat tiedot. Elementtipiirustusten luontiin Teklasta löytyy valmiita pohjia, joita pystyy muokkaamaan ja merkkamaan niihin haluttuja tietoja. (Trimble Solutions Oy 2019b)

## 5 RAKENNEMALLIN LAADINTA

Rakennemallin laadinnassa käytettiin Tekla Structures 2016i -ohjelmistoversiota.

### 5.1 Referenssien käyttö mallintamisessa

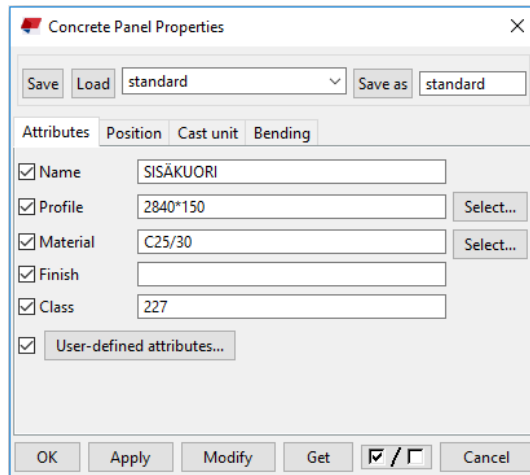
Rakennemallia laatiessa käytettiin arkkitehdin DWG-kuvia referensseinä. Referenssin käyttö edellytti sitä, että DWG-kuva oli piirretty tarkasti, jotta rakenteet saatiin mallinnettua oikeille paikoilleen. Lisäksi dwg-kuvan piti olla piirrettynä koordinaatistossa oikeaan paikkaan, jotta sitä ei tarvitse siirtää Teklassa. Referenssi tuotiin malliin Add model -työkalun avulla, joka esitetään kuvassa 9. Työkaluun syötettiin referenssin nimi ja korkeus tiedot, joilla referenssi saatiin oikeaan paikkaan. Z-akselille syötetään tieto, mihin korkeoon referenssi halutaan asettaa.



Kuva 9. Add model -valikko.

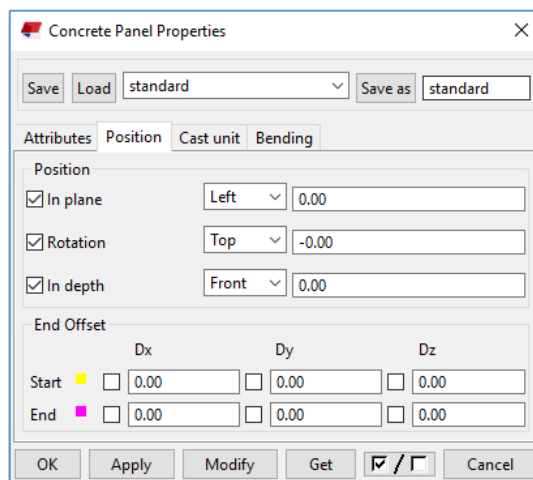
### 5.2 Betonielementtien mallintaminen

Mallintaminen aloitettiin ulkoseinistä. Seinien mallintamiseen käytetään Concrete Panel -työkalua. Kuvassa 10 esitetään työkalun Attributes-välilehti, jolla syötetään tiedot osan nimestä, profiilista, materiaalista sekä Class-luokituksesta. Class-luokituksella voidaan vaikuttaa siihen, minkä värinen kyseinen osa näkyy mallissa.



Kuva 10. Concrete Panel – Attributes -välilehti.

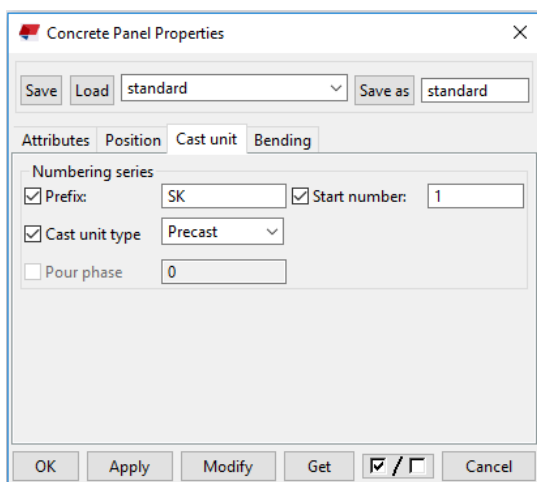
Kuvassa 11 esitetään, Position-välilehti, jolla voidaan vaikuttaa siihen, mihin suuntaan ja kulmaan valituista pisteistä seinä muodostuu. Seinä voidaan myös sijoittaa halutun etäisyyden päähän valituista pisteistä End offset -toiminnolla.



Kuva 11. Concrete Panel – Position -välilehti.

Kuvassa 12 esitetään Cast unit -välilehti, jolla määritellään Prefix-tunnus ja alitusnumero, jotka liittyvät elementin numerointiin sekä määritellään elementin tyyppi. Sisäkuorille on tässä työssä mallinnettavien elementtien osalta määritelty Prefix-tunnukseksi SK1 tai SK3, joka riippuu elementtiin asennettavasta eristeestä. Väliseinäelementtien Prefix-tunnukset ovat V1, V2, V3 ja V4, jotka riippuvat väliseinäelementin paksuudesta. V1 tunnukseksi merkityt elementit ovat 150 millimetriä paksuja, joita voidaan sijoittaa asuntojen sisälle, V2 tunnukseksi merkityt elementit ovat 160 millimetriä paksuja, joita ovat

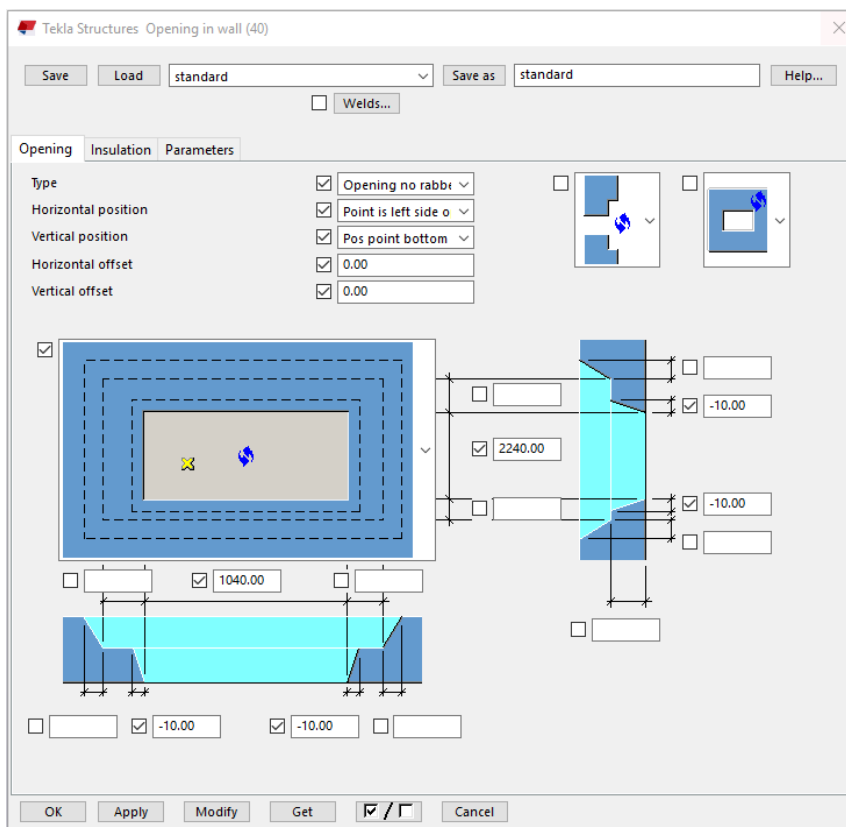
hissikuilun elementit, V3 tunnuksella olevat elementit ovat 180 millimetriä paksuja, joita käytetään asuntojen väleissä, V4 tunnuksen elementit ovat 200 millimetriä paksuja, joita käytetään asuntojen ja porraskäytävien väleissä. Seinä mallinnetaan kahden tai useamman pisteen kautta arkkitehdin referenssin mukaan.



Kuva 12. Concrete Panel – Cast unit -välilehti.

Ulkoseinien mallintamisen jälkeen mallinnetaan eristeet, väliseinät sekä ulkoseinille vaalulipat samalla Concrete Panel -työkalulla muuttamalla tarpeelliset tiedot.

Tämän jälkeen lisätään malliin ovi- ja ikkuna-aukot Opening in wall -työkalulla, joka esitetään kuvassa 13. Työkalussa syötetään tiedot aukon sijainnista mallinnuspisteeseen nähden, aukon koosta ja aukkojen pieliin tulevista viisteistä. Aukko sijoitetaan arkkitehdin referenssipiirustuksen mukaan niin, että aukko tulee mallinnuspisteestä oikeaan suuntaan.



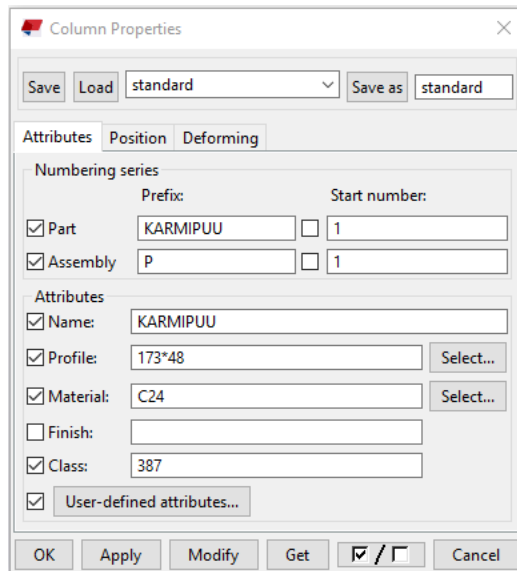
Kuva 13. Opening in wall -työkalu.

Kun seinät sekä niiden aukot mallinnettu jaetaan elementit sopivan kokoisiksi Split – työkalulla. Elementtien kokoa miettiessä pitää ottaa huomioon elementin muoto, sijainti, paino ja nosturin sijainti niihin nähden. Työkalulla valitaan ensin objekti, joka halutaan jakaa kahteen osaan ja sitten valitaan kohta, johon tehdään sauma. Saumat pyrittiin sijoittamaan niin, että suoralla seinällä saumat tulisivat risteävien seinien kohdalla.

### 5.3 Valutarvikkeet

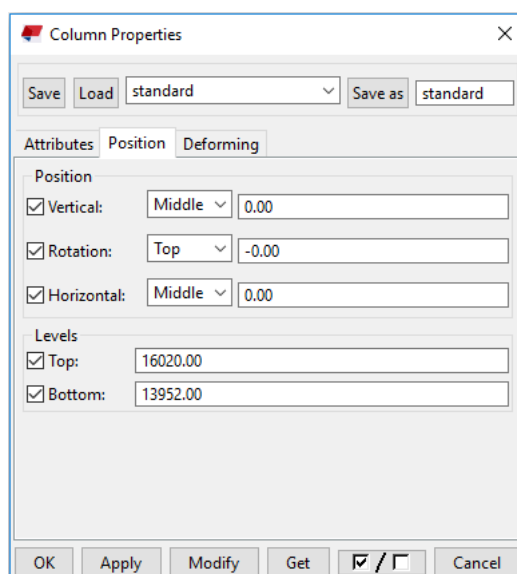
Valutarvikkeet pyritään ensisijaisesti mallintamaan Teklan valmiilla komponenteilla tai komponenteilla, joita voi itse ladata ja asentaa Teklaan. Jos tällaisia ei ole olemassa, käytetään olemassa olevia komponentteja soveltaen ja varmistetaan elementtipiirustuksia tehdessä, että niille annetaan oikeat tiedot. Jos joitain valutarvikkeita ei mallinnetta, voidaan niiden tiedot syöttää elementille käsin, jolloin niiden tiedot tulevat elementtipiirustuksen tarvikelistaan. Tässä kappaleessa esitellään valutarvikkeet, joita opinnäytetyön kohteessa elementteihin asennettiin.

Aukkojen ympärille eristeeseen mallinnetaan karmipuut, pystypuut mallinnetaan Column-työkalulla ja vaakapuut Beam-työkalulla. Lisäksi aukkoihin mallinnetaan kaidepuut Beam-työkalulla. Column- ja Beam-työkalujen valikot ovat saman sisältöisiä. Kuvassa 14 esitetään Attributes-välilehti, jolla valitaan karmipuun tiedot.



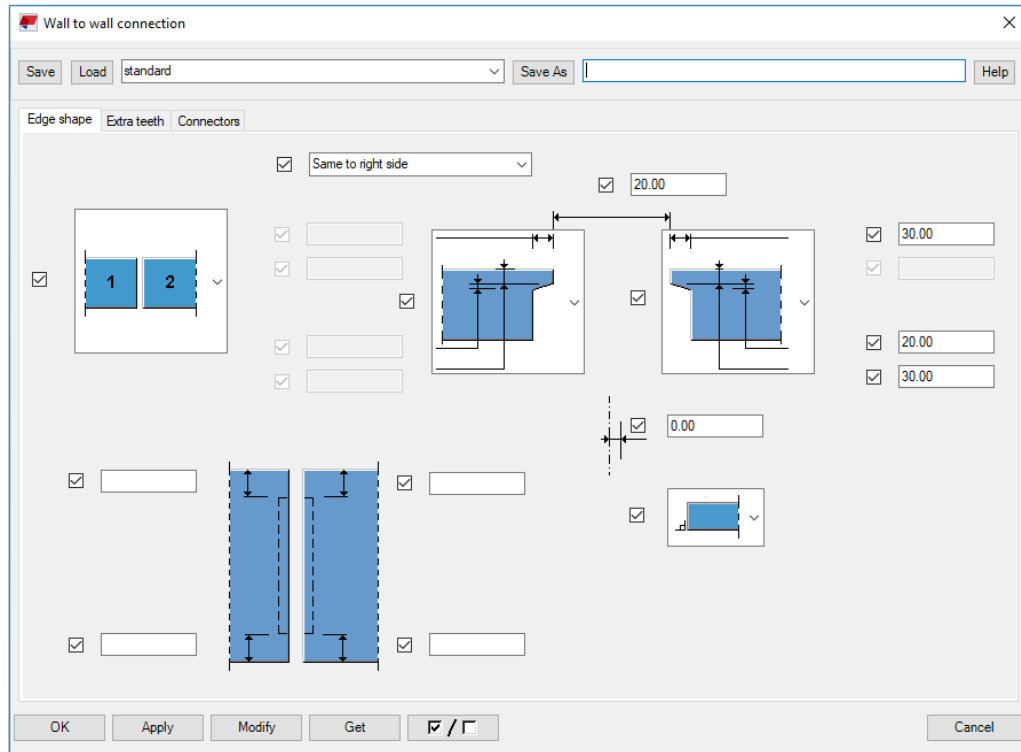
Kuva 14. Column – Attributes -välilehti.

Kuvassa 15 esitetään Position-välilehti, jolla määritetään karmipuun sijainti mallinnuspisteisiin nähden sekä voidaan tarvittaessa merkata ja muokata karmipuiden korkeus sijaintia.



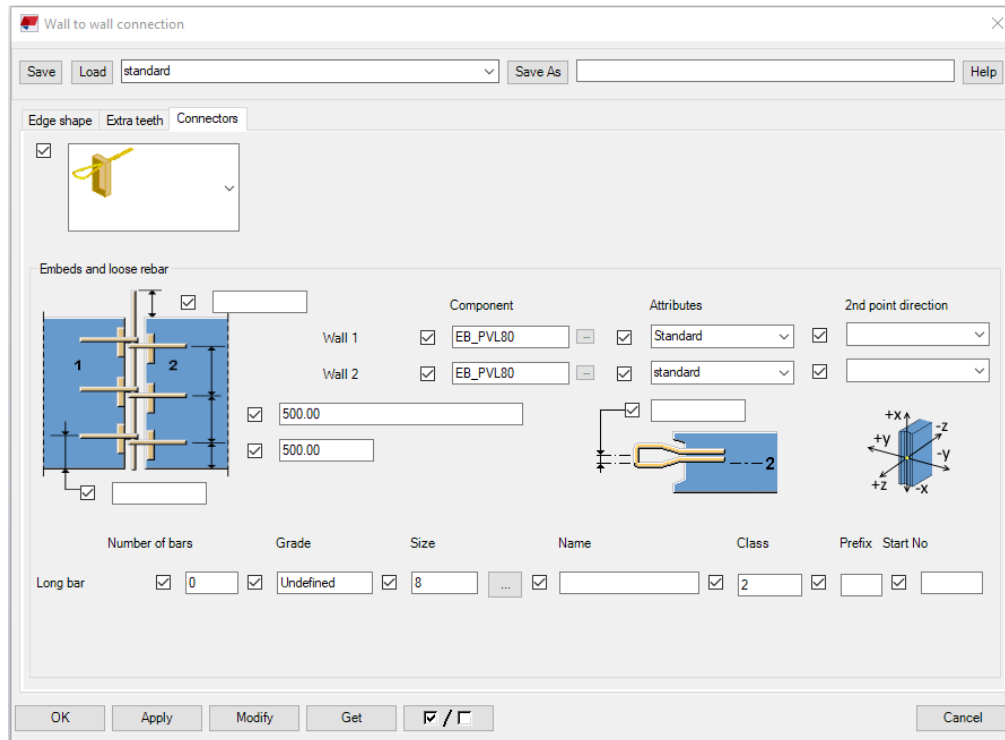
Kuva 15. Column – Position -välilehti.

Seinien liitoksiin tehtiin sauma ja vaijerilenkit. Kahden seinän liitokset tehtiin Wall to wall -työkalulla. Kuvassa 16 esitetään Edge shape -välilehti, jolla määriteltiin liitoksen muoto, elementtien sauman koko ja pontin koko.



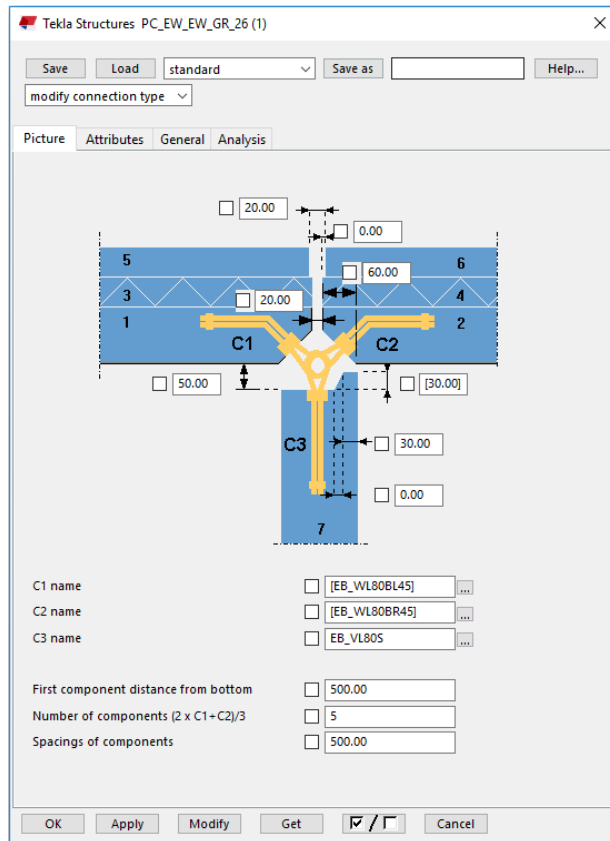
Kuva 16. Wall to wall – Edge shape -välilehti.

Kuvassa 17 esiteään Connectors-välilehti, jolla valittiin liitoksen tyyppi, liitososat ja liitososien väli elementissä. Liitos mallinnetaan valitsemalla kaksi seinää, joiden välille liitos halutaan tehdä.



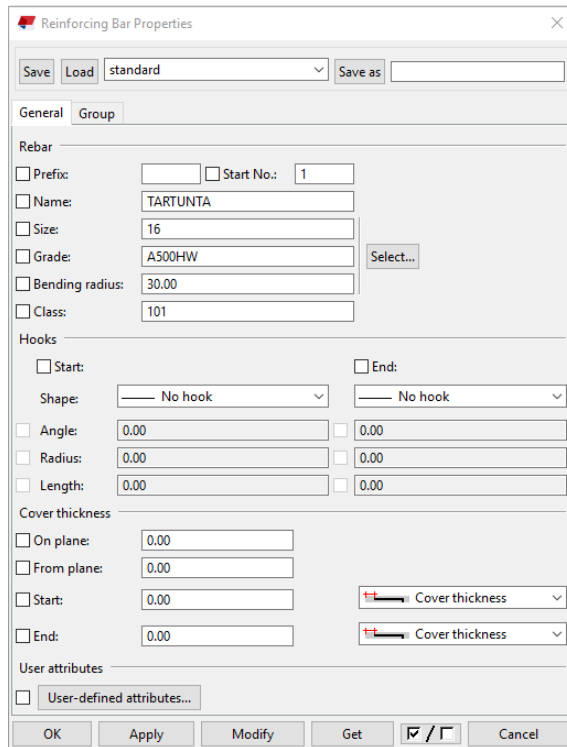
Kuva 17. Wall to wall – Connectors -välilehti.

Kolmen seinän liitokset tehtiin Wall groove seam -työkalulla tai valmiilla komponentilla, joka esitetään kuvassa 18. Wall groove seam -työkalu toimii vastaavasti kuin Wall to wall -työkalu, mutta siinä liitos tehdään erikseen jokaiselle seinälle. Komponentilla tehtäessä valitaan liitoksen mitat ja seinät, joiden välille liitos tulee.



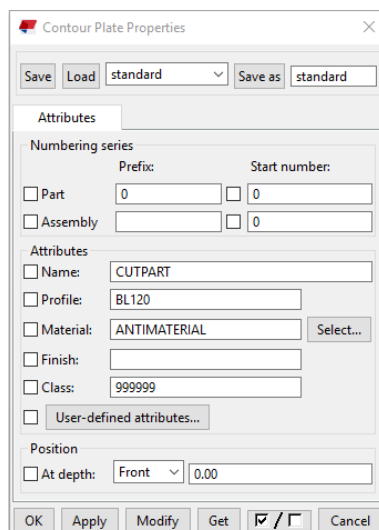
Kuva 18. Seinien liitoskomponentti.

Tartunnat tehdään Reinforcement Bar -työkalulla. Kuvassa 19 esitetään työkalu, jossa teräkselle määriteltiin nimi, koko ja teräslaatu. Sen jälkeen teräs mallinnettiin kahden valitun pisteen välille. Tartunnan pituus määräytyy välipohjan paksuuden perusteella niin, että tartunta tulee riittävästi ylemmässä elementissä olevan tartuntaa varten tehdyn kolon sisälle.



Kuva 19. Tartuntatapin asetukset.

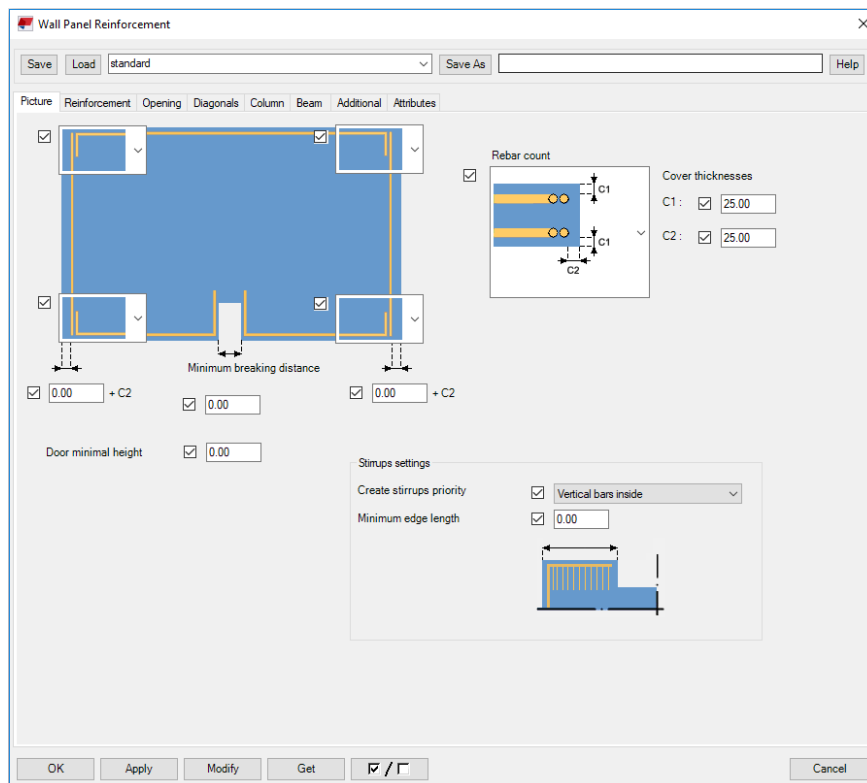
Tartuntojen kohdalle ylempään elementtiin tehdään kolo Polygon cut -työkalulla, joka esitetään kuvassa 20. Työkalulla valitaan ensin halutun kolon nurkkapisteet, jolloin kolo tulee elementtiin. Tämän jälkeen avataan leikkausobjekti, jossa voidaan määrittää kolon syvyys Profile-kohtaan ja pinta, johon kolo tulee At depth -kohtaan ja kuitattiin muutokset Modify-komennolla.



Kuva 20. Polygon cut -asetukset.

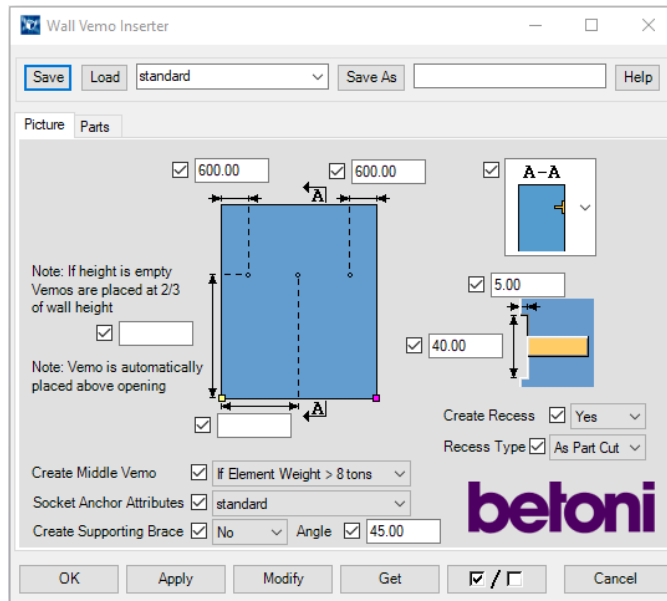
Elementtien raudoitukset tehtiin Wall Panel Reinforcement -työkalulla, joka esitetään kuvassa 21. Työkalun eri välilehdillä määritellään suojabetonin määrä, raudoitusten koko, teräslaatu, muoto, järjestys ja taivutus- ja jatkospituudet, elementin- ja aukkojen pieliteräksiset ja haat, verkot ja mahdolliset pilari- ja palkkiraudoitukset kapeisiin kohtiin. Asetusten määrittämisen jälkeen valitaan seinä, joka halutaan raudoittaa.

Elementin valulippaan määritellään teräksiset erikseen Reinforcement bar -työkalulla kuten tartunnat tehtiin, mutta Group-välilehdellä määritellään jako, jolla teräksiä tulee valulippaan.



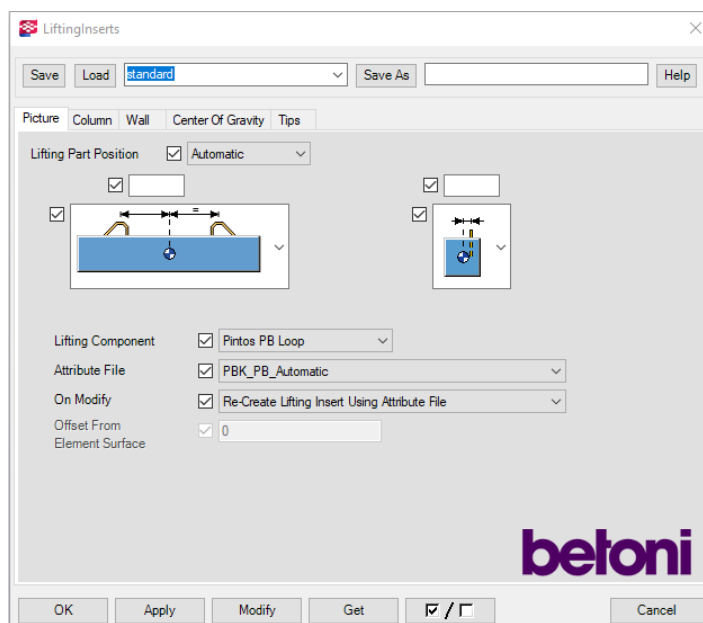
Kuva 21. Wall Panel Reinforcement -työkalu.

Vemot eli valuankkurit, joiden avulla elementin tuetaan asennuksen ajaksi, tehdään Wall Vemo Inserter -työkalulla, joka esitetään kuvassa 22. Työkalussa määritettiin vemojen sijainnin mitoitus, vemon malli, pinta, johon se asennetaan, määrä sekä vemon kolon syvyys. Asetusten määrittämisen jälkeen valitaan seinä, johon vemot asennetaan.



Kuva 22. Wall Vemo Inserter -työkalu.

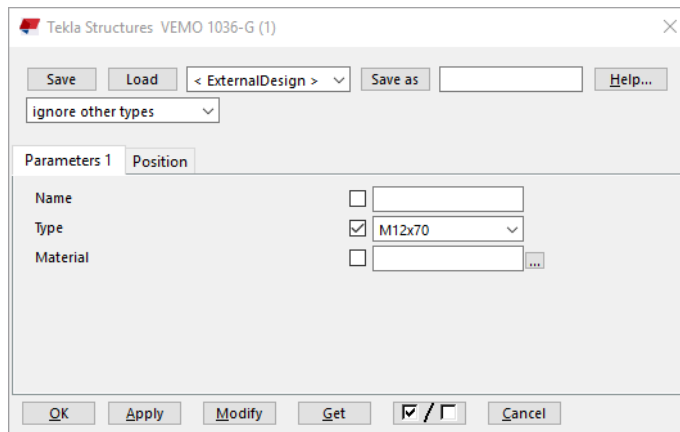
Elementtien nostolenkit tehdään LiftingInserts-työkalulla, joka esitetään kuvassa 23. Työkalussa määritetään nostolenkkien tyyppi, koko ja sijainti joko painopisteen tai elementin päiden suhteen. Ensisijaisesti nostolenkit kannattaa sijoittaa painopisteen suhteen, jolloin elementtien nosto on helpompaa. Työkalu laskee valmiiksi elementin painopisteen ja sen saa halutessaan näkyviin Center Of Gravity -välilehdeltä. Nostolenkkien kohdalle valulippaan tehdään kolot Polygon cut -työkalulla.



Kuva 23. LiftingInserts-työkalu.

Elementteihin asennetaan myös Combisafen-kaidejärjestelmän ja Alsipercha-putoamissuojajärjestelmän vaatimat elementteihin asennettavat holkit. Näistä ei kuitenkaan ole saatavilla Teklaan komponentteja, joiden avulla ne saataisiin suoraan mallinnettua, joten niiden kohdalle mallinnetaan Concrete column -työkalulla järjestelmien vaatimien holkkien kokoja vastaavat osat ja elementtipiirustuksissa määritellään näille tarvittavat tiedot.

Alsipercha-putoamissuojajärjestelmän holkkien kohdalle tarvitaan lisäterästy, joka tehdään Reinforcement bar -työkalulla. Lisäksi tarvitaan elementin molemmin puolin kaksi ylimääräistä vemoa, jotka tehdään VEMO 1036-G -työkalulla, joka esitetään kuvassa 24. Työkalua valittaessa pitää tietää vemon tyyppi, jota halutaan käyttää ja työkalussa valitaan vemon koko. Vemo sijoitetaan seinään valitsemalla piste, johon se halutaan sijoittaa ja toinen piste sen mukaan mihin suuntaan vemo halutaan ensimmäisestä pisteestä nähdä.

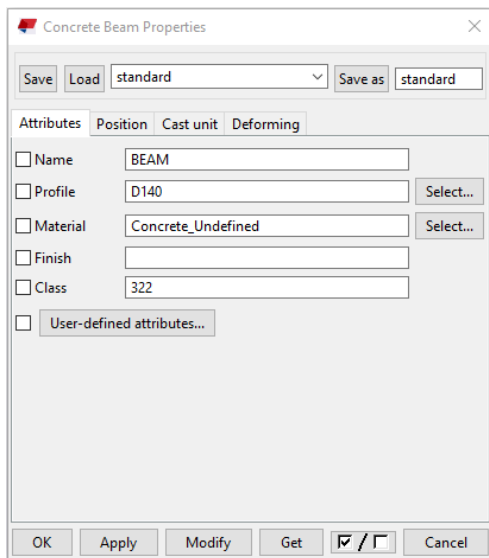


Kuva 24. VEMO 1036-G -työkalu.

Kohteen parvekkeet tehdään ulokkeina ja niiden kohdalle sisäkuorielementin valulippaan tehdään kolot osille, jotka asennetaan paikallavaluholviin parvekkeen kiinnittämistä varten. Kolot tehdään Polygon cut -työkalulla, kuten nostolenkeille tehdään kolot valulippaan.

### 5.3.1 Reiät ja syvennykset

TATE-suunnittelijoiden määrittämät reiät elementteihin tehdään Concrete beam -työkalulla, joka esitetään kuvassa 25. Työkalussa määriteltiin profiili eli reiän koko ja reikä mallinnettiin valitsemalla kaksi pistettä, joiden välille reikä halutaan. Tämän jälkeen elementtiin tehtiin reikä Part cut -työkalulla, jossa valitaan ensin leikattava objekti eli seinäelementti ja leikkausobjekti eli palkki, jolloin seinään tulee palkin kokoinen reikä. Leikkauksen jälkeen palkki voidaan poistaa, jolloin malliin jää elementin leikkausobjekti.



Kuva 25. Concrete beam -asetukset.

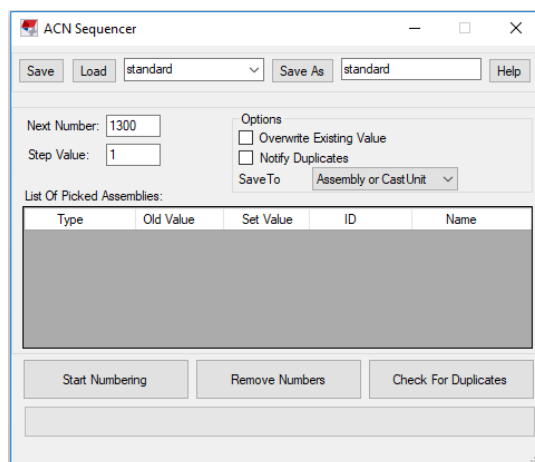
TATE-suunnittelijoiden määrittämät urat elementeissä tehdään Polygon cut -työkalulla, vastaavasti kuten tartuntatapeille tehtiin kolot elementteihin.

## 6 ELEMENTTIPIIRUSTUSTEN LAADINTA

### 6.1 Elementtien numerointi

Elementtipiirustusten tuottamista ennen suoritetaan numerointi niille komponenteille ja osille, joista halutaan tehdä piirustuksia. Tekla Structures -ohjelmiston numerointi toiminnolla saadaan luotua jokaiselle mallinnetulle objektille yksilölliset tunnukset.

Numerointia ennen tulee varmistaa, että numerointiasetukset on asetettu oikein. Kuvassa 26 esitetään ANC Sequencer -työkalu, jolla suoritetaan numerointi, jotta elementeille saadaan yksilöllinen numero. Työkalussa määritellään Next number -kohtaan numero, josta numerointi halutaan aloittaa ja Step value -kohtaan numeron muuttumisväli. Tämän jälkeen mallista klikataan järjestyksessä elementit, joille numero halutaan antaa. Vaiheet toistetaan, jokaiselle eri elementtityypille. Numerointi tulee tämän jälkeen tarkistaa ja varmistaa, että numerointi on suoritettu vain niille elementeille, joille se oli tarkoitus suorittaa.



Kuva 26. ACN Sequencer -työkalu.

ACN-numero pysyy elementillä samana, vaikka elementtitunnus tai piirustusnumeron numerotunniste muuttuisivat suunnittelun aikana. ACN-numerointi voidaan lisätä elementeille heti kun elementtijako on suunniteltu, jolloin elementtien seuranta on helpompaa hankkeen aikana. Suunnittelijan pitää huolehtia ACN-numeron säilymisestä, jos elementti poistetaan ja sen tilalle kopioidaan toinen elementti.

Elementtien tunnus muodostuu sille asetetusta Prefix-tunnuksesta ja ACN-numero, jolloin elementtitunnus on yksilöllinen ja elementtipiirustuksissa voidaan esittää samalla piirustuksella tuotettavat elementit, vaikka niillä on eri ACN-tunnus. (Betoniteollisuus ry 2016.)

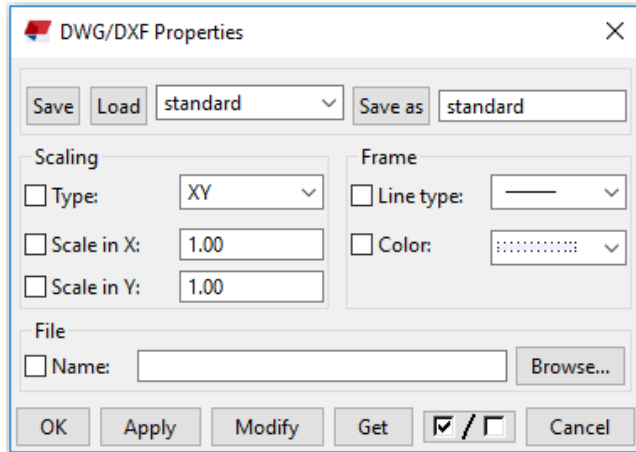
## 6.2 Ensimmäisten piirustusten tuottaminen

Ensimmäinen elementtipiirustus luodaan Create drawings -valikosta löytyvällä Cast unit drawing -toiminnolla. Tekla Structures -ohjelmisto luo elementtipiirustuksen, jonka voi avata Drawing list – toiminnolla aukeavasta piirustusluettelosta. Piirustustilassa avataan Properties-valikko ja valitaan vasemmalla ylhäällä olevasta valikosta Sitowisen seinäelementeille tehdyt asetukset, johon on valmiiksi asetettu Sitowisen nimiö, piirustuksen ulkoasu, luetteloiden sijainnit ja sivumäärä. Näitä asetuksia voidaan muuttaa tarvittaessa, esimerkiksi, jos sivumäärää tarvitsee kasvattaa.

Elementtipiirustuksissa esitettävistä naamakuvasta, 3D-kuvasta, leikkauskuvista ja detaljeista löytyy myös Sitowisen luomat pohjat, joita piirustuksessa käytetään. Tämän jälkeen luodaan elementistä pysty- ja vaakaleikkauskuvat kohdista, joissa rakenne muuttuu ja detaljit kohdista, joita ei naamakuvassa tai leikkauskuvissa näytetä. Naamakuvaan, leikkauskuviin ja detaljeihin mitoitetaan kaikkien elementin ulkomitat sekä kaikkien siihen liittyvien aukkojen, raudoitusten, osien ja kolojen mitat sekä annetaan mitoille selitykset.

Elementtiin tuodaan sähkösuunnittelijan erikseen tekemä dwg-muotoinen sähkösuunnitelma Tekla Structuresin DWG/DXF -työkalun avulla, joka esitetään kuvassa 27. Työkalun asetuksissa määritetään skaala, jossa kuva tuodaan piirustukseen, sekä sijainti, josta kuva haetaan. Asetusten määrittämisen jälkeen sähköpiirustus sijoitetaan haluttuun kohtaan elementtipiirustuksessa.

Väliseinissä, jotka tulevat keittiöiden kohdalle elementtipiirustuksissa esitettiin lisäksi periaatekuva keittiöputkien urituksesta elementeissä liittämällä piirustuksiin dwg-kuva samalla tavalla kuten sähkösuunnitelmat.

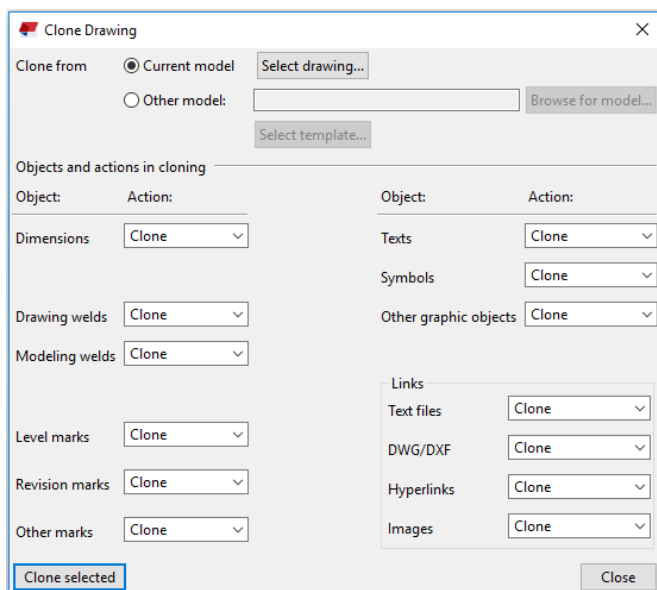


Kuva 27. DWG/DXF-työkalu.

### 6.3 Piirustusten kloonaminen

Kun yksi elementtipiirustus on tehty huolellisesti ja varmistettu, että siinä esitetään kaikki asiat, voidaan tämän piirustuksen, sisältöä, asetuksia ja esitystapaa hyödyntää kloonamalla sen avulla muista elementeistä elementtipiirustukset. Kloonatuista piirustuksista tulee samankaltaisia kuin ensimmäisenä tehdystä, mutta elementin tiedot muuttuvat vastaamaan kloonatun elementin tietoja.

Kloonaustyökalussa valitaan tiedot ja asetukset, esimerkiksi mitoitusmerkinnät, kloonataan ensimmäisestä piirustuksesta. Tekla Structures -ohjelmisto tuottaa uudelleen tiedot ja asetukset, joita ei valita kloonattavaksi. Kuvassa 28 esitetään piirustusten kloonausasetusten näkymä. Kloonaaminen voidaan myös suorittaa aikaisemmissa projekteissa tuotetuista elementtipiirustuksista.



Kuva 28. Clone drawing -työkalu.

Kloonaamistoiminnosta saa parhaimman hyödyn, jos elementit ovat toistensa kanssa samanlaisia ja elementtien objektien sekä valutarvikkeiden mallinnukseen on käytetty samoja työkaluja. Parhaimmassa tapauksessa kloonattua piirustusta ei tarvitse ollenkaan muokata. Jos elementtejä on mallinnettu eri työkaluilla tai niissä on erilaisia valutarvikkeita, joudutaan elementtipiirustusta useimmiten muokkaamaan.

#### 6.4 Valmiit elementtipiirustukset

Kun kohteen kaikista elementeistä on tehty elementtipiirustukset ja tarkistettu, otetaan elementeistä Print-komennon avulla pdf-muotoiset tiedostot, jotka toimitetaan projekti-pankkiin elementtitehtaan tuotantoa varten. Liitteissä 1-5 esitetään valmiita elementtipiirustuksia kohteen sisäkuori- ja väliseinäelementeistä.

#### 6.5 Elementtikaavion tekeminen

Elementtipiirustusten tuottamisen jälkeen tehdään kustakin kerroksesta elementtikaavio, jonka avulla työmaa asentaa elementit paikoilleen. Elementtikaaviossa esitetään projektin koordinaatistoon luodut moduuliviivat, sekä kerrokseen tulevat elementit. Elementeille esitetään kuvassa tunnukset ja elementit mitoitetaan paikoilleen moduuliviivojen avulla.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tietomallintaa kerrostalon asuinkerroksen seinärakenteet ja tuottaa seinäelementeistä elementtipiirustukset. Työssä perehdyttiin mallintamisen vaiheisiin ja osatekijöihin, elementtipiirustuksissa esitettäviä asioita sekä elementtien piirustustuotantoa tietomallista. Opinnäytetyön kohde oli suunnittelijalle ensimmäinen elementtisuunnittelukohde. Kohde soveltui hyvin aloittelevalle suunnittelijalle, sillä kohteen elementit olivat melko yksinkertaisia, mutta pohjan haastava muoto sekä elementteihin tulleet valutarvikkeet tuottivat sopivasti lisähaastetta suunnitteluun. Kohteen suunnittelun aikana suunnittelijalle kehittyi hyvä kuva siitä, miten betonielementtejä tulee mallintaa ja mitä asioita elementtipiirustuksissa esitetään.

Työtä varten tehty elementtisuunnittelu onnistui hyvin hankkeen aikatauluissa ja suunnitellut elementit on asennettu kohteeseen. Työssä kuitenkin esitellään monia asioita varsin pintapuolisesti, mutta kyseisen kohteen elementtisuunnittelun kannalta on käsitelty olennaiset asiat. Tarvittaessa työssä käsitellyistä aiheista voi hankkia lisätietoa esimerkiksi tässä työssä käytetyistä lähteistä tai muusta kirjallisuudesta.

Työhön olisi voinut ottaa enemmän haasteita esimerkiksi, jos elementtien raudoitusta ei olisi suunniteltu etukäteen tai jos kohteen elementeissä olisi ollut enemmän yksityiskoh-  
tia, joita olisi pitänyt suunnittelussa huomioida.

Lopputuloksena kohteelle saatiin tuotettua tarvittavat elementtipiirustukset sisäkuori- ja väliseinäelementeistä, joiden perusteella elementtitehdas pystyy tuottamaan elementit. Työmaata varten saatiin tuotettua elementtien asennuskaavio. Elementtikaaviossa esitetään elementtien tunnuksot, mitoitus moduulivälinähdellä, paino sekä elementtien alapinnan korkeusasema.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus ry 2016. Elementtisuunnittelun mallinnusohje. Saatavissa [http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23982/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje\\_v109.pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23982/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje_v109.pdf).

Betoniteollisuus ry 2019a. Elementtirakentamisen historia. Viitattu 4.5.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>.

Betoniteollisuus ry 2019b. Teollinen valmisosarakentaminen. Viitattu 4.5.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>.

Hytönen Y. & Seppänen M. 2009. Tehdään elementeistä. Jyväskylä: Betonitieto Oy.

RIL 2019. Tietomallinnus. Viitattu 19.4.2019. <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>.

Trimble Solutions Oy 2019a. Edistyksellisiä ohjelmistoja rakennusosalalle. Viitattu 12.3.2019. <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti>.

Trimble Solutions Oy 2019b. Elementtisuunnittelu. Viitattu 14.3.2019. <https://www.tekla.com/fi/ratkaisut/elementtivalmistajat/elementtisuunnittelu>.

Trimble Solutions Oy 2019c. Tekla Structures. Viitattu 12.3.2019. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. Saatavissa [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf).

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. Saatavissa [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_5\\_rak.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf).

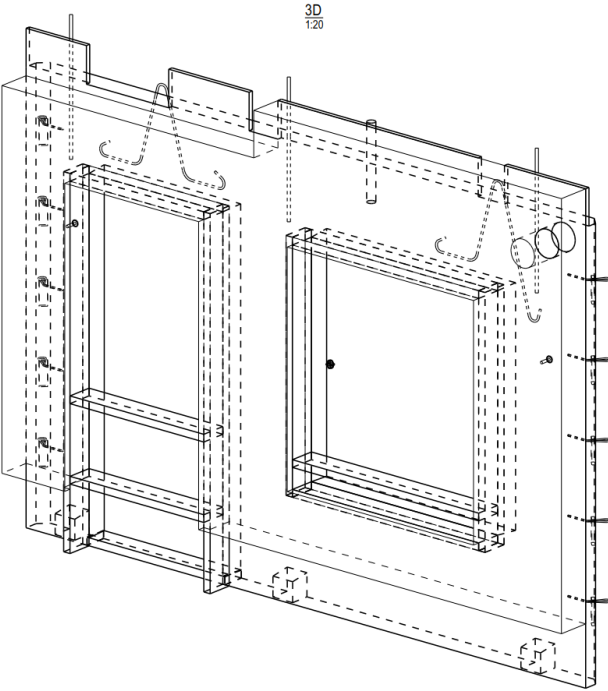
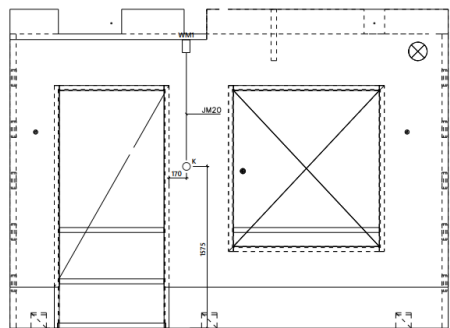
Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. Saatavissa [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_6\\_laadunvarmistus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf).

## SK3-1202

VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	MAÄRÄ	YKS
SK3-1202	1	C25/30	8.45	1.15	m <sup>3</sup>
ELEMENTTI PAINO:				3.08	t
MAÄRÄ	TARVIKKEET				
2 kpl	PINTOS_SA_12 S235JR LISÄTAIVUTUS				
2 kpl	VEMO_1036-G_M12x70				
5 kpl	WL80BR Steel_loop				
5 kpl	WL080 Steel_loop				
6.83 m <sup>2</sup>	ERISTE PAROC_COS5gt 220mm				
3 kpl	TARTUNTA Ø16 900.0mm A500HW				
1.9 kg	A500HW ø 6				
44.1 kg	A500HW ø 8				
3.4 kg	A500HW ø 10				
72.8 kg	A500HW ø 12				
2.4 kg	A500HW ø 16				

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Betoni	C25/30	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v	
Rastusluokka	XC1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipölvien nimellisarvo	20 mm	
Terästen sallittu mittapölkkeä	10 mm	
Pintaluoikat	MUO-A	
Pintakäsittelyt	MUOTTIPINTA	
Kivaineksen maksimiräekoko	16 mm	
Valmistustoleranssit	Betonelementtien toleranssit 2011 (Betonteollisuus RY), Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026	
Velvoittavat viiltauksat	C12/15	
Muotien purkulujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Muotistansolujuuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Kuljetus- ja asennuslujuus	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapölkkeä ja taivutusajat)	
Terästen parametrit	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pieliteräksat jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L-aukko+1000 mm verkojen jatkospituudet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Terästen jatkospituudet	SFS-EN 10080 Tyypövyksyntä 1.8.2017 alkaen	
Uudistuneet teräslaatumerkinnit	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Betoniteräksat	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Verkot	SFS 1200	
Vanhentuvat teräslaatumerkinnit	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)	
Betoniteräksat	B500K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)	
Verkot	S235JRG2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Muut teräksat	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa	
Terästen vetomurto-/myökölujuus	S235JRG2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastoluokka	Elementteihin omat ohjeet	
Eristeet ja hEN standardi	Mineraalivillatuotteet: EN 13162, -XPS: EN 13164 EPS: EN 13163, -PUR: EN 13165	
Muuta	Toleranssuluokka 1	

PIIRUSTUKSELLA VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKS.NUM.	Lohko / Kerros	AP+	LKM
SK3-1202	/2 KERROS	+10.605	1 KPL
RAKENNEPIIRUSTUS			No
Työn nimi			
LINNANKATU 59			
Mittakaava			
SK3-1202			1:20
VALMISTETAAN:			1 KPL
Suunn.			MSUJO
Päiväys			Tark. Sivu
			1 / 2
Suunn.			Työnumero
RAK			181005 SK3-1202
			TS



## V1-1201

VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	MAARA	YKS
V1-1201	1	C25/30	6.02	0.90	m <sup>2</sup>
ELEMENTTI PAINO:				2.24	t
MAARA	TARVIKKEET				
2 kpl	PBK_10				
2 kpl	VEMO_1036-G_M12x70				
8.1 kg	A500HW ø 8				
20.5 kg	A500HW ø 12				
2.7 kg	A500HW ø 16				

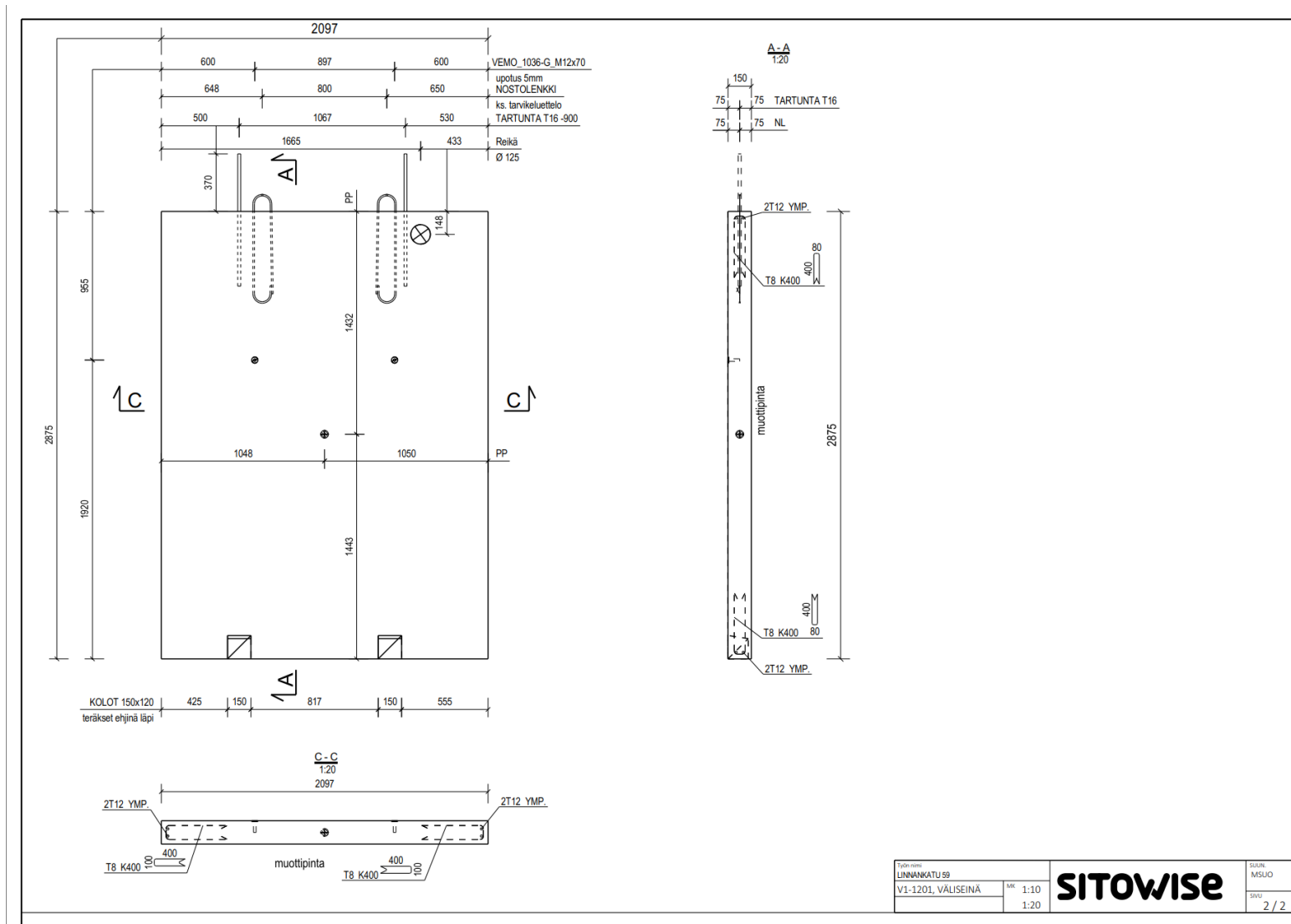
SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Betoni	C25/30	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v	
Rasitusluokka	XC1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipeitteen nimellisarvo	20 mm	
Terästen sallittu mittapoikkeama	10 mm	
Pintaluokat	MUO-ÄTII-A	
Kiviseoksen maksimirakoko	16 mm	
Välistustoleranssit	Betonielementtien toleranssit 2011 (Betoniteollisuus RY),	
Velvoittavat viittaukset	Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026	
Muottien purkulujuus	C12/15	
Muottistanostolujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapoikkeama ja taivutussät.)	
Terästen jatkospituudet	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, piiliteräkset jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L-aukko+1000 mm verkkojen jatkospituudet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Uudistuneet teräslaatu-merkinnät	SFS-EN 10080 Typpihyväksyntä 1.8.2017 alkaen	
Betoniteräkset	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Vanhentuvat teräslaatu-merkinnät	SFS 1200	
Betoniteräkset	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)	
Verkot	B600K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)	
Muut teräkset	S235JR2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Terästen vetomurto-/myötölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa S235JR2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastotuenta	Elementtitehtaan omat ohjeet	

PIIRUSTUKSELLA VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKS.NUM.	Lohko / Kerros	AP+	LKM
V1-1201	/2.KERROS	+10.595	1 KPL
RAKENNEPIIRUSTUS			no
Työn nimi			
LINNANKATU 59			
V1-1201			Mittakaavat 1:10 1:20
VALMISTETAAN:			1 KPL
<b>SITOWISE</b>			Suunn. MSUJO
Päiväys			Sivu 1 / 2
Suunn.	Työnumero	Piiir.no	
RAK	181005	E V1-1201	

SÄHKÖVARAUKSET	
<b>SITOWISE</b>	



Tyyppi: LINNANKATU 99	
V1-1201, VÄLISEINÄ	MK 1:10
	1:20

**SITOWISE**

SUUNNITTELIJA	MISUO
SIIVU	2 / 2

## V2-1202

VALUTARVIKELUETTELO				
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	MÄÄRÄ YKS
V2-1202	1	C25/30	5.42	0.80 m <sup>3</sup>
			ELEMENTTI PAINO:	2.00 t
MAÄRÄ	TARVIKKEET			
2 kpl	PINTOS_SA_12 S235JR			
2 kpl	VEMO_1036-G_M12x70			
15 kpl	VL80 Vajjerilenkki			
0.8 kg	A500HW ø 6			
8.0 kg	A500HW ø 8			
19.1 kg	A500HW ø 12			
2.7 kg	A500HW ø 16			

3D  
1:20

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Palonkestoluokka	R120	
Betoni	C25/30	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v	
Rastitusluokka	XC1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipeitteen nimellisarvo	35 mm	
Terästen sallittu mittapoikkeama	10 mm	
Terästen sallittu mittapoikkeama	MUO-A/THI-A	
Printäsuojelut	MUOTTIPINTA/TERÄSHIERTO	
Kivialuksen maksimirakokoko	16 mm	
Valmistustoleranssit	Betonelementtien toleranssit 2011 (Betoneitoisuus RY),	
Velvoittavat viittaukset	Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026	
Muottien purkulujuus	C12/15	
Muottistanostolujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapoikkeama ja taivutusajat)	
Terästen jatkospiidut	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pielleräiset jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L=aukko+1000 mm verkkojen jatkospiidut samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Uudistuneet teräsaatumerkinnit	SFS-EN 10080 Tyypihyväksyntä 1.8.2017 alkaen	
Betoniteräkset	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Vanhentuvat teräsaatumerkinnit	SFS 1200	
Betoniteräkset	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)	
Verkot	B500K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)	
Muut teräkset	S235JRQ2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Terästen vetomurto-/myötölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa S235JRQ2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi klondimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastoluenta	Elementteihin omat ohjeet	

PIIRUSTUKSELLE VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKS.NUM.	Lohko / Kerros	AP+	LKM
V2-1202	/ 2.KERROS	+10.605	1 KPL
RAKENNEPIIRUSTUS			No
Työn nimi			
LINNANKATU 59			
V2-1202			Mittakaava 1:10 1:20
VALMISTETAAN:	1 KPL		Suunn MSUO
<b>SITOWISE</b>		www.sitowise.com	
Päiväys		Sivu	1 / 2
Suunn	Työnumero	Piir.no	
RAK	181005	V2-1202	

TS

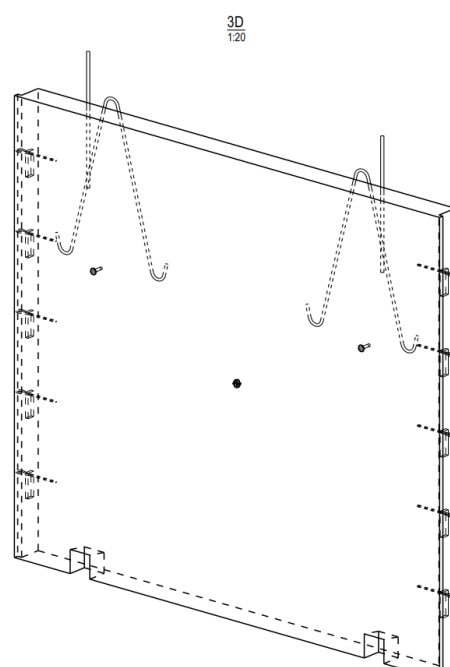
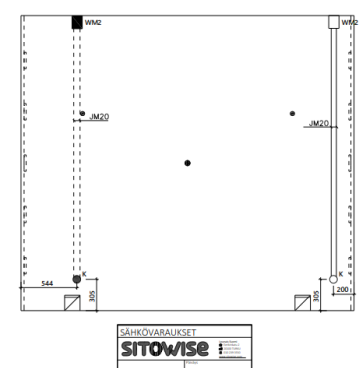


## V3-1202

VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	MÄÄRÄ	YKS
V3-1202	1	C25/30	9.33	1.65	m <sup>3</sup>
ELEMENTTI PAINO:				4.12	t
MÄÄRÄ	TARVIKKEET				
2 kpl	PINTOS_SA_16 S235JR				
2 kpl	VEMO_1036-G_M12x70				
10 kpl	VL80 Vajjerilenkki				
9.8 kg	A500HW ø 8				
24.3 kg	A500HW ø 12				
2.7 kg	A500HW ø 16				

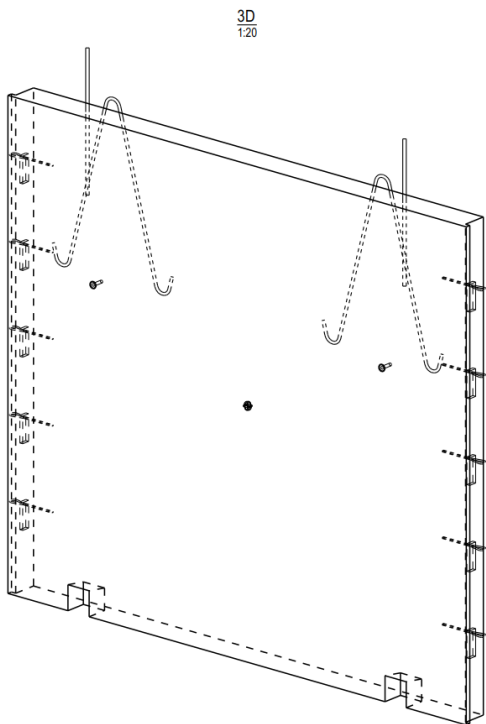
  

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Betoni	C25/30	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v	
Rastitusluokka	XC1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipelteen nimellisarvo	20 mm	
Terästen sallittu mittaopikeama	10 mm	
Pintaluokat	MUO-ATHI-A	
Pintakäsittelyt	MUOTTIPINTA/TERÄSHIERTO	
Kiviaineksen maksimirae koko	16 mm	
Vaimistustoleranssit	Betonielementtien toleranssit 2011 (Betoniteollisuus RY),	
Velvoittavat viittaukset	Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026	
Muotien purkulujuus	C12/15	
Muotistansotilujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittaopikeama ja taivutussäät.)	
Terästen jatkospituuudet	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pielteräksät jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit, L-aukko+1000 mm verkkojen jatkospituuudet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Uudistuneet teräsaatumerkinnit	SFS-EN 10080 Tyyppehyväksyntä 1.8.2017 alkaen	
Betoniteräksät	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Vanhentuvat teräsaatumerkinnit	SFS 1200	
Betoniteräksät	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)	
Verkot	B500K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)	
Muut teräksät	S235JR2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Terästen vetomurto-/myötyölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa S235JR2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastotuenta	Elementtitehtaan omat ohjeet	

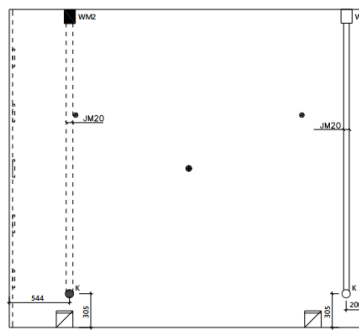
  

  

  

PIIRUSTUKSELLA VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKS.NUM.	Lohko / Kerros	AP+	LKM
V3-1202	/ 2 KERROS	+10.595	1 KPL
RAKENNEPIIRUSTUS			No
Työn nimi			
LINNANKATU 59			
V3-1202	Mittakaava	1:20	
VALMISTETAAN:	1 KPL		
<b>SITOWISE</b>			Suunn MSUO
www.sitowise.com			
Päiväys	Sivu		1 / 2
Suunn	Työnumero	Piir.no	
RAK	181005	V3-1202	

VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	MÄÄRÄ	YKS
V3-1202	1	C25/30	9.33	1.65	m <sup>3</sup>
			ELEMENTTI PAINO: 4.12 t		
MÄÄRÄ	TARVIKKEET				
2 kpl	PINTOS_SA_16 S235JR				
2 kpl	VEMO_1036-G_M12x70				
10 kpl	VL80 Vajjerilenkki				
9.8 kg	A500HW ø 8				
24.3 kg	A500HW ø 12				
2.7 kg	A500HW ø 16				



SUUNNITELUN LÄHTÖTIEDOT		
Betoni	C25/30	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v	
Rasitusluokka	XC1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipeitteen nimellisarvo	20 mm	
Terästen sallittu mittapoikkeama	10 mm	
Pintaloukat	MUO-A/THI-A	
Pintakäsittelyt	MUOTTIPINTA/TERÄSHIERTO	
Kiviaineksen maksimiraekoko	16 mm	
Valmistustoleranssit	Betonelementtien toleranssit 2011 (Betoniteollisuus RY),	
Velvoittavat viittaukset	Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026	
Muottien purkulujuus	C12/15	
Muotistansolujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapoikkeama ja taivutussät.)	
Terästen jatkospuutuet	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pienteräksiset jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L=aukko+1000 mm verkkojen jatkospuutuet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Uudistuneet teräslaatu-merkinnät	SFS-EN 10080 Tyyppejäväkysä 1.8.2017 alkaen	
Betoniteräksiset	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Vanhentuvat teräslaatu-merkinnät	SFS 1200	
Betoniteräksiset	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)	
Verkot	B500K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)	
Muut teräksiset	S235JRG2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Terästen vetomurto-/myötölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa S235JRG2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastotuenta	Elementteihin omat ohjeet	



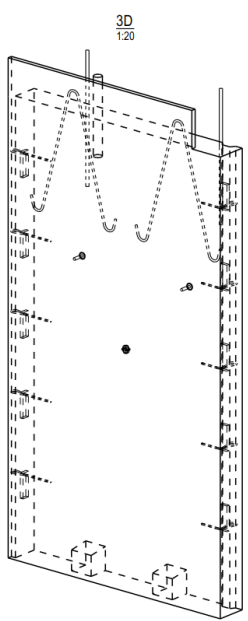
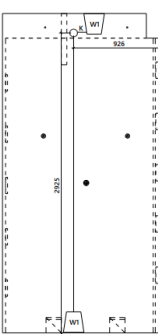
PIIRUSTUKSELLA VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKS.NUM.	Lohko / Kerros	AP+	LKM
V3-1202	/ 2 KERROS	+10.595	1 KPL
RAKENNEPIIRUSTUS			No
Työn nimi			
LINNANKATU 59			
V3-1202			Mittakaavat 1:10 1:20
VALMISTETAAN:	1 KPL		Suunn. MSUJO
<b>SITOWISE</b>			www.sitowise.com
Päiväys			Sivu 1 / 2
Suunn.	Työnumero	Piir.no	
RAK	181005	V3-1202	
TS			

## V4-1211

VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	MAÄRÄ	YKS
V4-1211	1	C25/30	4,99	0,92	m <sup>3</sup>
ELEMENTTI PAINO:				2,29	t
MAÄRÄ	TARVIKKEET				
2 kpl	PINTOS_SA_12 S235JR				
2 kpl	VEMO_1036-G_M12x70				
10 kpl	VL80 Vajerilenkki				
0,7 kg	A500HW ø 6				
7,2 kg	A500HW ø 8				
18,7 kg	A500HW ø 12				
2,7 kg	A500HW ø 16				

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT		
Betoni	C25/30	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v	
Rasitusluokka	XC1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipeltteen nimellisarvo	20 mm	
Terästen sallittu mittapölkkeä	10 mm	
Pintaluokat	MUO-ATHI-A	
Pintakäsittelyt	MUOTTIPINTA/TERÄSHIERTO	
Kivianneksen maksimiräekoko	16 mm	
Valmistustoleranssit	Betonielementtien toleranssit 2011 (Betonitollisuus RY),	
Velvoittavat viittaukset	Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026	
Muotien purkulujuus	C12/15	
Muotistansotilujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapölkkeä ja taivutussät.)	
Terästen jatkospluudet	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pielleräksät jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L-aukko+1000 mm verkkojen jatkospluudet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Uudistuneet teräslaatu-merkinnät	SFS-EN 10080 Tyypiphykäsynä 1.8.2017 alkaen	
Betoniteräkset	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Vanhentuvat teräslaatu-merkinnät	SFS 1200	
Betoniteräkset	A500HW, SFS 1215(T), B600KX, SFS 1259(E)	
Verkot	B500K, SFS 1257 (K), B600KX, SFS 1259 (EK)	
Muut teräkset	S235JR2, SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301; SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Terästen vetomurto-myyölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa	
	S235JR2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastotuenta	Elementtitiltaan omat ohjeet	

PIIRUSTUKSELLA VALMISTETAAN ELEMENTIT			
JUOKS.NUM.	Lohko / Kerros	AP+	LKM
V4-1211	/ 2.KERROS	+10.595	1 KPL
RAKENNEPIIRUSTUS			no
Työn nimi			
LINNANKATU 59			
V4-1211			Mittakaavat 1:10 1:20
VALMISTETAAN:	1 KPL		
<b>SITOWISE</b> 029 005 9201 www.sitowise.com			Suunn MSUO
Päiväys			Sivu 1 / 2
Suunn	Työnumero	Piir.no	
RAK	181005	V4-1211	

