



# **Ontelolaattojen raudoitussuunnittelu natiivimallista Tekla Structures -ohjel- malla**

Paavo Aholaakko

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2021

Tekniikan ja liiketeen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

**Aholaakko, Paavo**

## **Ontelolaattojen raudoitussuunnittelu natiivimallista Tekla Structures -ohjelmalla**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2021, 51 sivua

Tekniikan ala, rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, AMK

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

### **Tiivistelmä**

Insinööritoimisto SRT Oy on ontelolaattojen raudoitussuunnitelmia tuottava yritys, jonka yksi asiakkaista on laattavalmistaja Betsset Yhtiöt. Betsset Yhtiöt ovat saaneet tiedusteluja ontelolaattojen valmistamisen ja suunnitteluprosessin toteuttamisesta rakennemallien pohjalta. Tällöin raudoitussuunnitteluun toimitetaan perinteisten DWG- ja PDF-kuvien sijaan kohteen rakennemalli. Tuotannon näkökulmasta laattojen valmistus ei kuitenkaan onnistu pelkästään rakennemallin avulla sillä ontelolaattojen perinteisen suunnitteluprosessin yhteydessä tehdyt laattojen mittapiirustukset ovat oleellisia.

Ontelolaattojen mittapiirustuksia voidaan tuottaa suoraan Tekla Structures -ohjelmalla rakennemallista. Perusasetuksilla tuotetut kuvat vaativat paljon korjaamista ja manuaalista mitoitusta. Tämä tekee prosessista hitaan ja alentaa kannattavuutta. Kuitenkin ohjelman asetuksia muuttamalla ja korjaamalla, tuotettujen kuvien laatua saadaan parannettua, jonka avulla prosessin kulkua voidaan tehostaa.

Insinööritoimisto SRT Oy ja Betsset Yhtiöt tarjosivat pilottikohteen yhteydessä ontelolaattojen raudoitussuunnittelun lisäksi ontelolaattojen mittapiirustuksien tuottamisen natiivimallista. Kehitystyössä tavoitteena oli kuvien tuottamisen automatisaation ja kannattavuuden parantaminen sekä raudoitussuunnittelun yhteydessä tehtävien merkintöjen tuominen mittakuviin suoraan Teklan avulla. Samalla tutkittiin mallintamisen työkaluja, joiden oikeaoppinen käyttö mahdollistaa piirustusasetuksien muokkaamisen toimiviksi.

Asetuksien ja kuvapohjan kehityksellä Teklasta tuotettujen mittapiirustusten laatua saatiin parannettua sekä kuvien käsin muokkaamisen tarve pieneni. Tämä saavutettiin automaattimitoitusasetuksien uudelleen luomisella ja niiden ohjaamisella näkymäsuodattimia hyödyntäen. Kehitystyön aikana huomattiin lähtötietomallin yhdenmukaisuuden tärkeys, sillä yksittäisten mitoitusasetuksien ja näkymäsuodattamien luonti on työlästä. Jos rakennemallien välillä tulee eroavaisuuksia mallinnustavoissa ja työkalujen käytössä, mitoitus- ja suodatinasetukset voidaan joutua luomaan uudelleen aina projektin alussa.

Kehitystyön tuloksena Insinööritoimisto SRT Oy:lle tuotettiin Tekla Structures ohjelmaan mittakuvapohjat ja asetukset, joilla ontelolaattojen mittapiirustusten tuottaminen raudoitussuunnittelun yhteydessä on kannattavaa.

### **Avainsanat (asiasanat)**

ontelolaatta, ontelolaattasuunnittelu, rakennuselementit, Tekla Structures

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Aholaakko, Paavo**

### **Reinforcement designing of hollow core slabs with Tekla Structures**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2020, 51 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Civil Engineering.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Insinööritoimisto SRT Oy is a company which provides reinforcement and strand designing of hollow-core slabs for slab manufacturer Betsset Yhtiöt. Betsset Yhtiöt has received inquiries to base the producing and the designing of slabs on a structure model. In this case the reinforcement designing will use the model as the source data instead of traditional DGW- and PDF-drawings. From manufacturers point of view, producing of hollow-core slabs require the single measurement drawings of each slab, which are not automatically generated on structure model -based designing.

Single measurement drawings can be produced directly from structure model with Tekla Structures. By using default settings, the generated drawings require a great amount of manual dimensioning and fixing. This slows down the process and reduces viability. However, by altering and fixing the settings, quality of the generated drawings can be enhanced to speed up the process.

In a pilot project Insinööritoimisto SRT Oy and Betsset Yhtiöt offered to generate the single measurement drawings from native structure model in addition to reinforcement and strand designing. The development work aims to enhance the automation and viability of producing the slab drawings and to directly bring the markings regularly done on the strand designing phase into the drawings. At the same time, modeling tools and the correct usage of them which allows one to create a working set of rules for drawing creation, were examined.

By developing the default drawing settings, quality of Tekla generated hollow-core slab drawings was improved and the need for manual fixing reduced. This was achieved by altering and creating new automatic measurement settings and by controlling them via view filters. During the development, the importance of the unity of the structure model grew into big role, as creating the measurement settings and view filters were burdensome. If there are differences in the used methods and tools in the structure models, one might have to recreate all the settings in the beginning of each project.

As a result, drawing settings that make the producing of hollow-core slab measurement drawings viable during reinforcement and strand designing of the slabs, were generated for Insinööritoimisto SRT Oy.

### **Keywords/tags (subjects)**

hollow-core slab, designing of hollow-core slabs, prefabricated construction units, Tekla Structures

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Opinnäytetyön tausta ja tilaaja .....</b>	<b>4</b>
1.1	Tutkimusongelma.....	4
1.2	Opinnäytetyön rajaus ja tavoite.....	4
1.3	Opinnäytetyön toteutus.....	5
<b>2</b>	<b>Ontelolaatta .....</b>	<b>6</b>
2.1	Laattojen valmistus .....	7
2.2	Laattatyypit .....	7
<b>3</b>	<b>Ontelolaattojen suunnittelun kulku ja vaiheet .....</b>	<b>9</b>
3.1	Rakenne- ja elementtisuunnittelu ontelolaattojen suunnittelussa.....	10
3.2	Raudoitussuunnittelu ontelolaattojen suunnittelussa .....	15
<b>4</b>	<b>Tekla Structures.....</b>	<b>16</b>
4.1	Näkymät ja suodattimet.....	16
4.2	Piirustustyypit.....	19
<b>5</b>	<b>Ontelolaattojen mallinnus .....</b>	<b>24</b>
5.1	Vakiovaraukset ja kylpyhuonelaatat .....	25
5.2	Reikien mallintaminen .....	25
5.3	Punostietojen lisääminen malliin ja piirustuksiin .....	26
5.4	Ontelolaattojen numerointi .....	30
<b>6</b>	<b>Ontelolaatan mittapiirros ja sen kehittäminen .....</b>	<b>31</b>
6.1	Mittapiirrosten luonti Teklalla .....	31
6.2	Tekla Structures <i>cast unit</i> -piirustusasetuksien muokkaaminen .....	32
6.2.1	<i>Layout</i> -asetukset.....	32
6.2.2	<i>View creation</i> -asetukset .....	34
6.2.3	<i>View creation</i> -kohdan <i>view properties</i> -asetukset .....	35
6.2.4	Automaattimitoitus .....	35
6.2.5	<i>Protection</i> -asetukset.....	40
6.2.6	<i>View filter</i> -asetusten luonti .....	40
6.2.7	Nimiön muokkaaminen <i>template editorilla</i> .....	43
<b>7</b>	<b>Pohdinta ja yhteenveto.....</b>	<b>46</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>47</b>

## Kuviot

Kuvio 1. Esimerkkikuva ontelolaatasta .....	6
Kuvio 2. Ontelolaataston suunnitteluprosessi.....	9
Kuvio 3. Esimerkki kantokykykäyrästä Betsset-laattavalmistajalta.....	10
Kuvio 4. Betsset-ontelolaattojen mahdolliset kavennusleveydet.....	11
Kuvio 5. Ontelolaattojen sallitut rei'itykset. ....	12
Kuvio 6. VUR ja SUR varaus ontelolaatassa. ....	13
Kuvio 7. S-pistekolo ontelolaatan reunassa.....	13
Kuvio 8. Pasi-lenkki ontelolaatan reunassa. ....	14
Kuvio 9. Esimerkkejä eri näkymistä.....	17
Kuvio 10. Näkymä Tekla Structres käyttöliittymästä. ....	18
Kuvio 11. Esimerkki general arrangement piirustuksesta. ....	20
Kuvio 12. Esimerkki <i>single part</i> -piirustuksesta. ....	21
Kuvio 13. Esimerkki <i>assembly</i> -piirustuksesta. ....	22
Kuvio 14. Esimerkki <i>cast unit</i> -piirustuksesta.....	23
Kuvio 15. <i>Floor layout</i> -työkalu asetusvalikosta.....	25
Kuvio 16. <i>Cut part</i> -työkalulla tehty tyhjiöobjekti.....	26
Kuvio 17. Punostietojen antaminen rakenneosalle. ....	27
Kuvio 18. <i>Edit property pane</i> -ikkuna.....	28
Kuvio 19. <i>STRAND_INFO</i> näkyvässä sivupalkissa. ....	28
Kuvio 20. Punostiedon lisäys mallinnusnäkymään. ....	29
Kuvio 21. Esimerkki tyhjästä lappukuvasta.....	31
Kuvio 22. <i>Layout editor</i> . ....	33
Kuvio 23. <i>Drawing properties</i> -valikon layout-alavalikko. ....	34
Kuvio 24. <i>View creation</i> -alavalikko. ....	35
Kuvio 25. Mitoituksen perustyyppinä. ....	36
Kuvio 26. <i>Dimensioning rules</i> -valikko. ....	37
Kuvio 27. Mitoitussäännön ominaisuuksien muokkausikkuna.....	38
Kuvio 28. Mitoitusominaisuuksien suodattaminen näkymien avustuksella. ....	39
Kuvio 29. Mittaviivojen suojausasetukset. ....	40
Kuvio 30. Suodatinasetuksen kategoriat. ....	41
Kuvio 31. Ehtojen muodostaminen näkymäsuodattimelle. ....	42
Kuvio 32. Esimerkki <i>View filter</i> -asetuksista pyöreälle reiälle.....	42
Kuvio 33. Näkymä <i>Template editorista</i> . ....	43

Kuvio 34. Yksinkertaisen arvokentän asetukset. ....	44
Kuvio 35. Esimerkki ontelolaatan tunnuksen kaavasta. ....	45

# 1 Opinnäytetyön tausta ja tilaaja

Tietomallipohjainen suunnittelu ja 3D-mallien hyödyntäminen rakennushankkeissa yleistyy rakennusosalalla nopeaa vauhtia. Mallipohjaisella suunnittelulla pyritään saumattomaan yhteistyöhön eri osapuolten ja suunnittelualojen välillä, sekä tuomaan kaikki saatavilla oleva tieto saman hallintojärjestelmän alle. Tekla Structures on ohjelmisto, joka tarjoaa eri osapuolille yhtenäisen alustan toteuttaa rakennusprojektin suunnittelu 3D-mallintamista hyödyntämällä. Vaikka ohjelma on erittäin monipuolinen, se ei pysty tarjoamaan valmiita ratkaisuja kaikkiin elementtituotannon ja erikoissuunnittelun toiveisiin ja haasteisiin.

Opinnäytetyön tilaaja Insinööritoimisto SRT Oy on Kuopiossa sijaitseva suunnittelutoimisto, jonka päätoimialaa on rakennesuunnittelu, sekä rakennesuunnitteluun liittyvä kehitys- ja tutkimustoiminta. SRT Oy tarjoaa myös elementtisuunnittelua ja esijännitettyjen betonielementtien raudoitussuunnittelua. Tämän lisäksi SRT Oy tarjoaa monia erilaisia rakennusalan asiantuntijapalveluita.

## 1.1 Tutkimusongelma

Rakennushankkeissa tapahtuvan muun suunnittelun siirtyessä mallipohjaiseen suunnitteluun, ontelolaattasuunnittelun tavanomainen prosessi koetaan nykyään kankeana. Tavallisen toimintamallin mukaan rakenne- tai elementtisuunnittelu toimittaa laattavalmistajalle raudoitussuunnittelua varten lähtötiedoiksi tasokuvat, yksittäiset mittapiirroukset jokaisesta elementistä ja elementtiluettelot. Ontelolaattasuunnittelun tapahtuessa mallipohjaisesti, tavanomaisen suunnitteluprosessin välivaiheita jätetään pois ja prosessi nopeutuu. Ontelolaattojen tuotanto on kuitenkin pääasiassa vielä DWG- ja PDF-kuvien varassa. Mallipohjaisessa suunnittelussa laattavalmistajien ongelmaksi muodostuu tuotantoon tarvittavien tietojen saanti suoraan rakennemallista ilman erillisiä kuvia.

## 1.2 Opinnäytetyön rajausta ja tavoite

Opinnäytetyössä tavoitellaan tutkimusongelman ratkaisua luomalla Tekla Structures -ohjelmaan kuvapohjat ja asetukset, joilla pystytään tuottamaan rakennemallista raudoitussuunnittelun yhtey-

dessä tarvittavat elementtisuunnitelmat ontelolaattojen tuotantoa varten. Opinnäytetyössä erityisesti keskitytään kehittämään ontelolaattojen mittapiirustusten tuottamisen tehokkuutta ja automatisaatiota. Kuvapohjien luomisessa pyritään selkeään ja yksiselitteiseen esittämistapaan sekä mitoitusasetuksien kehityksessä mahdollisimman vähäiseen manuaaliseen mitoitustyöhön.

### **1.3 Opinnäytetyön toteutus**

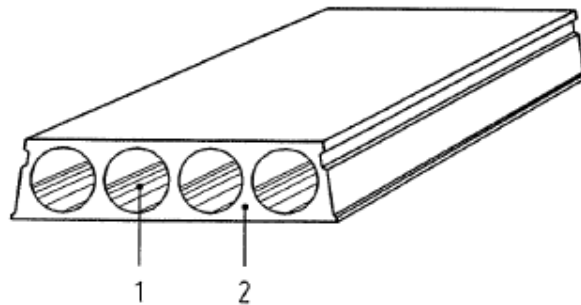
Opinnäytetyön alkuosa koostuu teoriakatsauksesta, joka lähtee liikkeelle ontelolaatasta rakennesana yleisesti ja käy läpi ontelolaattasuunnittelun tärkeimmät opinnäytetyön tavoitteeseen vaikuttavat vaiheet. Teoria osa tuo esiin myös ontelolaattojen suunnitteluohjeiden asettamia reuna-ehtoja sekä selventää laattasuunnittelun työnjakoa eri osapuolten välillä. Tekla Structures ohjelmasta tuodaan esille ohjelman peruskäyttöä ja yleisiä työkaluja.

Opinnäytetyön kehitystyö tehtiin Insinööritoimisto SRT Oy:lle, joka tekee yhteistyötä Betsset elementtivalmistajan kanssa. Kehitystyötä tehtiin pilottikohteen yhteydessä, jossa SRT Oy tarjosi laattojen raudoitussuunnittelun yhteydessä kohteen ontelolaattojen mittapiirustuksien tuottamisen. Kehitystyö on toteutettu vuoden 2018 Tekla Structures versioon ja Suomen ympäristöpakettiin. Opinnäytetyössä käytetyt kuvakaappaukset työvaiheista ja kehitystyöstä ovat otettu havainnollistamaan käsiteltyjä asetuksia, eikä niissä näy kaikkia tehtyjä asetusmuutoksia ja luotuja lisäasetuksia.



## 2 Ontelolaatta

Ontelolaatta on teräsbetoninen laattaelementti (Kuvio 1). Ontelolaatta on paksuudeltaan vakio, koostuen ylä- ja alakannaksesta, joita yhdistävät pystysuuntaiset uumat. Näiden väliin jää onttoja putkimaisia tyhjätiloja, joita kutsutaan onteloiksi. Rakenteen sisällä olevat ontelot keventävät rakennetta vähentäen valmistuskustannuksia ja onteloiden sisällä voidaan kuljettaa halutessa sähkökaapeleita tai muuta vastaavaa talotekniikkaa. (, 8.) SFS-EN 1168:2012



### Merkinnät

1	Ontelo
2	Uuma

Kuvio 1. Esimerkkikuva ontelolaatasta (SFS-EN 1168:2012).

Raudoitteena laatussa toimii laatan alapinnassa kulkevat esijännitetyt punosteräkset, jotka koostuvat useista erillisistä kylmämuovatuista teräslangoista. Ontelolaattatuotannossa käytettävässä 7-lankaisessa punosteräksessä, punoksen keskelle jäävän hieman muita suuremman langan ympärille kiedotaan loput langat. Punosteräksen lujuusluokka on yleensä 1680/1860 N/mm<sup>2</sup>. Arvon ensimmäinen luku ilmoittaa myötölujuuden ja toinen luku murtolujuuden. Punosteräkset ottavat vastaan laatan kuormien aiheuttamat vetojännitykset ja siirtävät nämä laatan betonin puristusjännityksiksi. Punokseen syntyvä jännevoima siirtyy teräkseltä betonille tartuntajännityksen välityksellä. (Suomen Betoniyhdistys, 2008.)

Punosterästen esijännittämisellä pyritään tuottamaan rakenteen vedetylle puolelle ennen kuormittamista tarpeeksi suuri puristusvoima, joka kumoaa ulkoisen kuorman aiheuttamaa vetojännitystä. Tällä tapaa laatan kantavuutta saadaan parannettua, taipumia pienennettyä ja vähennettyä halkeilua.

Ontelolaatta on laajimmin Suomessa käytetty elementtilaattatyyppi. Ontelolaattoja hyödynnetään betonirunkoisissa asuin-, liike- ja teollisuusrakennuksissa niin ala-, väli- kuin yläpohjarakenteissa-kin. Ontelolaatan suosiota edesauttaa säästöt betonin ja terästen kulutuksessa, nopea asennus ja helppo käsittely rakennustyömaan päässä sekä monipuolinen tuotevalikoima. (Betoniteollisuus ry, 2010.)

## 2.1 Laattojen valmistus

Ontelolaatat valmistetaan valmisosaelementteinä elementtitehtaalla. Tämä tarkoittaa, että laatat valetaan ja raudoitetaan tehtaalla valmiiksi, ja työmaalle toimitetaan asennusvalmis rakenneosia. Suomessa laattojen valussa käytetään usein liukuvalutekniikkaa, mutta laattoja voidaan myös valmistaa pursottamalla. Liukuvalutekniikassa valupetiin esijännitetään punossuunnitelman mukaisesti punosteräkset, jonka jälkeen laatat valetaan liukuvalukoneella. Koneen valama betonimassa on tarpeeksi jäykkää, että valussa ei tarvitse käyttää erillisiä muotteja. Betonin saavuttaessa tarpeellisen lujuuden punosteräkset laukaistaan esijännityksestä. Valun lopuksi laatat sahataan timanttisahalla oikeaan mittaansa ja laattoihin tehdään tarvittavat varaukset. (Betsset Yhtiöt, 2021.)

## 2.2 Laattatyypit

Laattatyyppi on sidonnainen ontelolaatan paksuuteen. Ontelolaattojen vakiopaksuudet ovat 200, 265, 320, 370, 400 ja 500 mm. Laatassa kulkevien onteloiden määrä vaihtelee neljän ja kuuden välillä laattatyypistä riippuen. Laattatyypin tunnus muodostuu valmistajalla käytössä olevan tyyppi-merkinnän ja laatan paksuuden mukaan. Lisäksi laatan tunnuksessa voi kulkea mukana lisämääreitä, jotka tarkentavat laatan ominaisuuksia. Laatan edessä käytettävä lisämääre ”E” viittaa eristettyyn laattaan, lisämääre ”Y” uloke- tai yläpunokselliseen laattaan, lisämääre ”U” harjateräksellä raudoitettuun ulokelaattaan ja ”P” sekä ”2P” palolaattoihin. Laattatyypin perässä käytettävä lisämääre ”K” viittaa kylpyhuonelaattaan. (Betsset Yhtiöt, 2021.)

Kylpyhuonelaattoja valmistetaan, kun laattaan tarvitaan iso syvennys esimerkiksi märkätilan kallistusvaluja ja talotekniikkaa varten. Kylpyhuonelaattaa, eli kololaattaa on saatavilla 265, 300 ja 370 mm korkeista laattatyypeistä. Kololaatan syvennetty osa on umpibetoninen ja sen syvyys vaihtelee laattatyypin mukaan. Kylpyhuonesyvennys tehdään koneellisesti, jolloin syvennyksien leveys on

aina joko 600 mm tai 1200 mm. Kylpyhuonesyvennyksen päätyyn tai päätyihin valetaan aina laatan korkuiset umpibetoniset voimansiirtopalkit. (Betset Yhtiöt, 2021.)

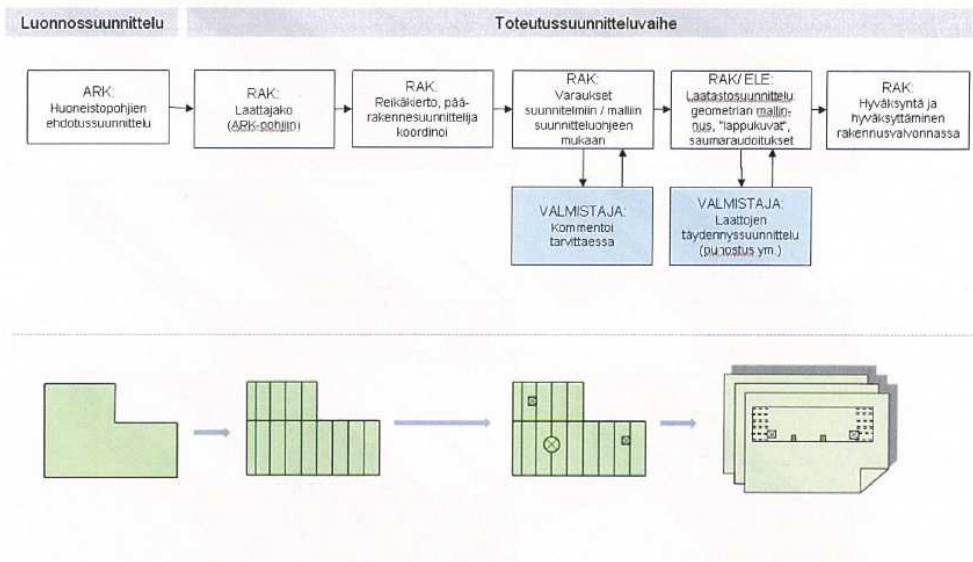
Palolaattoja hyödynnetään, jos ontelolaatalta vaaditaan korkeampaa palonkestoluokkaa kuin REI60. Palolaatoilla saavutetaan maksimissaan REI120 palonkesto-aika, tätä pidempien palonkesto-vaatimusten saavuttamiseen käytetään ontelolaatan alapuolisia lisäpaloeristeitä. Laattojen korkeampi paloluokitus kasvattaa punosterästen suojabetonietäisyyttä, joka vaikuttaa pienentävästi laatan kantokykyyn. (Betset Yhtiöt, 2021.)

Elementtitehtaalla voidaan valmistaa myös valmiiksi alapuolelta eristettyjä ontelolaattoja, joissa lisäeriste kiinnitetään ontelolaatan pohjaan liimaamalla. Lisäeristeenä toimii yleensä paksuudeltaan 170 mm EPS-lattiaeriste. Eristetyt ontelolaatat soveltuvat hyvin esimerkiksi ryömintätalisiin alapohjarakenteisiin ja eristettyä laattaa on saatavilla jokaisesta laattatyypistä. (Betset Yhtiöt, 2021.)

Ulokelaattoja toteutetaan kahdella eri tapaa. Lyhyissä alle 500 mm ulokkeissa voidaan käyttää tavanomaisesti raudoitettua ontelolaattaa, jonka avuksi työmaalla asennetaan pintabetoniin ja saumavaluihin lisäraudoitusta. Pidemmissä ulokkeissa käytetään joko yläpunoslaattoja tai tehtaalla valmiiksi onteloon asennettuja lisäraudoitteita. Ulokelaattojen tyypillisiä käyttökohteita ovat parvekkeet ja erkkerit. (Betset Yhtiöt, 2021.)

### 3 Ontelolaattojen suunnittelun kulku ja vaiheet

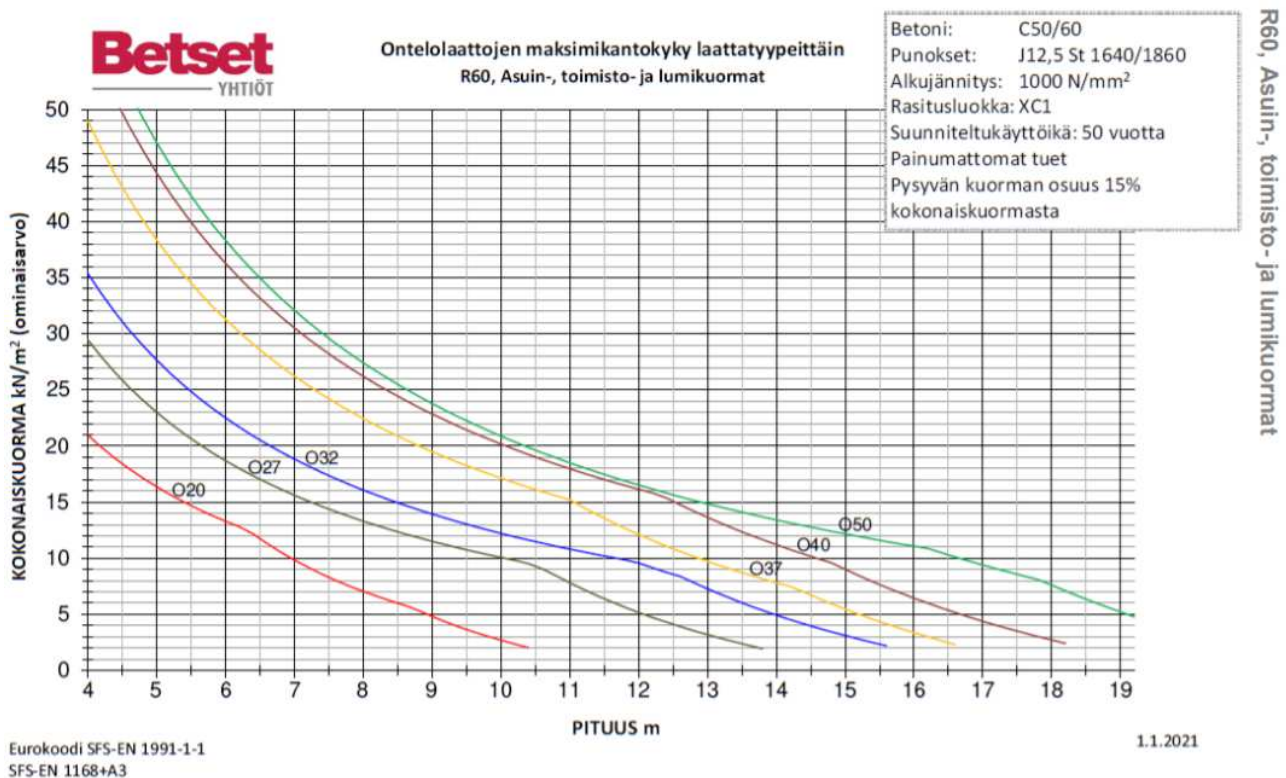
Ontelolaattojen suunnittelu koostuu luonnossuunnitteluvaiheesta ja toteutussuunnitteluvaiheesta (Kuvio 2). Luonnossuunnitteluvaiheessa arkkitehti suunnittelee laattojen kantosuunnat ja mahdolliset hormien sijainnit. Toteutussuunnitteluvaiheessa ontelolaattojen suunnittelu siirtyy rakennesuunnittelijan vastuulle. Rakennesuunnittelija suunnittelee laataston laattajaon, jonka jälkeen suunnitelma lähtee reikäkiertoon. Talotekniikkasuunnittelijoiden rei'itettyä laatat, laatasto palaa rakennesuunnittelijalle, joka varmistaa, että lisätyt reiät ovat suunnitteluohjeen mukaisia ja toteutuskelpoisia. Seuraavassa vaiheessa rakennesuunnittelu tai erillisenä osapuolena toimiva elementisuunnittelu suorittaa laattojen tyypittämisen ja numeroinnin, tarkentaa geometria tietoja ja lisää loput tarvittavat vakiovaraukset. Samassa vaiheessa laatastosta luodaan ja toimitetaan ontelolaatavalmistajalle tasokuva, laattojen mittapiirustukset ja elementtiluettelot. Valmistaja hoitaa ontelolaattojen rauditus suunnittelun joko itse tai usein alihankintana. Raudoitettut suunnitelmat palaa takaisin rakennesuunnittelijalle hyväksyttäväksi. (Betoniteollisuus ry, 2012.)



Kuvio 2. Ontelolaataston suunnitteluprosessi. (Betoniteollisuus ry, 2012)

### 3.1 Rakenne- ja elementtisuunnittelu ontelolaattojen suunnittelussa

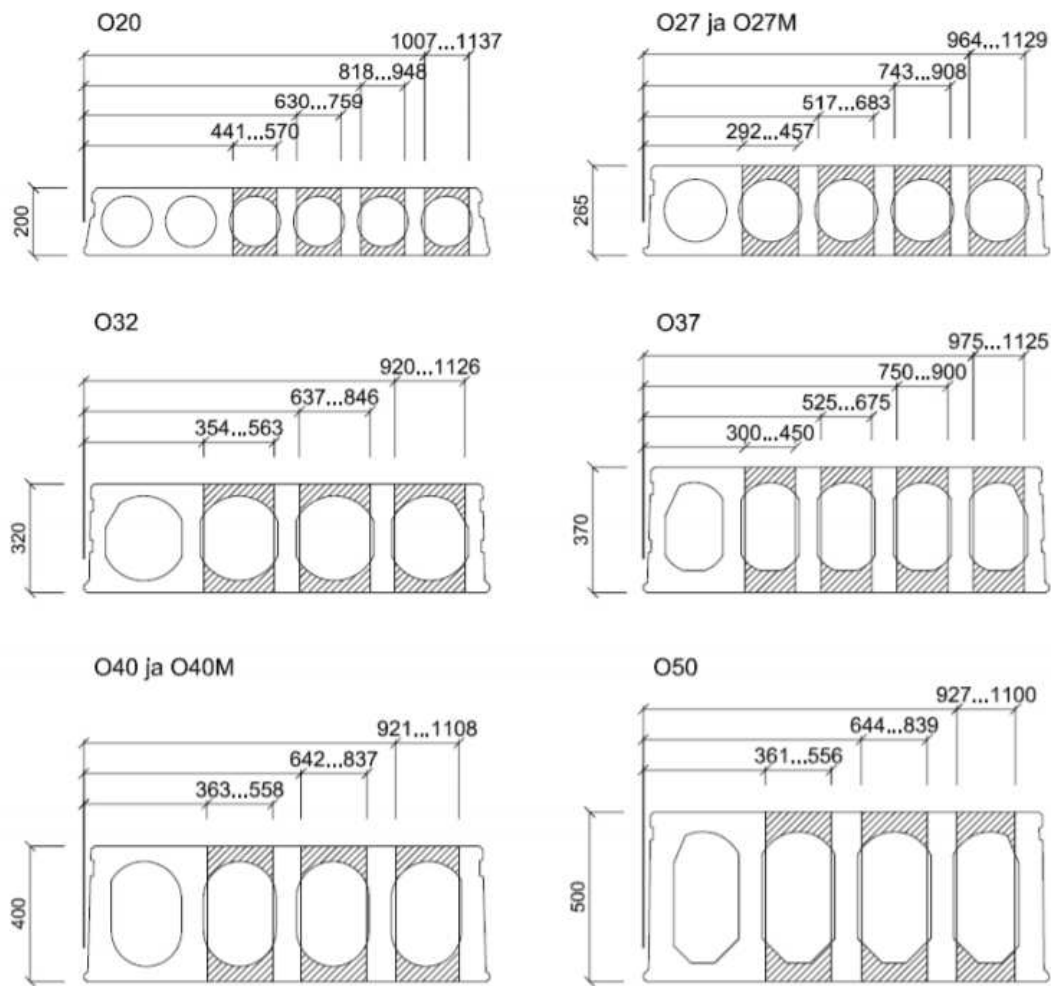
Laattatyyppin valinnassa suunnittelijan apuna toimivat laattavalmistajan kantokykykäyrät (Kuvio 3). Kantokykykäyristä nähdään laattatyypeittäin laatan maksimikantokyky jännevälin mukaan. Kuvaa-  
jan kokonaiskuormassa on huomioitu laatan omapaino. Kantokykykäyrää katsoessa tulee muistaa, että laatastolle tulevat piste- ja viivakuormat vaikuttavat varsinkin pitkillä jänneväleillä laatan kantokykyyn huomattavasti. (Betset Yhtiöt, 2021.)



Kuvio 3. Esimerkki kantokykykäyrästä Betset-laattavalmistajalta. (Betset Yhtiöt, 2021.)

Laattajaon suunnittelussa tulee huomioida hormit ja seinälinjojen muutokset. Laatastun reunalla käytetään tarvittaessa kavennettuja laattoja. Kavennettujen laattojen sijoittelussa on tärkeää huomioida, että laatastun rei'itys pysyy toteutuskelpoisena, sekä laattojen mahdolliset kavennusleveydet (Kuvio 4) (Betoniteollisuus ry, 2012). Usean rinnakkaisen ontelolaatan tapauksessa tulee huomioida laattojen etenemän karkaaminen asennusvaiheessa. Tämä voidaan välttää suunnittelemalla paikallavalukaistoja laattojen väliin. (Betset Yhtiöt, 2021)

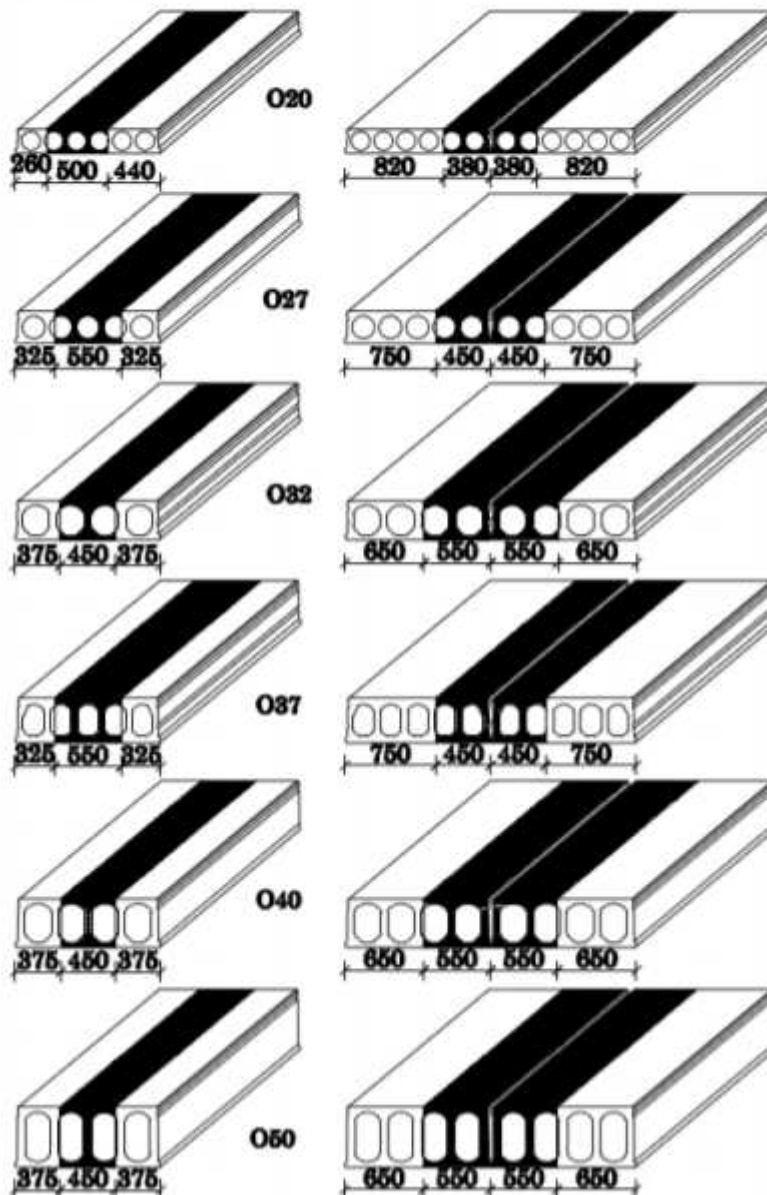
### Ontelolaattojen mahdolliset kavennusleveydet



Kuvio 4. Betset-ontelolaattojen mahdolliset kavennusleveydet. (Betset Yhtiöt, 2021)

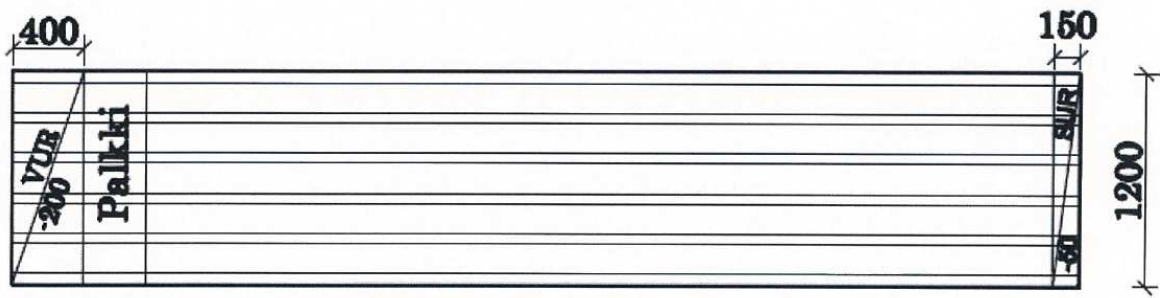
Laattojen reikien toteutuskelpoisuuden voi tarkastaa alustavasti Betoniteollisuuden ontelolaattojen suunnitteluohjeesta. Ohje esittää laattatyypeittäin sallitut reikäkaistat (Kuvio 5). Ohjeesta löytyy myös laattatyyppikohtaiset tarkennukset ja lisäohjeet. Ohjetta katsoessa tulee kuitenkin muistaa, että kyse on yleisohjeesta ja tuotannon hyväksymät rei'itykset voivat vaihdella laattavalmistajien ohjeistuksien mukaisesti. (Betoniteollisuus ry, 2012.)

## 2. Laattojen rei'itys



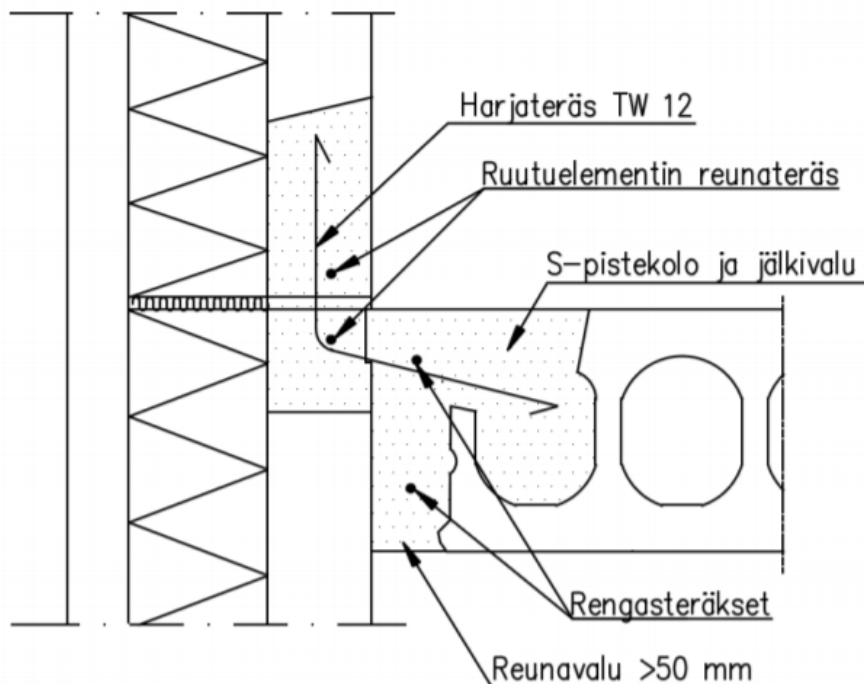
Kuvio 5. Ontelolaattojen sallitut rei'itykset. (Betoniteollisuus ry, 2012)

Ontelolaattoihin voidaan tarvittaessa tehdä viemärointiuria (VUR) ja sähköputkivarauksia (SUR) (Kuvio 6). Varaukset ovat tarkoitettu poikisuuntaisten putki- tai kaapelivetojen viemiseen laatan päässä. Näiden varauksien mitat ovat vakioitu laattatyypeittäin ja molemmat varaukset tehdään aina laatan päähän. Viemärointiuran yhteydessä syvennyksen taakse valetaan aina voimansiirtopalkki, jonka alueella tulee välttää reikien tekoa. (Betoniteollisuus ry, 2012.)



Kuvio 6. VUR ja SUR varaus ontelolaatassa. (Betoniteollisuus ry, 2012)

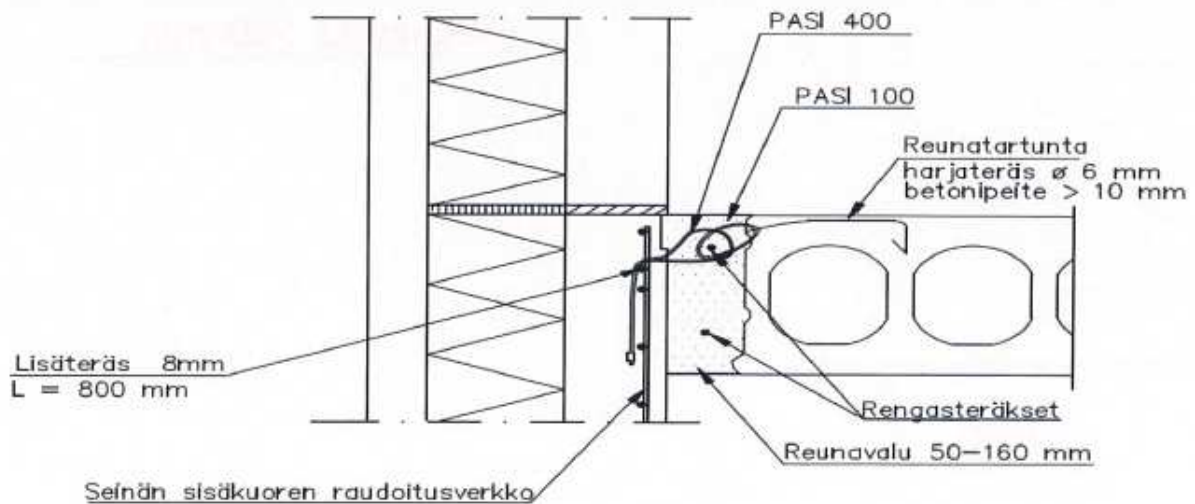
S-pistekolo, eli reunakolo on laatan reunaonteloon tehtävä pieni syvennys, joita tehdään paikallavalujen sitomiseen tai seinäkiinnitysten vuoksi (Kuvio 7). S-pistekolon vakiokoko on 150 x 150 mm ja syvyys 100 mm. Avattuun reunaonteloon saadaan työmaalla valettua tartuntateräksiä ja syvennyksen umpeen valussa käytettävän betonin lujuuden tulee olla vähintään C20/25. (Betoniteollisuus ry, 2012.)



Kuvio 7. S-pistekolo ontelolaatan reunassa. (Betoniteollisuus ry, 2012)



S-pistekolojen sijaan voidaan käyttää myös pasi-lenkkejä. Ontelolaattaan kiinnitetään elementti-tehtaalla valmiiksi harjateräslenkki, johon on pujotettu vaijerisilmukka. Työmaalla silmukka sidotaan seinäelementin sisäkuoren vastaavaan silmukkaan (Kuvio 8). Pasi-lenkki liitos soveltuu vain laattaelementin yläreunan sidontaan estämään kosteudenmuutosten, viruman tai lämpötilan muutosten liikkeen aiheuttamaa tuelta putoamista. (Betoniteollisuus ry, 2012.)



Kuvio 8. Pasi-lenkki ontelolaatan reunassa. (Betoniteollisuus ry, 2012)

Märkätila-alueita voidaan toteuttaa ontelolaatoilla kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on käyttää laattavalmistajan tarjoamia kylpyhuonelaattoja. Kylpyhuonelaattoja suunniteltaessa on tärkeää huomioida, että kylpyhuonesyvennys vaikuttaa laatan kapasiteettiin alentavasti. Erityisesti pitkillä ontelolaatoilla, joissa kylpyhuonesyvennys sijoittuu laatan jännevälän keskiosalle, laatan kapasiteetti laskee huomattavasti. Toinen tapa on hyödyntää eri paksuisia laattoja rinnakkain. Osat, joissa tarvitaan kylpyhuoneeseen talotekniikkaa, tehdään 200 mm korkealla ontelolaatalla, jonka päälle tulevaan täytevaluun sijoitetaan tarvittava talotekniikka. Tässäkin tavassa tulee huomioida, että täytevalu kuormittaa ontelolaattaa ja 200 mm korkealla laattalla tämä voi pidemmällä jännevälillä muodostua ongelmaksi. (Betoniteollisuus ry, 2012.)

### 3.2 Raudoitussuunnittelu ontelolaattojen suunnittelussa

Raudoitussuunnitteluvaiheessa suoritetaan ontelolaattojen punossuunnittelu, täydentävä valmistussuunnittelu ja elementtikaavioiden täydennys. Punossuunnittelu kattaa laattojen rakenteellisen mitoituksen. CE-merkinnällä varustetut ontelolaatat mitoitetaan aina eurokoodien ontelolaatta tuotestandardin SFS-EN 1168 mukaisesti. SFS-EN 1168 perustuu ja tarkentaa betonirakenteiden suunnittelun eurokoodia SFS-EN 1992 ja betonivalmisteiden yleisiä sääntöjä SFS-EN 13369 (Parma Oy, 2013.) Punossuunnittelussa huomioidaan ontelolaattojen mitoituksellisen kapasiteetin lisäksi asetetut vähimmäispunosmäärät täysleveille ja kavennetuille laatoille sekä vierekkäisten laattojen taipumaerojen tasaaminen.

Valmistussuunnitelmien, eli mittapiirustuksien, täydentämisessä varmistetaan laattojen valmistettavuus, käsiteltävyys ja laatan asennettavuus. Tässä vaiheessa punossuunnittelija läpi käy toimitetut mittapiirroksot yksi kerrallaan ja merkitsee näkyville nostokannakset sekä lisänostoelimet tarpeen mukaan. Käsiteltävyyden tarkastelussa kiinnitetään myös huomioita, että laattoja on turvallista nostaa ja kuljettaa. Tämän lisäksi mittapiirustuksiin merkataan punostiedot ja mahdolliset lisämääreet laatan tunnukselle.

Elementtikaavioihin punossuunnittelija täydentää tai määrittää tarvittaessa uudelleen laattojen tunnuksia, tuo punostiedot näkyviin ja määrittää asennustukien sijainnit. Täydennetyssä elementtikaaviossa esitetään myös syvätulpattujen laattojen sijainnit ja mahdolliset punossuunnittelijan määrittämät pintalaatan lisäraudoitukset palkkilinjoilla. Leveiden reikien yhteydessä tasoon voidaan joutua määrittämään myös laataston kokonaisjäykkyyden varmistamiseksi päätypalkkeja.

## 4 Tekla Structures

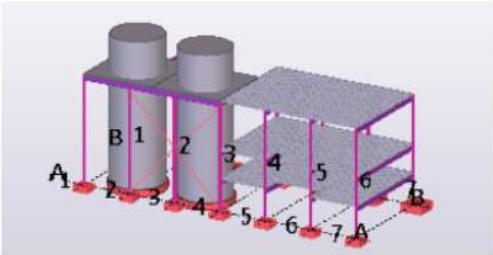
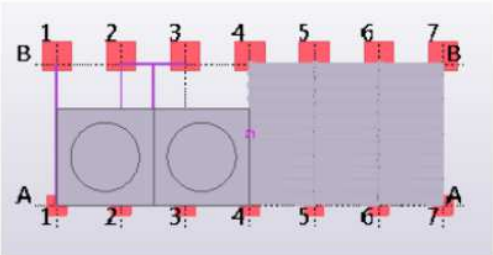
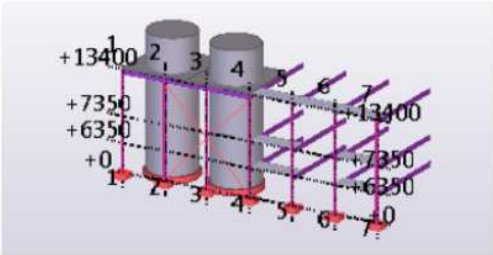
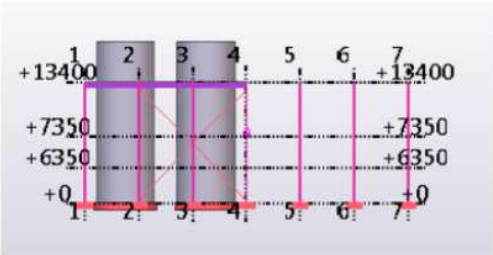
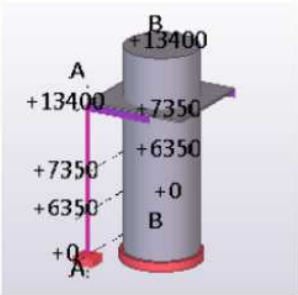
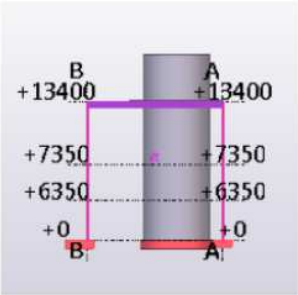
Tekla Structures on rakennusalan eri suunnittelijoiden, piirtäjien ja valmistajien käyttöön tarkoitettu ohjelmistokokoonpano. Ohjelman tarjoamia hallinnointi ja tarkastelu työkaluja voidaan hyödyntää myös rakennustyömaalla. Tekla Structures pohjautuu BIM-teknologiaan, jossa rakennuksesta luodaan yksi tai useampi hyvin yksityiskohtainen ja vuorovaikutteinen digitaalinen 3D-malli. Nämä mallit sisältävät rakennuksen ja yksittäisten rakenneosien täsmälliset geometria tiedot, sekä muita oleellisia rakentamisessa, rakenneosien valmistuksessa ja hankintatoimessa tarvittavia tietoja. (Trimble Solutions Corporation, Mitä on BIM?)

Tekla Structures ottaa myös huomioon ympäristön, jossa suunnittelija työskentelee. Ohjelmaan on saatavilla aluekohtaisia ympäristöpaketteja. Nämä paketit vaikuttavat esimerkiksi ohjelmassa käytettäviin profiileihin, materiaali arvoihin, vakioihin, liitoksiin, ja raportti- sekä kuvapohjiin. (Trimble Solutions Corporation, Environments. 2017)

### 4.1 Näkymät ja suodattimet

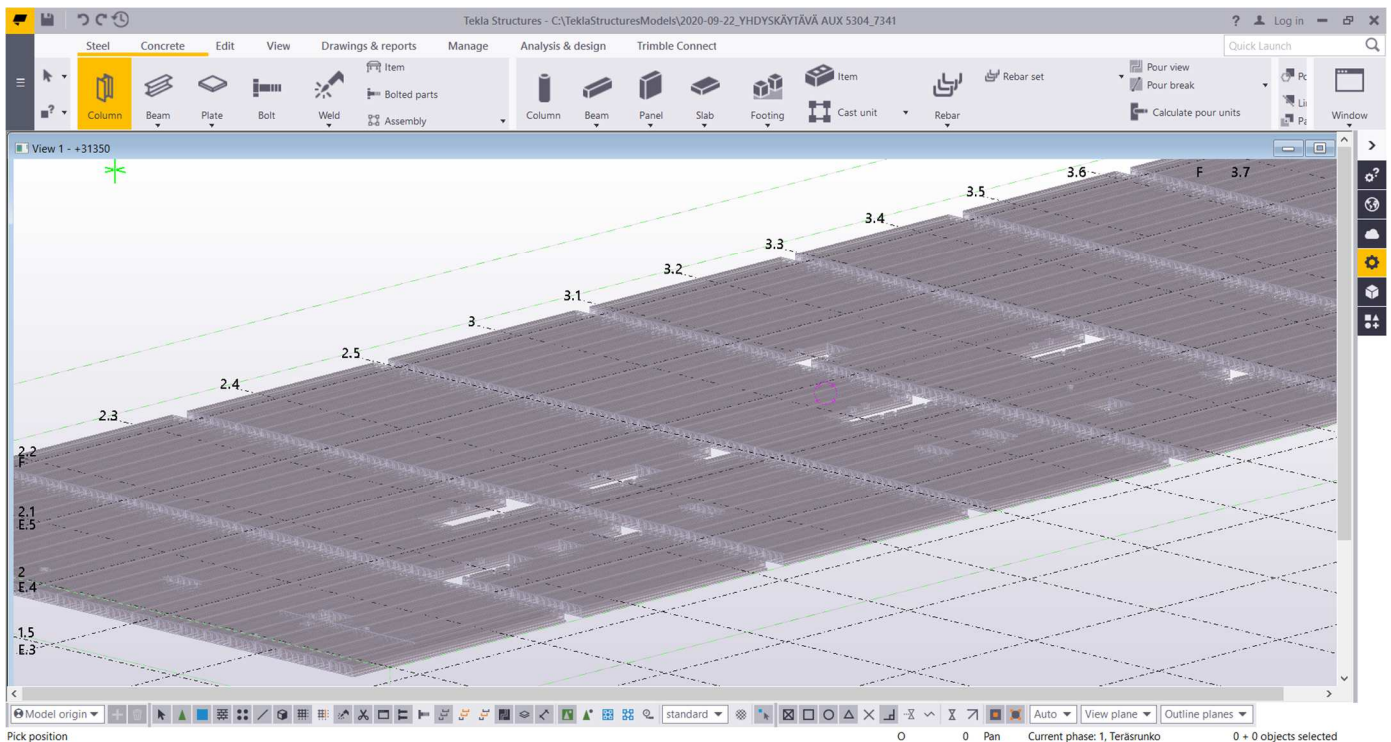
Mallin avaamisen tai aloittamisen jälkeen ohjelmaan luodaan tai avataan valmiit näkymät. Näkymä esittää annettujen parametrien mukaisesti tiettyä osaa mallista ja jokainen luotu näkymä aukeaa ohjelman sisällä aina omaan ikkunaansa. Sopivan näkymän luomisella mallin käsittely ja mallintaminen on helpompaa (Kuvio 9). (Trimble Solutions Corporation, Work with views. 2020)

Suodattimilla tarkoitetaan joko *view*- tai *selection filter* -asetuksia. *View filter* -asetuksilla voidaan piilottaa näkymästä tiettyjä materiaaleja, rakenneosia, komponentteja tai lähes tulkoon mitä vain käyttäjän määrittelemiä asioita. *Selection filter* -asetuksen rajaukset toimivat samalla tapaa, mutta objektien näkyvyyden sijaan, *selection filter* vaikuttaa siihen, mitä mallista pystytään valitsemaan aktiiviseksi. (Trimble Solutions Corporation, Creating a view or selection filter for tasks. 2017)

Plane	3D view	Plane view
XY		
XZ		
ZY		

Kuvio 9. Esimerkkejä eri näkymistä. (Aholaakko, 2021)

Mallin avauksen ja näkymän luonnin jälkeen ohjelman käyttöliittymä näyttää ao. kuvan mukaiselta (Kuvio 10). Aloituskäytössä on esillä valmiiksi suurin osa tarvittavista työkaluista ja asetuksista. Näkyvillä olevien työkalujen määrää ja kaikkia työkalupalkkeja voidaan muokata ohjelman sisällä.



Kuvio 10. Näkymä Tekla Structures käyttöliittymästä. (Aholaa, 2021)

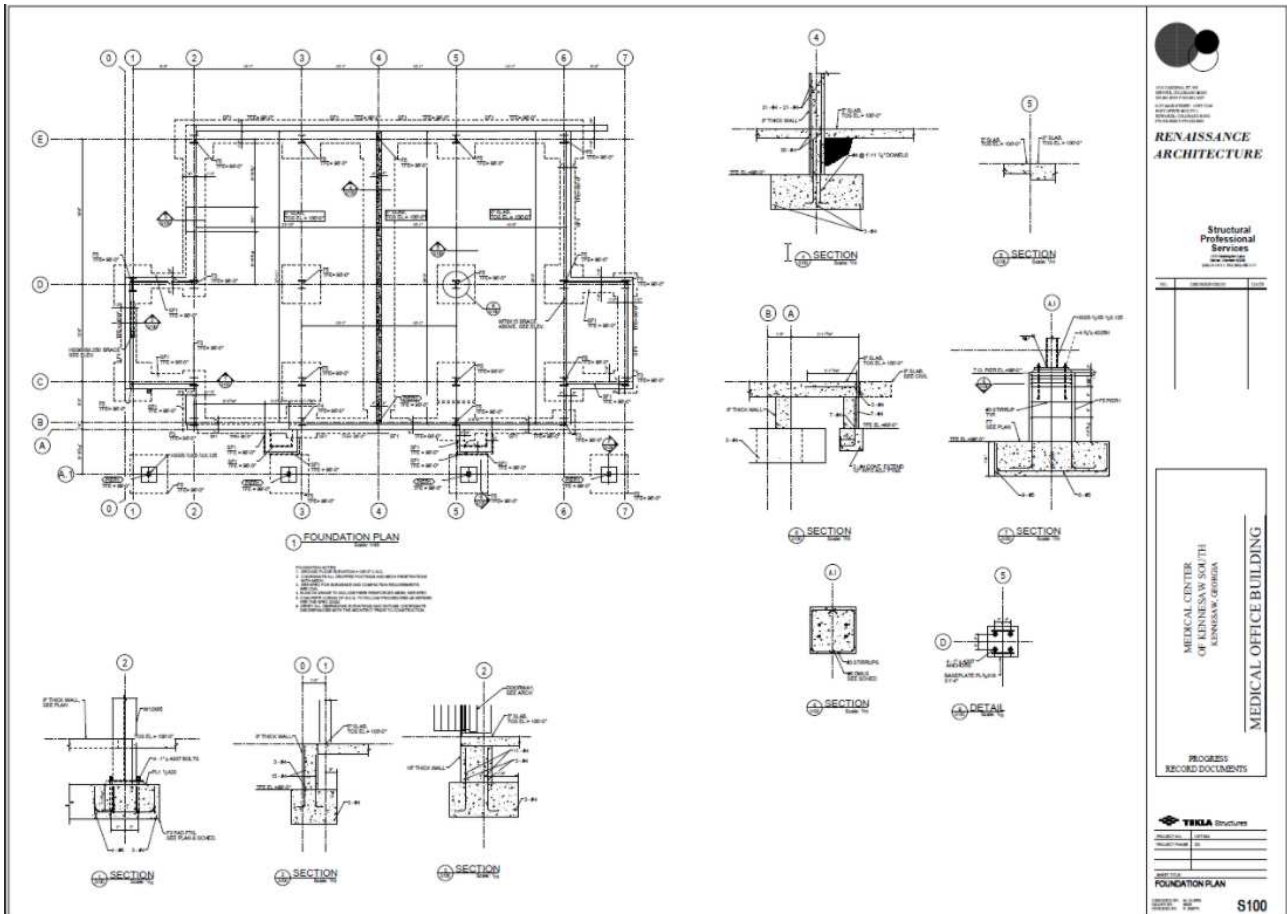
Yläpalkista löytyvät *steel*- ja *concrete*-välilehtien alta työkalut eri teräs- ja betoniosien mallintamiseen. Näillä työkaluilla voidaan mallintaa esimerkiksi palkkeja, pilareja, laattoja, pultteja, hitsauksia, perustuksia ja seiniä. *Edit*-välilehden alta löytyvät työkalut, joilla mallinnettua rakennosia voidaan leikata, jakaa kahtia tai muutoin vaikuttaa osan geometriaan. Saman välilehden alta löytyvät myös työkalut rakennososan mittaamista, kopioimista tai siirtämistä varten. *View*-välilehti pitää sisällään näkymäasetukset, työalueasetukset ja muut mallin visuaaliseen esittämistapaan liittyvät asetukset. *Drawings & reports* -välilehdeltä löytyvät piirustuslista, piirustusten luomiseen tarvittavat työkalut ja asetukset, raporttien luonti ja objektien numerointiasetukset. *Manage*-välilehdeltä mallin voi muun muassa jakaa eri vaiheisiin, asettaa aikatauluja tai luoda visuaalisia esityksiä projektin etenemisestä. *Analysis & design* -välilehdeltä voidaan ottaa käyttöön analyysi- ja suunnittelujärjestelmiä, joilla pystytään tutkailemaan rungon tai komponenttien jännityksiä ja kuormituksia. (Trimble Solutions Corporation, Introduction to Tekla Structures user interface. 2021)

Alapalkissa on joukko erilaisia valintapainikkeita, jotka vaikuttavat valinta-asetuksiin tai kursorin käyttäytymiseen ohjelman sisällä. Alapalkin pudotusvalikosta löytyy myös käyttäjän luomat *selection filter* -asetukset. Sivupalkin painikkeiden takaa löytyvät objektin ominaisuudet -välilehti, mahdollisuus lisätä referenssimalleja ja komponentteja, suorittaa käyttäjän mukauttamia tiedusteluja objekteista tai ottaa suoraan yhteys *Tekla online* -palveluihin. (Trimble Solutions Corporation, Introduction to Tekla Structures user interface. 2021)

## 4.2 Piirustustyypit

Kaikki Tekla Structures -ohjelman sisällä tehdyt piirustukset koostuvat näkymistä ja templateista. Näkymät kuvaavat tiettyä kohtaa tai rakenneosaa mallista näkymäasetuksien määrittämällä tavalla. Templatet noutavat piirustukseen tietoja mallista ja niitä ovat esimerkiksi nimiöt ja tarvikeluettelot.

*General arrangement* -piirustus on yleisin käytetty piirustustyyppi (Kuvio 11). Piirustus luodaan suoraan mallista valitun näkymän mukaan ja piirustusta luodessa mallissa käytössä olevat näkymää suodattavat asetukset vaikuttavat myös piirustukseen. *General arrangement* -piirustustyyppiä käytetään muun muassa tasokuvien, asennuspiirustusten, elementtikaavioiden ja perustuspiirustusten luomiseen. (Trimble Solutions Corporation, General arrangement drawings. 2021)



Kuvio 11. Esimerkki general arrangement piirustuksesta. (Trimble Solutions Corporation, 2021)

*Single part* -piirustus on piirustustyyppi, jota käytetään yksittäisten osien työpajakuvien tekoon (Kuvio 12). Työpajakuva sisältää kaikki tiedot, joita tarvitaan osan valmistukseen työpajalla. (Trimble Solutions Corporation, Single part drawings. 2021)

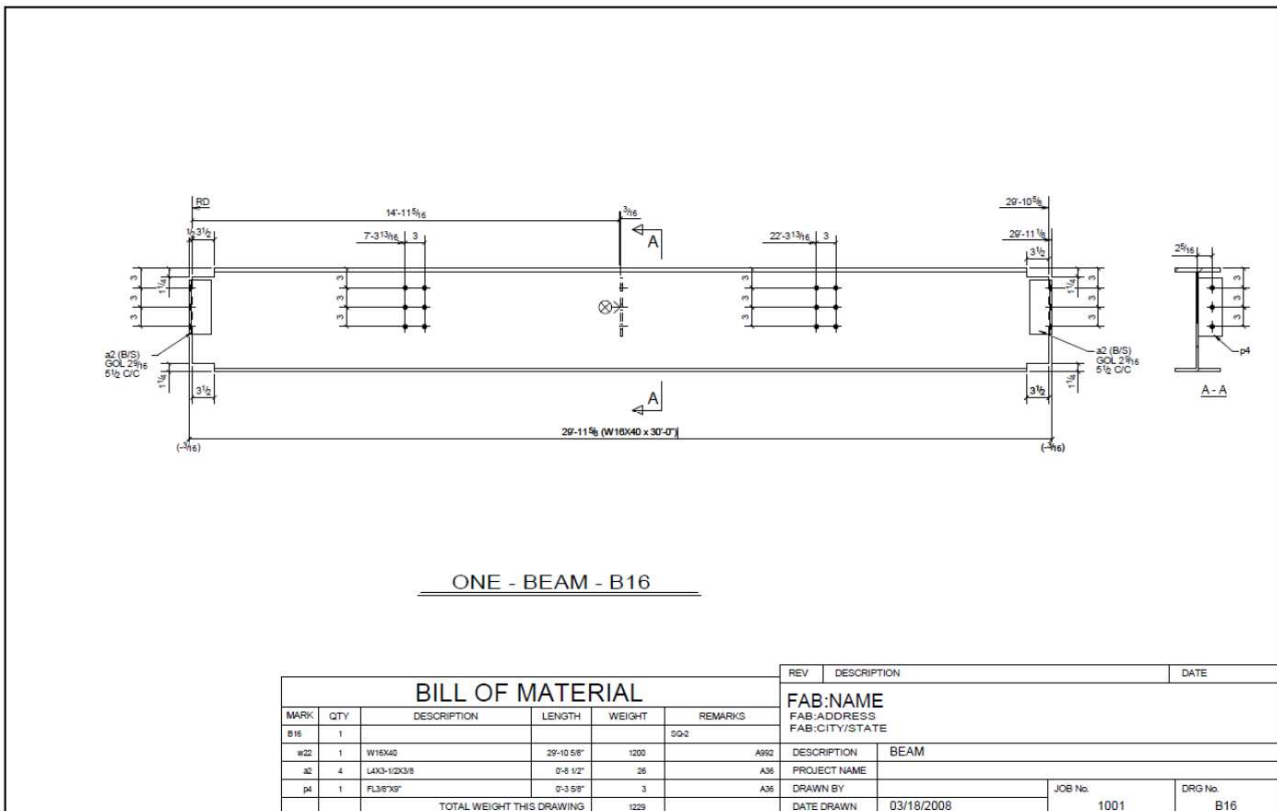
8 - ANC. BOLT - P17

BILL OF MATERIAL								REV	DATE	DESCRIPTION	
SHIP	MARK	No.	STOCK	GRADE	LENGTH	WEIGHT (Lbs)	AREA (in <sup>2</sup> )	Tekla General Cont 1805 Roswell Rd #25A			
P17	P17	8	ROD1	A36	1'-7"	32	489	<b>TEKLA Structures</b> ®			
	P2	8	10_WASHER	A36	0'-0 1/2"	3	74	DRAWING TITLE	ANC. BOLT		
	P3	8	1_HEAVY_HEX_NUT	A36	0'-1"	3	94	CONTRACT	Tekla Sample Drawings Job		
								MODELLED BY	IronDate Arch	ISSUE DATE	08/29/2005
								CONTRACT NO	01-2005	SCALE	1/8
								DRAWING No	P17	REVISION No.	0
11x17											

Kuvio 12. Esimerkki *single part*-piirustuksesta. (Trimble Solutions Corporation, 2021)

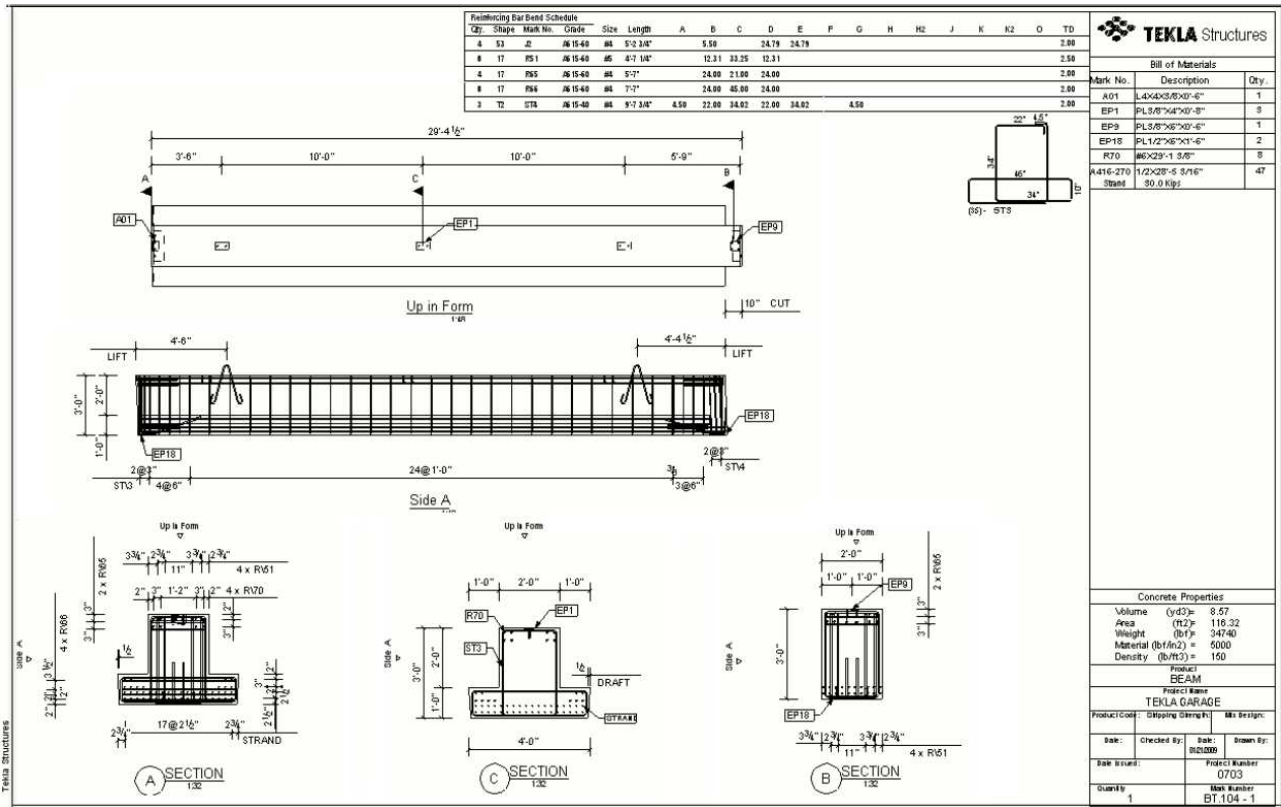
*Assembly*-piirustuksia käytetään työpajakuvien luontiin, kun kuvattava kokoonpano koostuu useasta eri osasta (Kuvio 13). Kokoonpano koostuu usein pääosasta ja sekundääriosista, jossa sekundääriosat ovat usein pultattu tai hitsattu pääosaan kiinni. (Trimble Solutions Corporation, Assembly drawings. 2021)





Kuvio 13. Esimerkki *assembly*-piirustuksesta. (Trimble Solutions Corporation, 2021)

*Cast unit* -piirustuksia käytetään betoniosien mittatietojen, muottitietojen ja raudoitustietojen esittämiseen (Kuvio 14). Kuvattavan betoniosan valittu ominaisuus, että onko osa paikallavalu vai elementti, vaikuttaa piirustuksen ominaisuuksiin. (Trimble Solutions Corporation, *Cast unit drawings*. 2021)



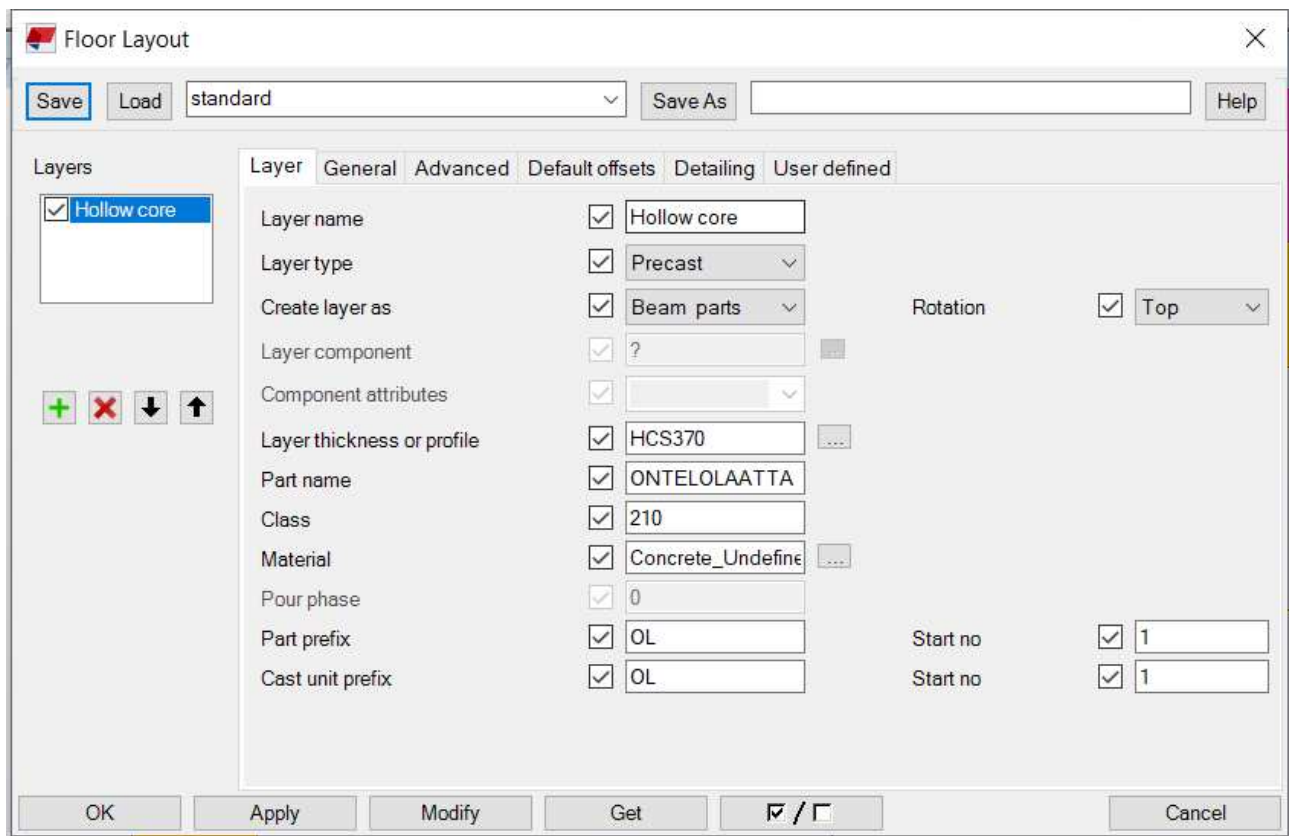
Kuvio 14. Esimerkki *cast unit*-piirustuksesta. (Trimble Solutions Corporation, 2021)

*Multidrawings*-piirukset ovat työpajakuvia, jotka kokoavat yhden piirustuksen alle useita *single part*- tai *assembly*-piirustuksia.

## 5 Ontelolaattojen mallinnus

Jotta tiedon liikkuminen ja yhteistyö rakenne- tai elementtisuunnittelun ja tuotantotehtaan sekä raudoitus suunnittelun välillä on saumatonta, ontelolaatat tulee mallintaa käyttäen ennalta sovit-  
tuja työkaluja ja metodeja. BEC 2012 elementtisuunnittelun mallinnusohje tarjoaa lähtökohdan  
betonielementtien tietomallinnukselle, jonka mukaan kaikkien mallintavien osapuolten tulisi toi-  
mia. BEC 2012 ei kuitenkaan määrittele tarkasti käytettäviä työkaluja, vaan mallin sisällön niin, että  
rakenne malleista tulee samankaltaisia riippumatta mallintajasta. (Betoniteollisuus ry, 2012.). Tar-  
kemmat ohjeistukset oikeiden työkalujen käyttöön voi varmistaa laattavalmistajan mallinnusoh-  
jeesta tai laattavalmistajalta. Ontelolaattojen mittapiirustusten teon kannalta on olennaista, että  
varauksien tekotapa ja nimeäminen sekä komponenttien käyttö on yhdenmukaista. Tällä tapaa au-  
tomaattimitoituksen asetukset ovat mahdollista luoda niin, että vältytään turhalta kuvien käsin  
korjaamiselta tai mitoittamiselta.

Ontelolaatat suositellaan mallinnettavan *floor layout* -työkalulla (Kuvio 15). Tällä työkalulla voi-  
daan mallintaa ja detaljoida monentyyppisiä lattia- ja kattorakenteita, ja se sopii erityisen hyvin  
ontelolaattojen mallinnukseen. Työkalulla valitaan alue osoittamalla pisteet, jolle laatasto tahdo-  
taan. Annetuista pisteistä kaksi ensimmäistä osoittaa laataston kantosuunnan. Laataston luonnin  
jälkeen ulkoreunoja voidaan vielä muokata nurkkapisteitä vetämällä sekä saumaviivoja vetämällä  
voidaan myös optimoida laataston laattajakoa, esimerkiksi laataston reikien mukaiseksi. Kavennet-  
tujen laattojen sijaintia ja kavennussahaukseen reunaa voidaan myös muuttaa suoraan työkalun  
sisällä laataston luonnin jälkeen.



Kuvio 15. *Floor layout* -työkalu asetusvalikosta. (Aholaakko, 2021)

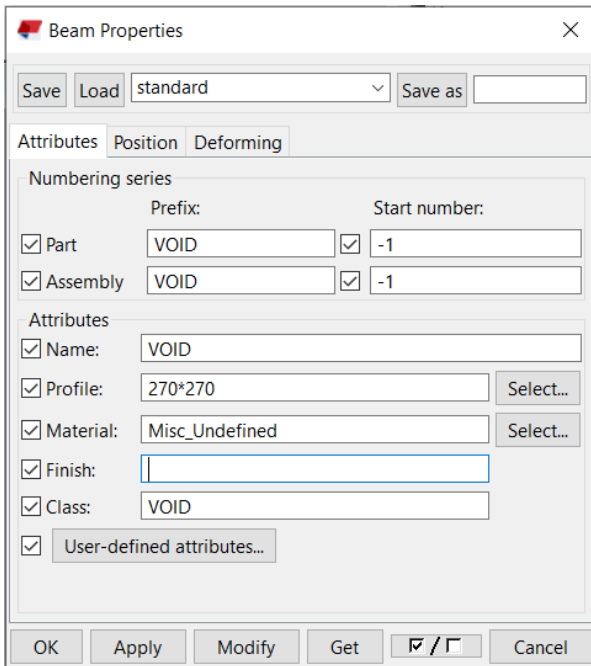
## 5.1 Vakiovaraukset ja kylpyhuonelaatat

Ontelolaattoihin tulevien vakio- ja kylpyhuonevarauksien mallintamisen avuksi Betoniteollisuus on julkaissut *BEC hollow core tools* -paketin. Lisäosapaketti sisältää työkalut, joilla voidaan luoda kylpyhuonevarauksia, pasi-lenkkejä, SKK-koloja ja sähkö- sekä viemäriuria (Betoniteollisuus ry, 2021). Paketin työkaluja käyttämällä, tehtyjen varausten tiedot ja nimeäminen saadaan vakioitua niin, että eri mallintajilta tulevat laatastot ovat niiden osalta automaattisesti samanlaisia. Tällöin automaattimitoitus on helpompi kohdentaa mitoittamaan vakiovaraukset halutulla tavalla hyödyntäen varausten nimitietoja.

## 5.2 Reikien mallintaminen

Reikien mallintamiseen voidaan käyttää joko *floor layout* -työkalun omaa rei'itys ominaisuutta tai Teklan *cut part* -työkalua. *Cut part* -työkalua käytettäessä mallinnetaan ensin tarvittavan reiän koinen osa, ontelolaatan tapauksessa *concrete beam* -työkalulla. Toiminto käynnistyy valitsemalla *cut part* -työkalun alta vaihtoehto *with another part*, jonka jälkeen valitaan aktiiviseksi osa, jota

tahdotaan leikata. Toiminto suoritetaan loppuun valitsemalla leikkaava rakenneos. Tämän jälkeen aluksi mallinnettu leikkaava osa voidaan poistaa mallista ja leikattuun osaan jää jäljelle tyhjiöobjekti. Tyhjiöobjektin tietoja saadaan hyödynnettyä automaattimitoituksen ohjauksessa (Kuvio 16). *Floor layout* -työkalun alta löytyvät *polygonal cut* - ja *rectangular cut* -ominaisuudet. Näillä työkaluilla reikien luominen onnistuu reunapisteet osoittamalla. *Polygonal cut* soveltuu monikulmioisten reikien mallintamiseen ja *rectangular cut* suorakulmaisille rei'ille.



Kuvio 16. *Cut part* -työkalulla tehty tyhjiöobjekti. (Aholaakko, 2021)

### 5.3 Punostietojen lisääminen malliin ja piirustuksiin

Punostietojen lisäämistä varten Suomen ympäristöpaketti lisää *precast*-tyyppisille *concrete*-rakenneosille *STRAND\_INFO*-attribuutin. Punostiedon pääsee syöttämään rakenneosalle avaamalla osan ominaisuudet omaan ikkunaan ja suuntaamalla valmistusvälilehdelle (Kuvio 17). Punosmäärien lisäämistä voidaan nopeuttaa lisäämällä *STRAND\_INFO* näkyviin sivupalkkiin listautuviin rakenneosan ominaisuuksiin. Tämä voidaan tehdä *customize*-asetuksien alta löytyvästä *edit property pane* -ikkunasta (Kuvio 18, Kuvio 19).

Tekla Structures Concrete beam (1) X

Structural information Unitechnik EliPlan BVBS Concrete Cover HMS

Tekla Structural Designer FI-Yleistiedot FI-Teräs FI-Betoni FI-Kuormitus FI-Viivakuormat

FI-Pistekuormat FI-Tasokuormat FI-Numerointi FI-Piirustusasetukset General Design

Parameters End conditions Analysis IFC export Suunnittelu Valmistus Asennus

Valmistus

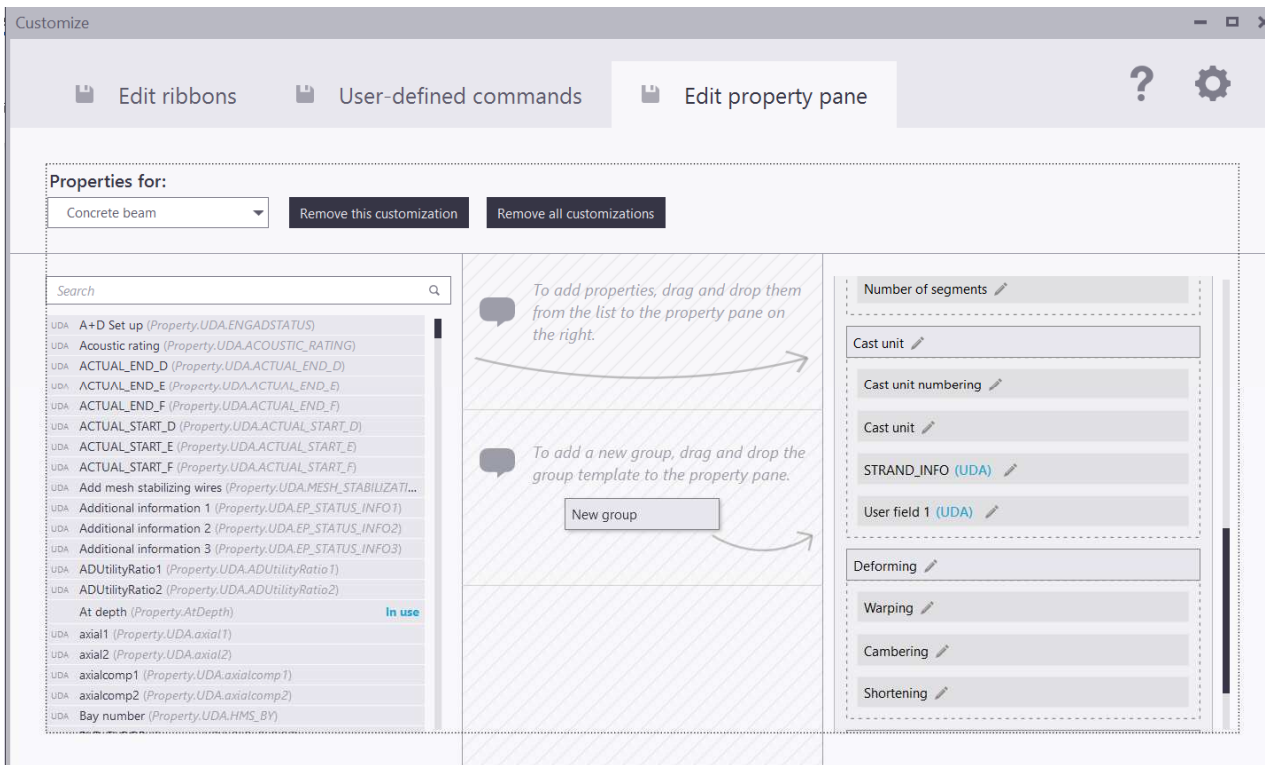
Tehdas	<input checked="" type="checkbox"/>		Suunniteltu aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Status, slu	<input checked="" type="checkbox"/>		Suunniteltu lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Id	<input checked="" type="checkbox"/>		Toteutunut aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Punostieto	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Toteutunut lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Status, teräs pvm	<input checked="" type="checkbox"/>		Status, teräs	<input checked="" type="checkbox"/>	
Status, betoni pvm	<input checked="" type="checkbox"/>		Status, betoni	<input checked="" type="checkbox"/>	
Kommentti	<input checked="" type="checkbox"/>		Piirustus tullut	<input checked="" type="checkbox"/>	

Toimitus

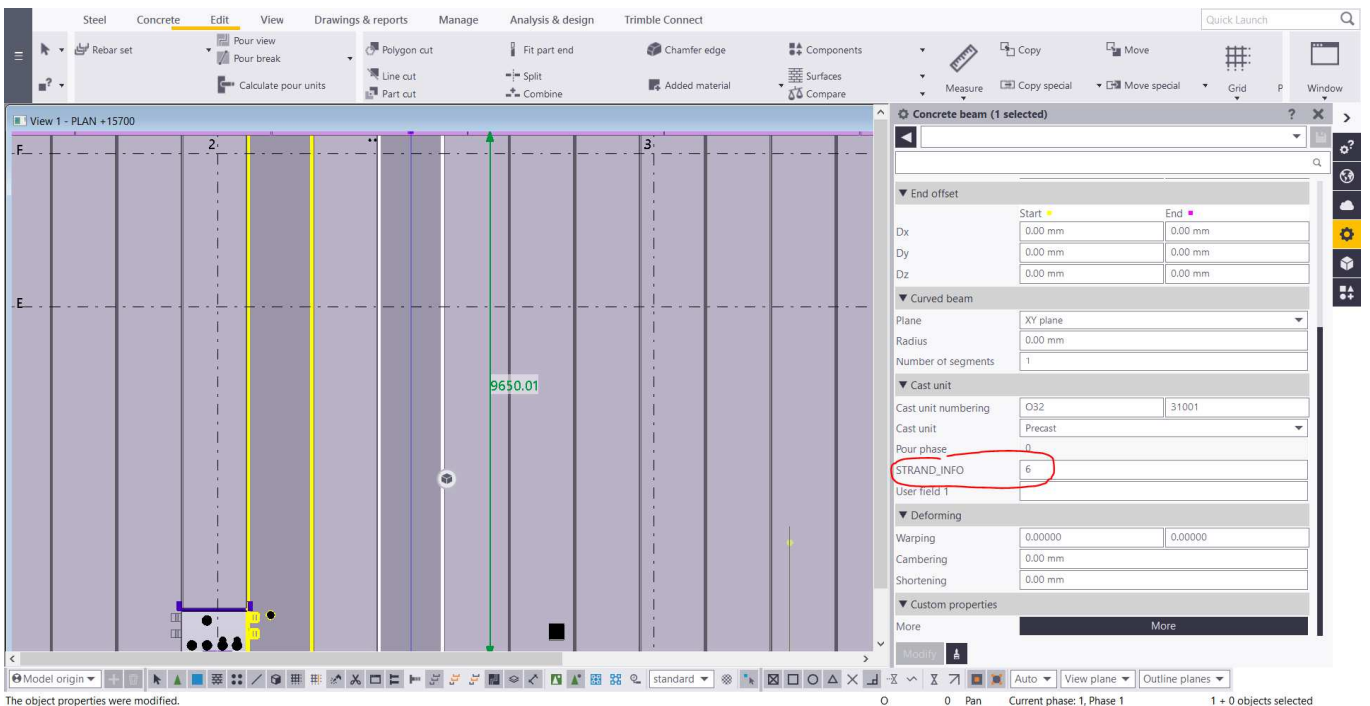
Kujetusno.	<input checked="" type="checkbox"/>		Kommentti	<input checked="" type="checkbox"/>	
Kuormanro.	<input checked="" type="checkbox"/>		Tunnus	<input checked="" type="checkbox"/>	
Kuormakirja	<input checked="" type="checkbox"/>				
Suunniteltu toimituksen aloitus	<input checked="" type="checkbox"/>				
Suunniteltu toimituksen valmis	<input checked="" type="checkbox"/>				
Toteutunut toimituksen aloitus	<input checked="" type="checkbox"/>				
Toteutunut toimituksen valmis	<input checked="" type="checkbox"/>				

OK Apply Modify Get  /  Cancel

Kuvio 17. Punostietojen antaminen rakenneosalle. (Aholaakko, 2021)

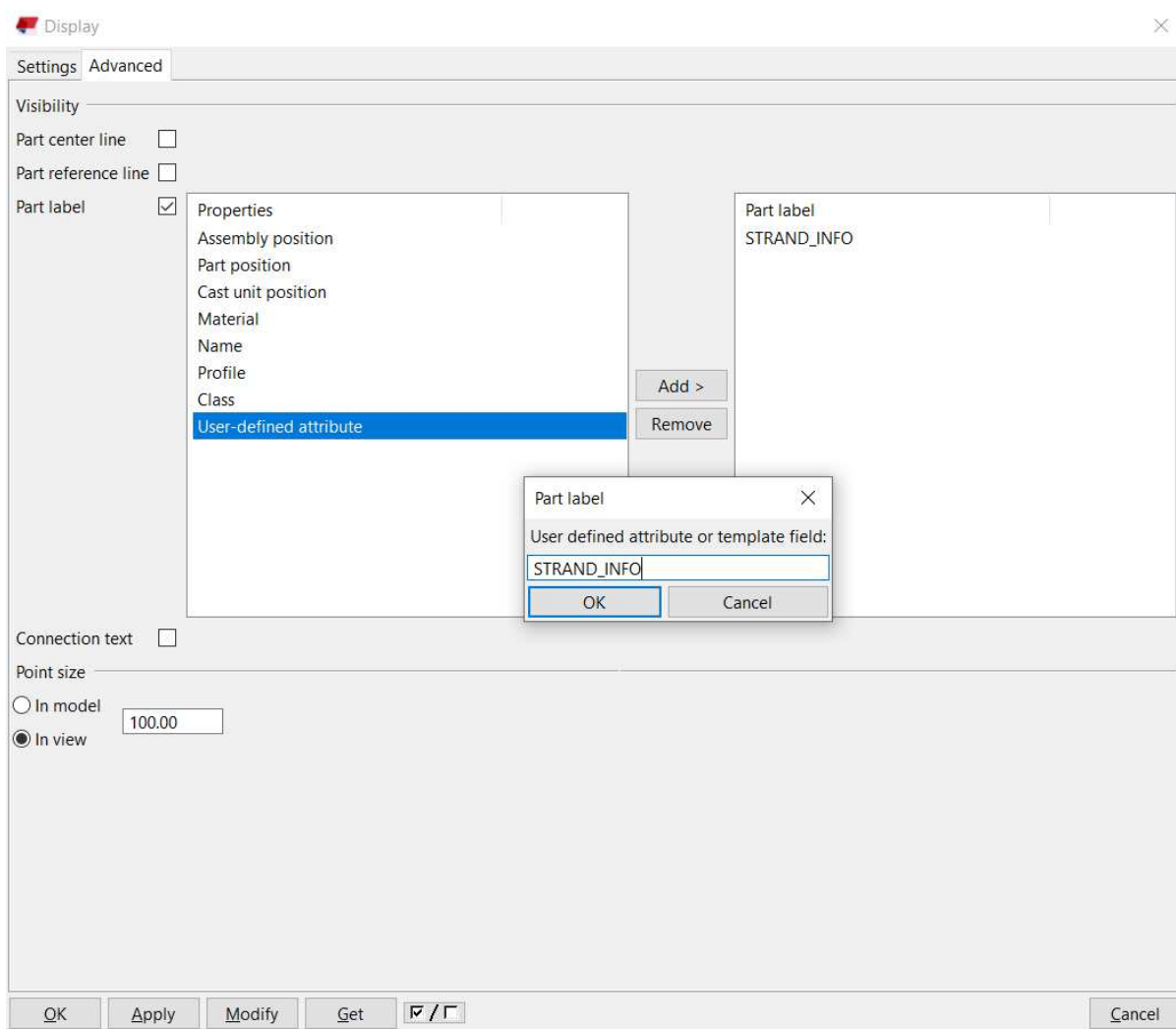


Kuvio 18. Edit property pane -ikkuna. (Aholaakko, 2021)



Kuvio 19. STRAND\_INFO näkyvässä sivupalkissa. (Aholaakko, 2021)

Punostiedot saadaan näkyville mallinnusnäkyymään avaamalla avoinna olevan näkymän *view properties* -valikko. Tämän valikon alta valitaan *display*-alavalikon *advanced*-välilehti, josta kytetään *part label* päälle ja lisätään sille käyttäjän määrittelemä asetus ”*STRAND\_INFO*” (Kuvio 20). Lisäämällä punostiedot malliin ennen mittakuvien ja tunnusten luomista, voidaan laattojen numerointi asetuksissa asettaa ”*STRAND\_INFO*” vaikuttamaan numeroinnissa, jolloin eriävän punosmäärän omaavat, mutta muutoin samankaltaiset laatat, saavat eri tunnuksia. Tällä vältetään turhalta tunnuksien käsin korjaamiselta myöhemmin. Punostietojen lisääminen malliin ennen mittakuvien tuottamista mahdollistaa myös punosmäärien tulostamisen suoraan laattojen mittakuviin.



Kuvio 20. Punostiedon lisäys mallinnusnäkyymään. (Aholakko, 2021)



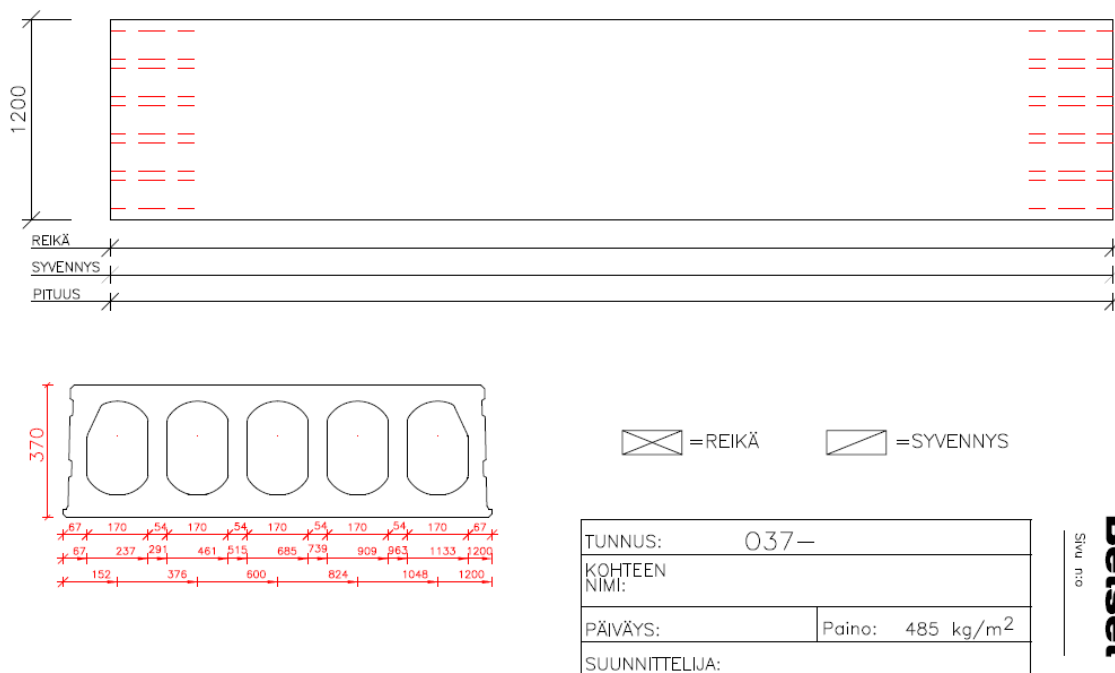
## 5.4 Ontelolaattojen numerointi

Ennen kuin mittapiirustuksia pystytään luomaan Tekla Structurella, ontelolaatoille täytyy antaa ohjelman sisällä tunnukset. Ontelolaattojen tunnusten luominen vaikuttaa paljon laattojen raudoitussuunnittelun jouhevuuteen. Raudoitussuunnittelun ja tuotannon kannalta laattojen tunnukset pitäisi saada juoksemaan järjestyksessä, ja tämä voi olla pulmallista, jos lappukuvat joudutaan luomaan vaiheessa, jolloin loveuksiin ja reikä tietoihin on tulossa vielä paljon muutoksia. Tällöin, vaikka alkuperäinen numerointi kulkisi hyvässä järjestyksessä, väliin tulee pomppivia tunnuksia muuttuneiden laattojen tarvitessa uusia tunnuksia. Mittapiirrosten tekemisen siirtyessä rakennetai elementtisuunnittelulta raudoitussuunnittelulle, lappukuvien tarvetta saadaan siirrettyä lähemmäksi laattojen valmistusta, jolloin ideaalitalanteessa tulevien muutosten määrä on huomattavasti alhaisempi. (Betsset Yhtiöt, 2020.)

Laattojen tunnuksia muodostetaan pääasiallisesti kahdella tapaa. Tunnus muodostuu joko attribuuteista *CAST\_UNIT\_PREFIX*, *USERDEFINED\_STRAND\_INFO* ja *CAST\_UNIT\_SERIAL\_NUMBER*, jossa *CAST\_UNIT\_PREFIX* on käyttäjän laatalle syöttämä laattatyyppiä kuvaava arvo, *STRAND\_INFO* on käyttäjän syöttämä punosmäärä ja *CAST\_UNIT\_SERIAL\_NUMBER* on numerointiasetuksien perusteella laatalle määräytynyt tunnusnumero. Viimeisen attribuutin tilalla voidaan myös hyödyntää laattojen ACN-numeroita, jotka ovat määritetty laatoille, joko *assign control numbers* -toiminnolla tai käsin syöttämällä. ACN-numero on uniikki jokaisella laatalle, jolloin tätä tapaa käyttämällä jokaisesta ontelolaatosta tulee aina oma mittapiirustuksensa. Kohteissa, joissa toistoa laattojen välillä on paljon, tämä tapa voi tuottaa turhaan suuren määrän piirustuksia. Jokaisen laatan ollessa omalla tunnuksellaan, revisioiden käsittely ja teko selkeämpää, sillä laattojen tunnukset eivät tarvitse muutoksia muiden tietojen muuttuessa.

## 6 Ontelolaatan mittapiirros ja sen kehittäminen

Ontelolaatan mittapiirros kuvaa yksittäisen ontelolaatan valmistuksessa tarvittavat tiedot (Kuvio 21). Mittapiirroksista usein käytetään termiä lappukuva. Piirustuksesta tulee ilmetä ontelolaatan tunnus, kyseisen kuvan perusteella valmistettavien elementtien määrä, laatan geometria tiedot sekä mahdolliset varaukset ja tartunnat. Kuvassa pitää olla näkyvissä myös laatan paloluokka ja eristetyissä laatoissa eristeen mitat ja tyyppi.



Kuvio 21. Esimerkki tyhjästä lappukuvasta. (Betsbet Yhtiöt, 2021)

### 6.1 Mittapiirrosten luonti Teklalla

Ontelolaatta on betoninen valmisosaelementti, eli sen mittapiirustuksen luomiseen soveltuu parhaiten *cast unit* -piirustus. Ilman käyttäjän asetusten muokkaamista tai kuvien manuaalista korjausta, perusasetuksilla kuvista tulee usein silti tuotantoon kelpaamattomia. Isoissa kohteissa yksittäisten kuvien korjaaminen muodostuu nopeasti erittäin paljon aikaa vieväksi prosessin osa-

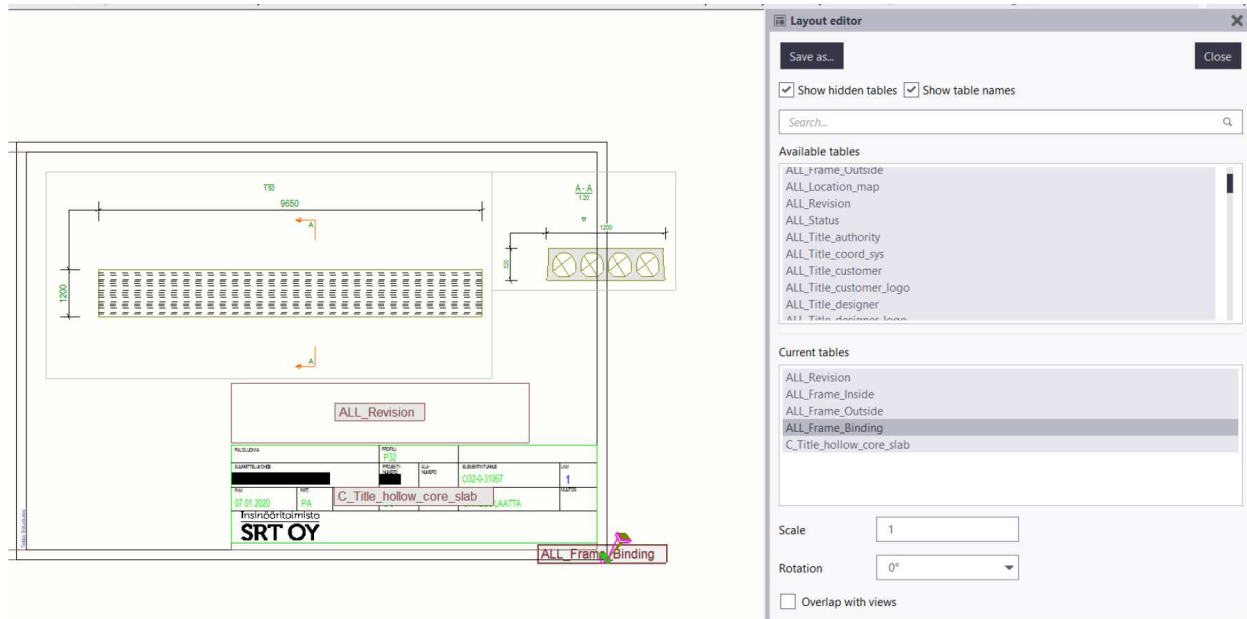
alueeksi. Pilottikohteessa oli noin 110 laattaa työstettävässä lohossa. Vakiomitoitusasetuksilla kuvista yli 50 %:a jouduttiin korjailemaan manuaalisesti ohjelman sisällä piirustusten luomisen jälkeen.

## 6.2 Tekla Structures *cast unit* -piirustusasetuksien muokkaaminen

Teklan piirustusasetuksia voidaan muokata muutamassa eri paikassa. Yläpalkin kautta *Drawings & reports* -välilehdeltä löytyy pudotusvalikko *drawing properties*, jonka kautta pääsee luomaan tai muokkaamaan eri piirustustyyppien asetuksia. Tämän valikon alta löytyvät suurin osa tarvittavista muutoksista, kuten skaalaukset, näkymäasetukset ja niiden alta kaikki automaattimitoituksen asetukset, mittaviivojen asetukset sekä käyttäjän määrittämien asetusten muokkaukset. Tämän valikon lisäksi piirustuksen asetuksia korjataan erillisellä *layout editorilla*, jonka avulla piirustus pohjan sisältämiä templateja ja niiden sijainteja voidaan muokata. Yksittäisen templatien, esimerkiksi nimien, muokkaamiseen käytetään Teklan sisäistä *template editoria*.

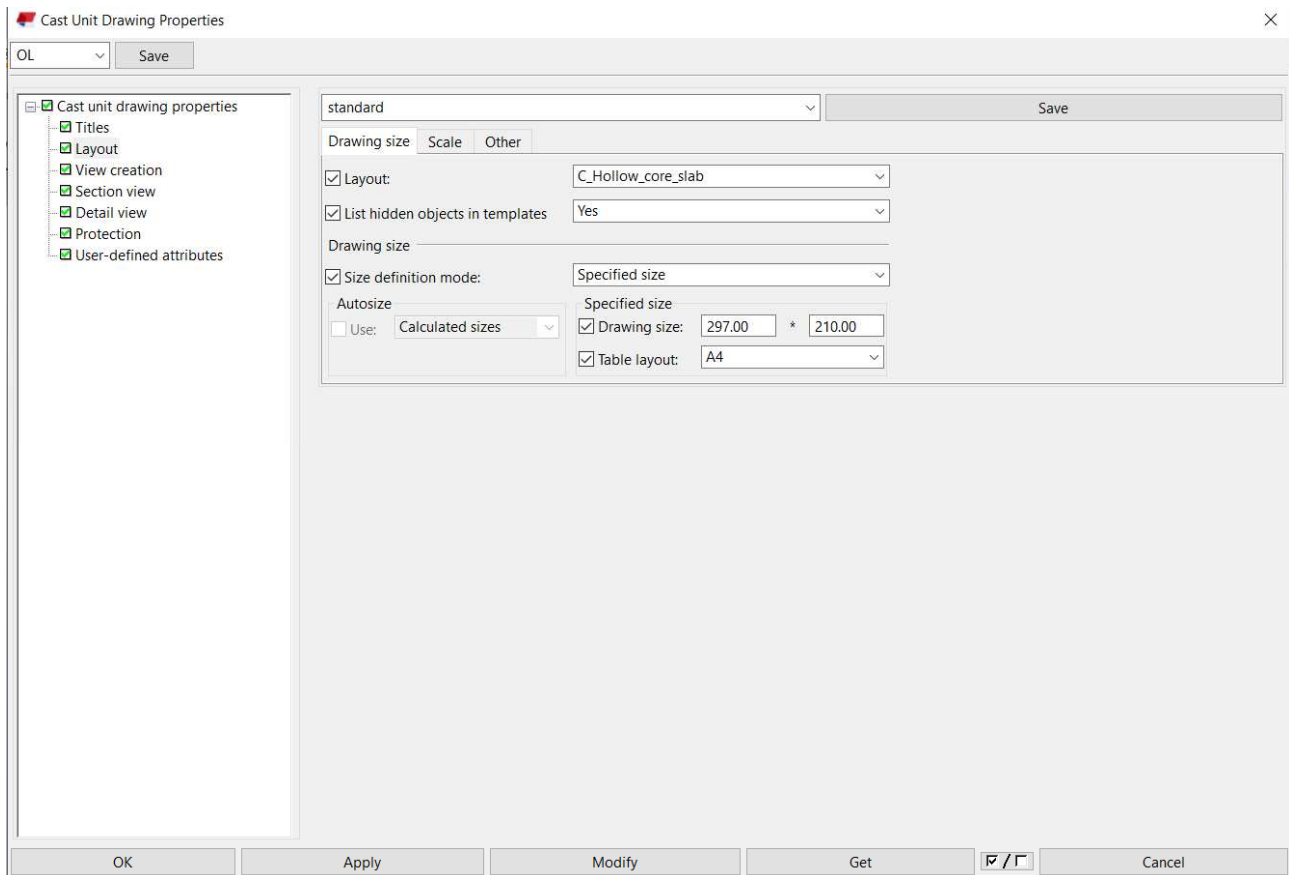
### 6.2.1 *Layout*-asetukset

Kuva-asetuksien muokkaaminen aloitettiin korjaamalla mittapiirroksen *layout*-asetukset. *Layout*-asetukset määrittävät piirustuksen kehykset ja piirustuksen sisältämät templatet. *Layout editorin* avulla päästään muokkaamaan piirustukseen tulevia templateja. Editorin oikealla näkyvät käytävissä olevat kaikki valmiit templatet sekä valittuun piirustus pohjaan kiinnitetyt templatet (Kuvio 22). Ontelolaattojen tapauksessa piirustukseen valittiin tarpeellisena vain haluttu ja muokattu nimiö sekä revisiotiedot.



Kuvio 22. *Layout editor*. (Aholaakko, 2021)

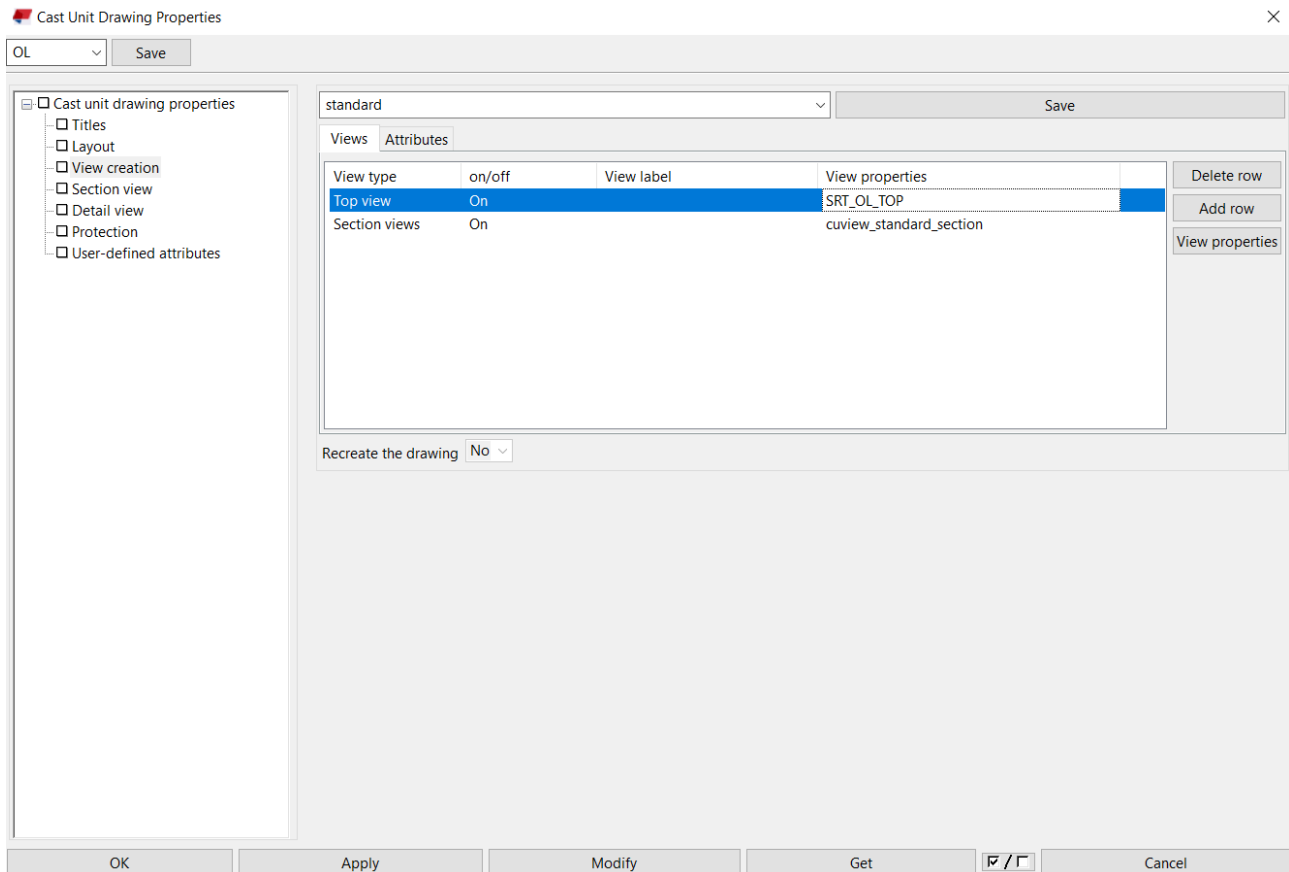
*Cast unit drawing properties* -valikon alta löytyy oma *layout*-alavalikko, jonka *drawing size* -välilehdeltä saadaan valittua käyttöön muokattu *layout* (Kuvio 23). Saman välilehden alta saadaan määritettyä haluttu paperikoko, joka ontelolaatan tapauksessa on A4. Seuraavan *scale*-välilehden alta saadaan määritettyä näkymien skaalautuminen piirustukseen. Päänäkymän skaalaksi ontelolaatalla valittiin 1:50. Hyvin pitkillä laatoilla voidaan joutua käyttämään 1:60 tai 1:70 skaalausta, että pysytään A4 kehysten sisässä. Poikkileikkausnäköm skaalaksi valittiin 1:20.



Kuvio 23. Drawing properties -valikon layout-alavalikko. (Aholaaako, 2021)

### 6.2.2 View creation -asetukset

*Drawing properties* -valikon alavalikko *view creation* määrittää piirustuksessa olevat näkymät (Kuvio 24). Oikealla olevista painikkeista pystytään poistamaan ja luomaan näkymiä. Vasemman reunan *view type* -pudotusvalikko määrittää näkymän tyyppin ja samalla katsomissuunnan. *View properties* -pudotusvalikosta saadaan valittua luodulle näkymälle halutut asetukset ja valittuja asetuksia pääsee muokkaamaan painamalla *view properties* -painiketta. Ontelolaatan tapauksessa näkymiksi valittiin *top view* eli näkymä, jossa laatta kuvataan suoraan ylhäältä päin ja ylänäkökuvan lisäksi kuvapohjaan otettiin *section view* eli poikkileikkausnäkökuvan. *Top view* -näkökuvan jouduttiin rakentamaan omat asetukset, mutta poikkileikkausnäkökuvan osalta todettiin, että vakioasetukset toimivat riittävän hyvin.



Kuvio 24. *View creation* -alavalikko. (Aholaakko, 2021)

### 6.2.3 *View creation* -kohdan *view properties* -asetukset

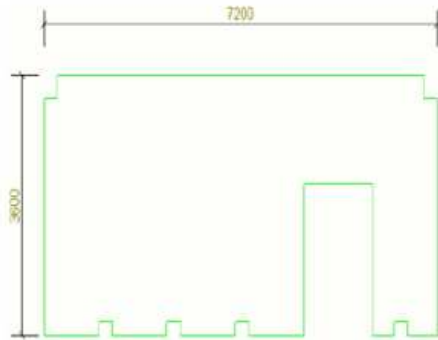
*View properties* -painikkeen alta löytyvät tärkeimpinä *filter*- ja *dimensioning*-alavalikot. *Filter*-valiosta saadaan määritettyä mitä kaikkea näkymässä esitetään. Tärkeimpänä tässä on huomioida, että *filter*-asetukset on säädetty niin, ettei ontelolaatan ylänäkökymästä suodatu pois vahingossa varauksia tai muuta olennaista. Saman *filter*-valikon alla pystytään myös luomaan suodattamia, joita voidaan hyödyntää automaattimitoituksen ohjauksessa.

### 6.2.4 Automaattimitoitus

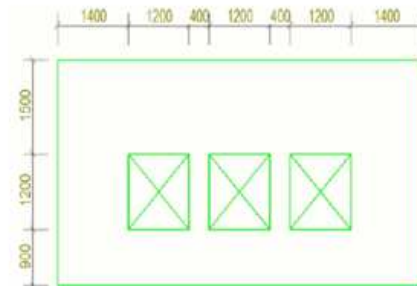
*Dimensioning*-alavalikossa määritetään näkymän automaattimitoituksen asetukset. Mitoitusasetus sääntöjä saadaan poistettua ja lisättyä vasemmalla olevista painikkeista. Säännön *dimensioning type* -pudotusvalikko määrittää kyseiselle säännölle mitoituksen perustyyppin. Perustyyppisiä mitoitukselle ovat *overall* -, *hole* -, *shape* -, *filter* -, *secondary parts* -, *recess* -, *grid* -, *spiral beam* – ja in-

*tegral dimensions* (Kuvio 25). *Properties*-pudotusvalikon alta saadaan halutessa asetettua eri ominaisuuksia mitoituksen perustyypeille. Näitä ominaisuuksia voidaan muokata ja luoda *Edit rule* -painikkeen kautta (Kuvio 26).

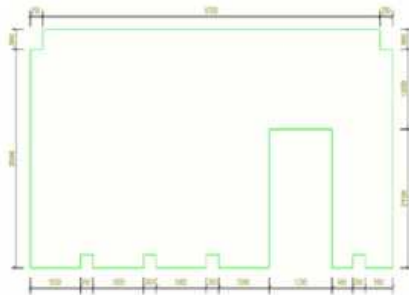
Overall dimensions



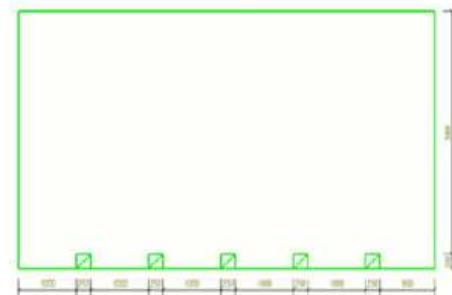
Holes



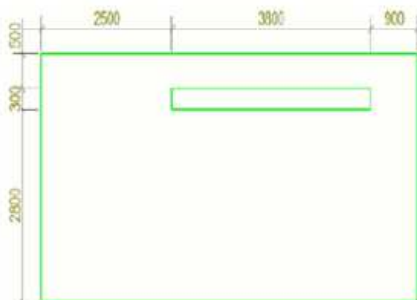
Edge shape



Recesses



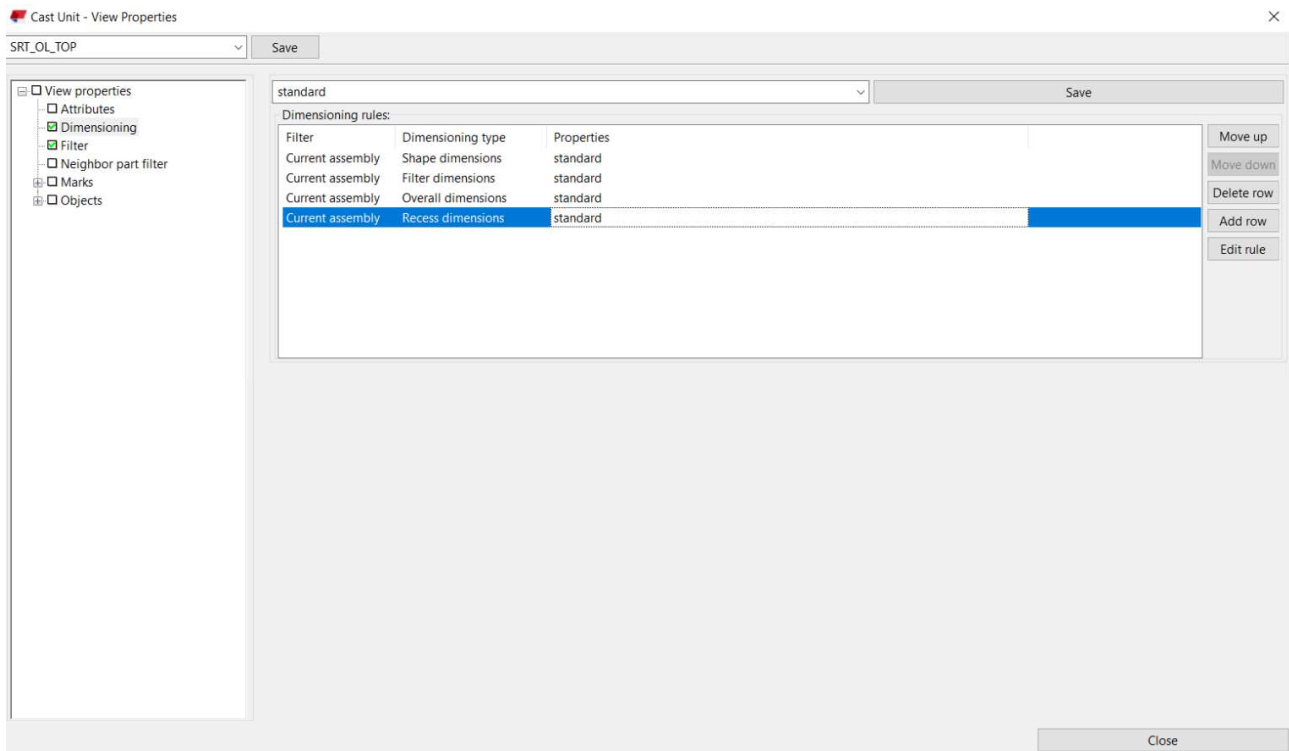
Secondary parts



Distance to grid



Kuvio 25. Mitoituksen perustyypejä. (Trimble Solutions Corporation, 2021)



Kuvio 26. *Dimensioning rules* -valikko. (Aholaakko, 2021)

*Edit rule* -painikkeen alta löytyvästä *dimensioning rule properties* -ikkunasta voidaan määrittää mille puolelle rakennosaa mittaviivat piirtyvät, mitoitussuunta ja mittapiirustuksessa näkyvien mittaviivojen ulkoasuasetukset (Kuvio 27). Valikon lisäasetuksista voidaan myös määrittää esimerkiksi lyhyin mitoitettava etäisyys ja mitoituksen alkupisteenä toimiva objekti. Valikon ulkoasu vaihtelee hieman mitoitustyyppin mukaan.



Dimensioning rule properties

SRT\_REIKÄ Save SRT\_REIKÄ Save As Help

What is dimensioned: Holes All holes

Dimension line locations and linking:

If you select both top and bottom, or left and right, dimensions are placed on the nearest side

Horizontal: Vertical:

Start point: → ↑

Vertical = Horizontal

Close lines:

Dimension to:

Round holes:

Dimension properties: SRT\_AUKKO  Same on all sides

Top SRT\_PYOREA\_REIKA Left SRT\_MITTATYYLI

Bottom SRT\_PYOREA\_REIKA Right SRT\_MITTATYYLI

<<

Measure from: Cast unit / Assembly Only concrete / steel parts

Bounding box

Combine on one line: Any holes of same size

Combine only objects that have the same:  X or Y coordinate  Z coordinate

Tolerance: 50.00

Preferred combining direction: X

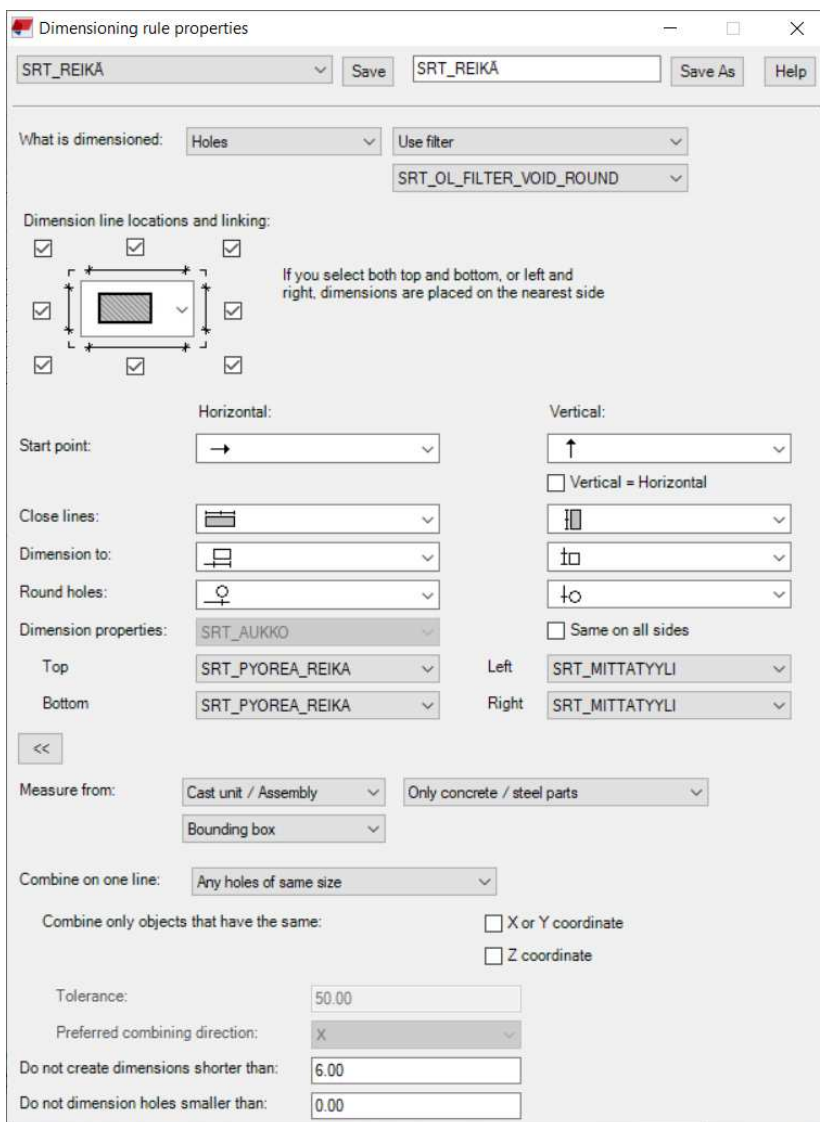
Do not create dimensions shorter than: 6.00

Do not dimension holes smaller than: 0.00

Kuvio 27. Mitoitussäännön ominaisuuksien muokkausikkuna. (Aholaakko, 2021)

Vakioasetuksilla kukin mitoitus tyyppi lähtee mitoittamaan jokaista tyyppin alle lukeutuvaa objektia tai asiaa samoilla tyyppille määritetyillä ominaisuuksilla. Ontelolaattojen tapauksessa tämä aiheuttaa ongelmia, sillä laatussa saattaa olla useampaa erityyppistä reikää, syvennystä tai mitoittettavaa

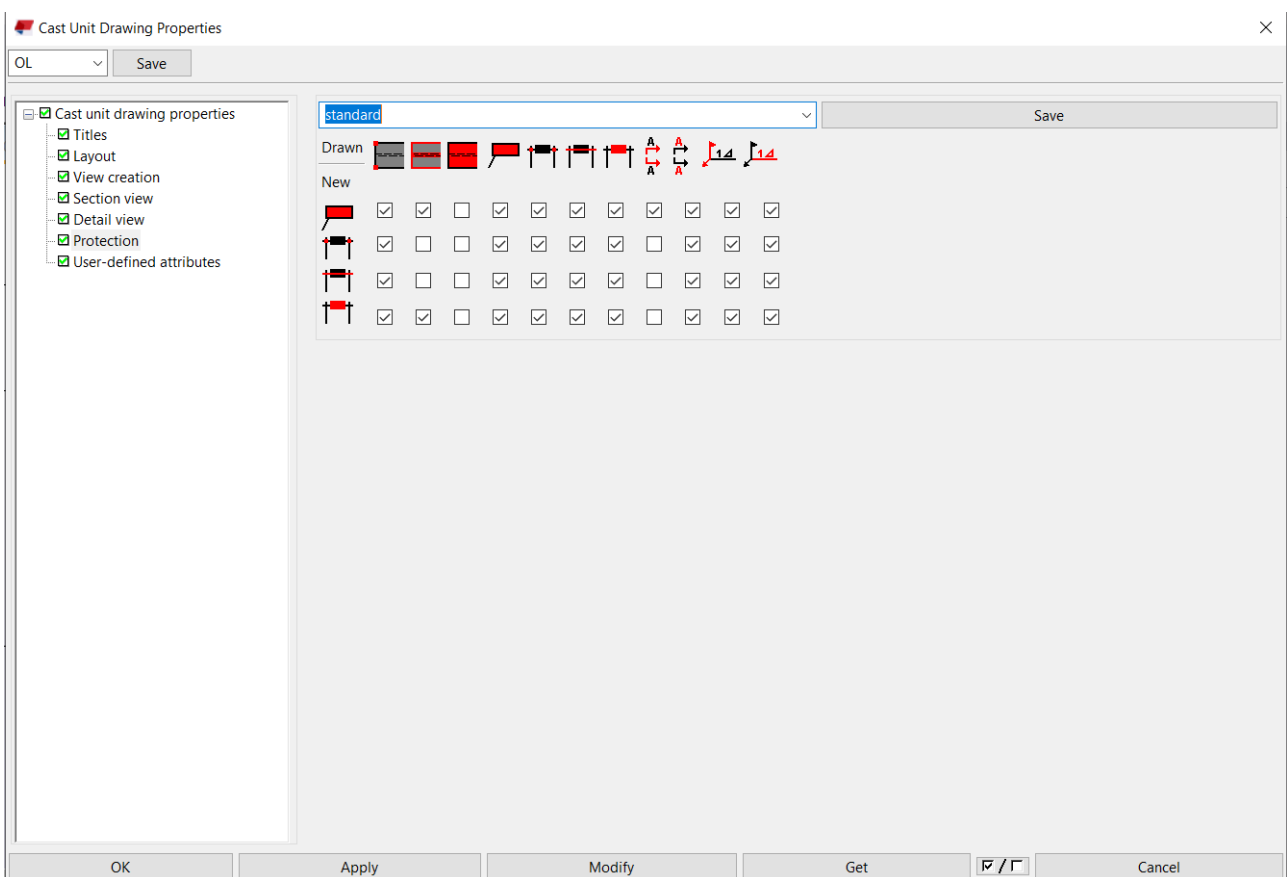
komponenttia, joiden mitoitus ja merkintätapa tahdotaan yksilöidä. Ratkaisuna ongelmaan voidaan hyödyntää *view filter* -asetuksia mitoitusominaisuuksien määrittämisessä. Tämä tapahtuu mitoitusominaisuuksien muokkausikkunassa (Kuvio 28). Kohtaan ”*What is dimensioned*” valitaan ”*all holes*” valinnan sijaan ”*use filter*” vaihtoehto. Tällöin alle aukeaa pudotusvalikko, josta voidaan valita käytettävä suodatin. Nämä suodattimet ovat samoja kuin mallinnusnäkyssä tai piirustusasetuksien alla luodut *view filter* -asetukset. Automaattimitoituksen kanssa päästiin parhaimpaan lopputulokseen, kun jokaiselle vakiovaraustyyppille, laattaan lisättävälle komponentille ja eriävälle reikätyypille luotiin yksittäiset *view filter* -asetukset sekä näiden avulla yksilöidut mitoitusominaisuudet.



Kuvio 28. Mitoitusominaisuuksien suodattaminen näkymien avustuksella. (Aholaa, 2021)

### 6.2.5 Protection-asetukset

*Protection*-alavalikosta pystytään määrittämään automaattimitoituksen luomien mittaviivojen rajoituksia ja suhteita (Kuvio 29). Tämän valikon asetuksilla on iso vaikutus luotujen kuvien luettavuuteen ja selkeyteen. Liian tiukalle asetetut rajoitukset aiheuttavat mittapiirustukseen mittaryppäitä ja ilman mitään rajoituksia mittaviivat leikkailevat toisiaan tai tulevat mitoitettavan objektin päälle. Toimivin yhdistelmä riippuu pitkälti käytetyistä mitoitusominaisuuksista ja parhaaseen lopputulokseen päädyttiin kokeilemalla eri yhdistelmiä läpi.

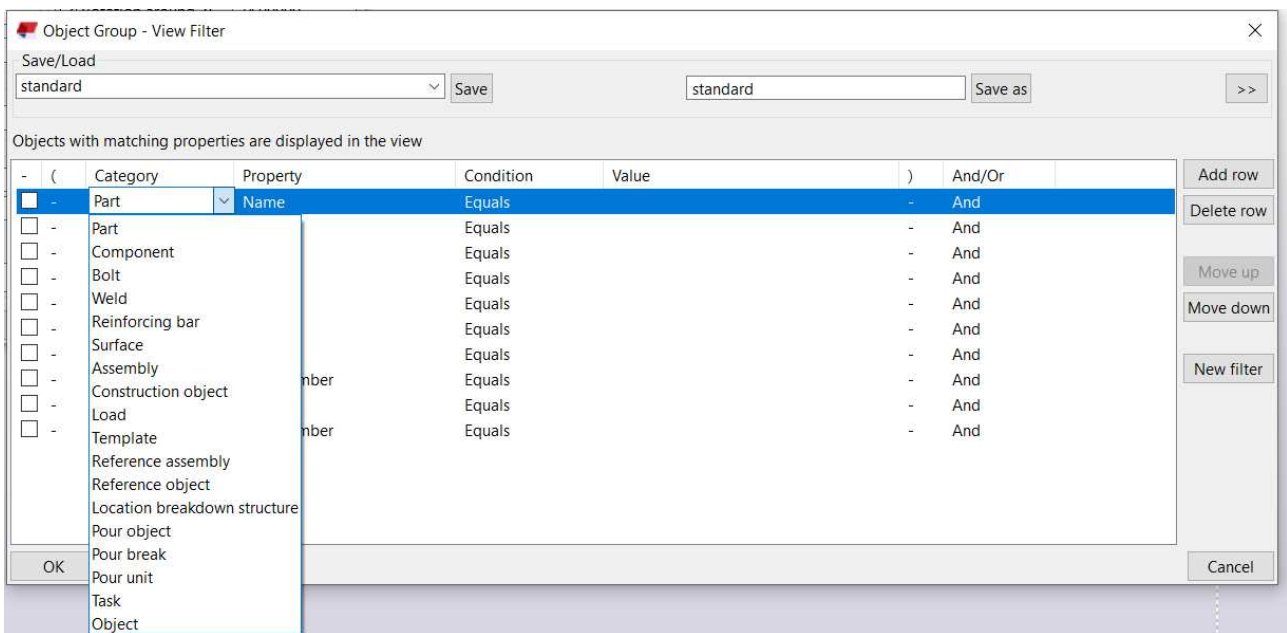


Kuvio 29. Mittaviivojen suojausasetukset. (Aholaakko, 2021)

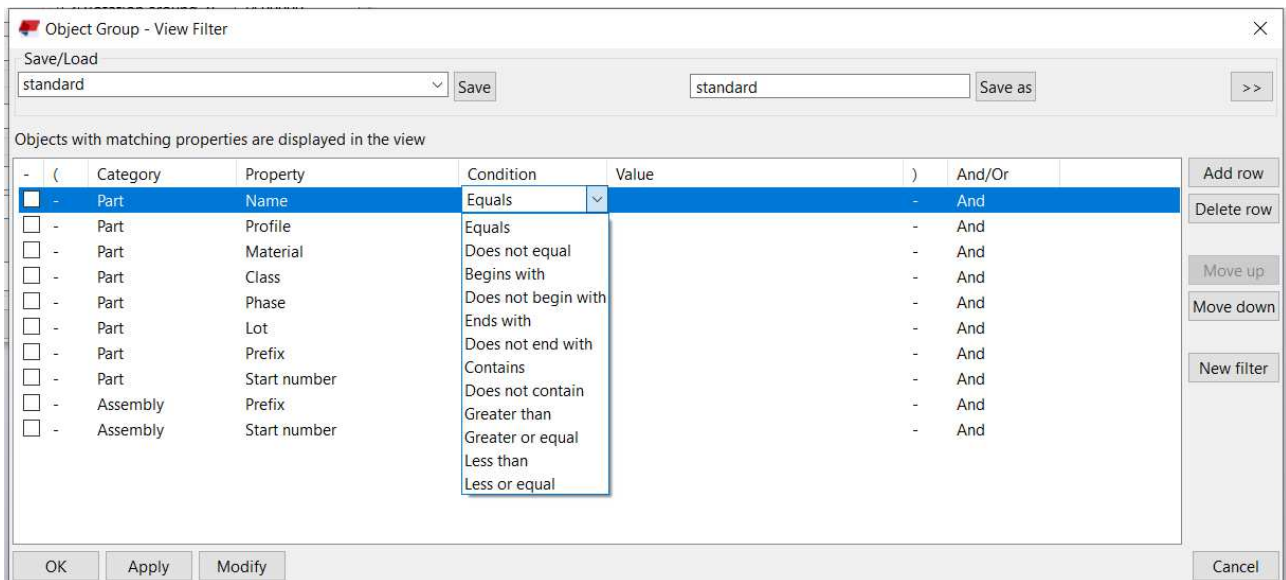
### 6.2.6 View filter -asetusten luonti

Näkymäsuodattamien luonti tapahtuu joko *View properties* -valikon *Object group* -painikkeen takaa, tai piirustusasetuksien kautta *filter*-valikossa. Suodatinasetukset koostuvat useista toisiinsa liitettävistä säännöistä. Säännön luonti aloitetaan määrittämällä kategoria, jonka pohjalta sääntö

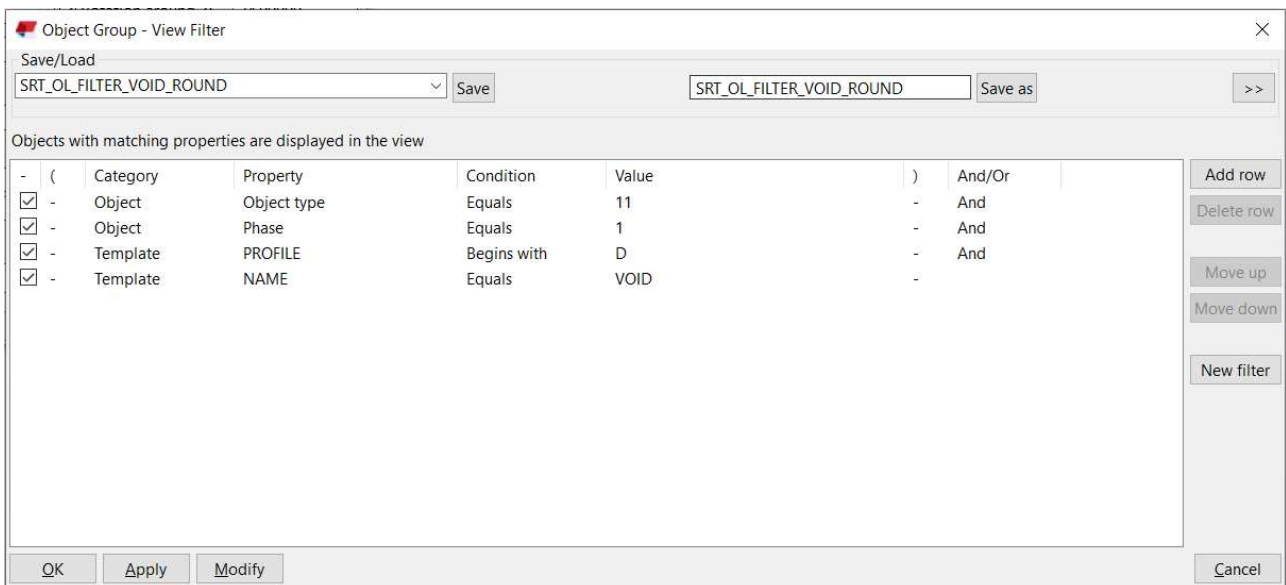
osaa lähteä etsimään mallista haluttuja ominaisuuksia ja rajata pois turhia ominaisuuksia (Kuvio 30). Seuraavasta sarakkeesta saadaan valittua haluttu ominaisuus, jota sääntö käsittelee. *Property*-pudotusvalikko listaa kaikki mahdolliset mallista löytyvät ominaisuudet, jotka lukeutuvat valitun kategorian alle. *Condition*- ja *value*-sarakkeet määrittävät säännölle ehdon, jota valitun ominaisuuden tulee noudattaa tai muutoin objekti lukeutuu suodattimen ulkopuolelle (Kuvio 31). Näin suodatin saadaan tarvittaessa ohjattua etsimään hyvin yksityiskohtaisesti objekteja rakennemallista (Kuvio 32). Valikon kaksi viimeistä saraketta vaikuttavat sääntörivien välisiin suhteisiin. *And/Or*-pudotusvalikosta saadaan "And" valinnalla luotua useista säännöistä muodostuvia ketjuja, joissa jokaisen rivin ehdon tulee täytyä samanaikaisesti, että objekti tai haettava asia lukeutuu säännön alle. "Or" valinnalla voidaan luoda sääntöjä, joissa riittää, että toinen ehdoista täyttyy. Tämän sarakkeen valinta kuvaa aina rivin suhdetta alapuoleiseen riviin. Toiseksi viimeiseen sarakkeeseen voidaan asettaa sulkuja. Sulkujen avustuksella rivien välisien suhteiden lukujärjestyksestä saadaan tarkennettua lisää tarvittaessa.



Kuvio 30. Suodatinasetuksen kategoriat. (Aholaakko, 2021)



Kuvio 31. Ehtojen muodostaminen näkymäsuodattimelle. (Aholaakko, 2021)



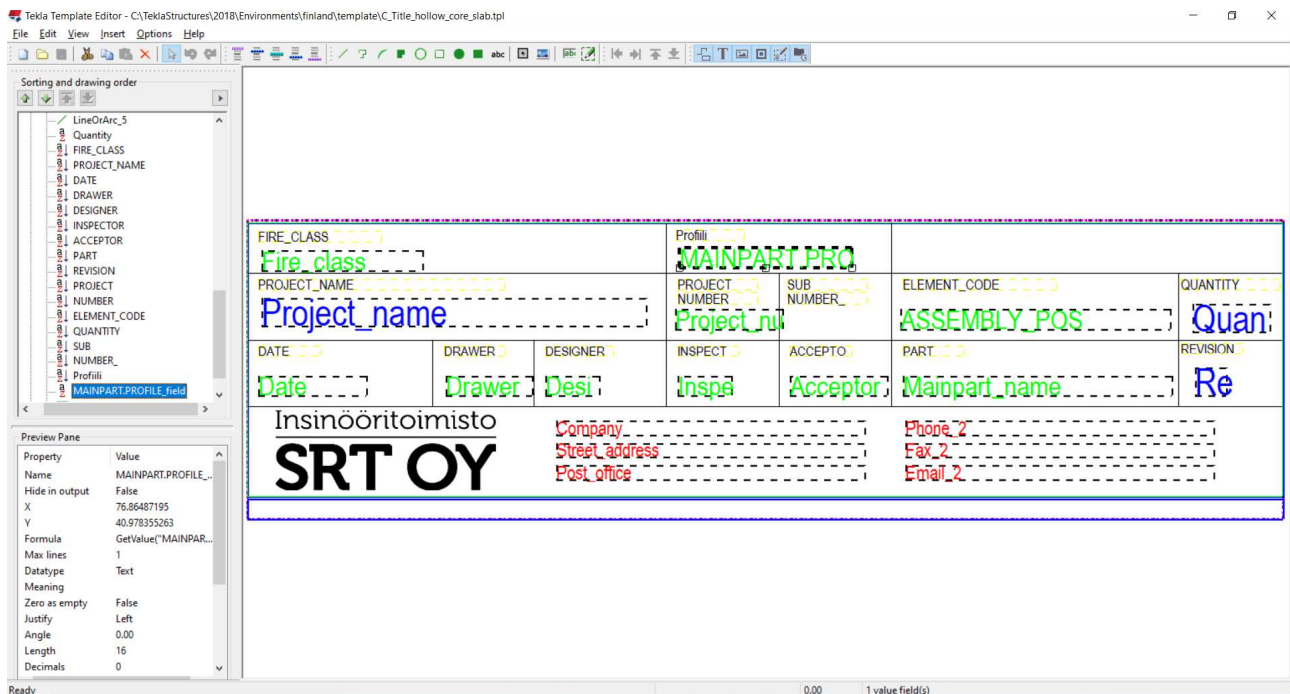
Kuvio 32. Esimerkki *View filter* -asetuksista pyöreälle reiälle. (Aholaakko, 2021)

*View filter* -asetuksien luominen on automaattimitoituksen toimivuuden kannalta tärkein osa-alue ontelolaattojen mittapiirroksien luomisessa. Tämän takia on erityisen tärkeää, että mallin sisällä komponentit ja varaukset ovat mallinnettu yhdenmukaisesti, muuten haluttujen varausten kerääminen saman asetuksen alle muuttuu hankalaksi. *View filter* -asetuksien luominen on myös hidasta, tästä syystä lähtötietoina käytettyjen rakennemallien tulisi olla keskenään samankaltaisia,

riippumatta mallintajasta. Jos jokaisen projektin kohdalla suodattamien luonti joudutaan aloittamaan alusta, koko prosessin kannattavuus laskee huomattavasti.

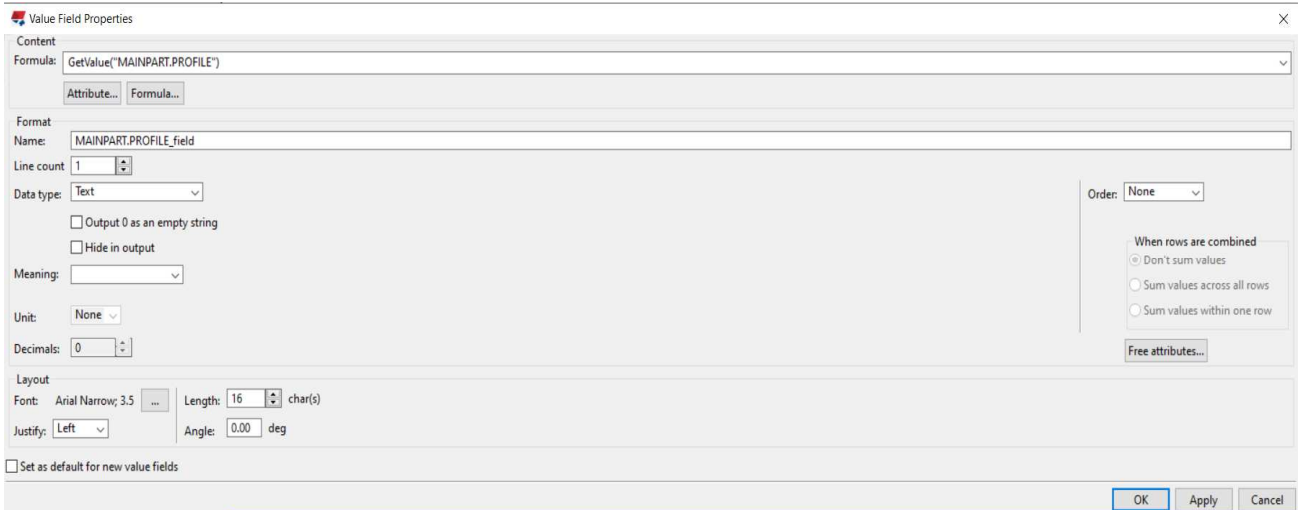
### 6.2.7 Nimiön muokkaaminen *template editorilla*

*Template editorin* saa auki Teklassa, joko vasemman yläkulman *Menu*-valikon alta löytyvästä *Editors*-alavalikosta, tai avaamalla jonkin luodun piirustuksen ja näpäyttämällä nimiötä kahdesti kursorilla. Mittapiirustuksen nimiö koostuu yleensä erilaisista arvokentistä, jotka sisältävät tietoja piirustuksen tekijästä, rakenneosasta ja rakennuskohteesta. Näiden lisäksi nimiöstä löytyy myös kuvan valmistaneen yrityksen logo (Kuvio 33).



Kuvio 33. Näkymä *Template editorista*. (Aholaa, 2021)

Arvokenttien muokkaaminen onnistuu vasemmalta listasta tai suoraan nimiöstä tuplaklikkaamalla, ja yläpaneelin *insert*-valikosta voidaan luoda uusia arvokenttiä. Arvokenttä koostuu kaavasta, joka käsittelee yhtä tai useampaa ominaisuutta. Yleisin arvokentän käyttötapana on noutaa mallista jokin yksittäinen arvo. Tällöin kaava muodostuu yhdestä "GetValue" toiminnosta (Kuvio 34). Tämän tyyppisiä arvokenttiä hyödyntämällä ontelolaattanimiöön saadaan tuotua suurin osa tarvittavista tiedoista.



Kuvio 34. Yksinkertaisen arvokentän asetukset. (Aholaakko, 2021)

Ontelolaatan tunnuksen tapauksessa arvokentälle määritetään useista toiminnoista muodostuva kaava. Tunnus muodostetaan laattatyyppistä, punosmäärästä ja laatan tunnusnumerosta. Laattatyyppi ja -numero saadaan haettua suoraan samaa "GetValue" toimintoa käyttämällä, mutta käyttäjän laatalle syöttämä "STRAND\_INFO" attribuutti ei löydy suoraan *template editorin* valikoi-  
masta. Attribuutti saadaan lisättyä käytettävien joukkoon paikantamalla Tekla Structures -  
asennuskansion sisältä *contentattributes\_userdefined.lst* -tiedosto. Tämä tiedosto määrittelee  
*template editorin* sisältämien arvokenttien käytössä olevat muuttujat, ja käyttäjä voi halutessaan  
lisätä tiedoston sisälle omia muuttujia. "STRAND\_INFO" lisätään "Cast Unit attributes" kohdan alle,  
jonka jälkeen *template editorin* puolella punosmäärä saadaan tulostautumaan suoraan mittapiir-  
roksen tunnukseen (Kuvio 35).

Value Field Properties

Content

Formula: `GetValue("CAST_UNIT_PREFIX")+ "-" + GetValue("USERDEFINED.STRAND_INFO")+ "-" + GetValue("CAST_UNIT_SERIAL_NUMBER")`

Attribute... Formula...

Format

Name: ASSEMBLY\_POS

Line count: 1

Data type: Text

Output 0 as an empty string

Hide in output

Meaning:

Unit: None

Decimals: 0

Order: Ascending

When rows are combined

Don't sum values

Sum values across all rows

Sum values within one row

Free attributes...

Layout

Font: Arial Narrow; 3,5 Length: 25 char(s)

Justify: Left Angle: 0.00 deg

Set as default for new value fields

OK Apply Cancel

Kuvio 35. Esimerkki ontelolaatan tunnuksen kaavasta. (Aholaakko, 2021)



## 7 Pohdinta ja yhteenveto

Mallipohjainen ontelolaattasuunnittelu avaa monia mahdollisuuksia. Ontelolaattojen mittakuvat voidaan tuottaa tarvittaessa vasta laattavalmistajan tarjoaman raudoitus suunnittelun yhteydessä. Kuviin saadaan lisättyä raudoitus suunnittelun yhteydessä merkintöjä, jotka tavallisesti lisättäisiin vasta kuvien luomisen jälkeen. Tämä vähentää mittakuvien ylimääräistä läpikäyntiä ja nopeuttaa koko ontelolaattasuunnittelun prosessia. Laattavalmistajan tarjoamalla raudoitus suunnittelulla on myös tarkin tieto valmistajan käytänteistä ja toiveista. Tästä syystä onkin järkevää, että tuotannossa käytettävät mittapiirustukset tehtäisiin ontelolaattojen raudoitus suunnittelun yhteydessä. Mittapiirustusten tuottamisen siirtyessä myös lähemmäksi laattojen valmistusajankohtaa, tarve muutoksille vähenee.

Tekla Structures -ohjelman sisällä, ontelolaattojen valmistussuunnitelmien tuottamisen kannattavuus pohjautuu nopeuteen ja automatisaatioon. Tämä saavutetaan asettamalla piirustus- ja mitoitusasetukset niin, ettei kuvia tarvitse muokata piirustusten luomisen jälkeen enää manuaalisesti. Ontelolaattojen mallinnuksen johdonmukaisuuden tärkeys kohosi erittäin merkittävään asemaan kehitystyön edetessä. Asetukset ovat mahdollista säätää vain niin tarkaksi kuin lähtötietomallin mallinnuksen tarkkuus sallii. Monet ongelmakohdat kehitystyössä johtuivat lähtötietomallin puutteellisista tai eriävistä mallinnuskäytänteistä ja -työkaluista.

Mittakuvan piirustus pohjan luomisessa automaattimitoitusasetuksien luominen ja säätäminen vei ajallisesti erittäin suuren osan käytetystä ajasta. Tämä entisestään korostaa lähtötietomallien yhdenmukaisuuden tarvetta. Koko prosessin kannattavuus romahtaa, jos jokaisen kohteen aloituksessa asetukset joudutaan luomaan tyhjästä tai mukauttamaan vastaamaan uutta mallia. Kohteiden välisten mallien tasalaatuisuuden varmistamiseksi, laattavalmistajien olisikin hyvä julkaista oma mallinnusohje täydentämään BEC 2012 elementtisuunnittelun mallinnusohjetta. Tällöin piirustus- ja mitoitusasetukset saadaan asetettua tämän mallinnusohjeen mukaisesti kerralla kuntoon.

Piirustusasetuksien muokkaamisella ja kehittämisellä saadaan ajallisesti selvää säästöä laattasuunnittelun prosessissa. Noin 110:n laatan vertailutasossa, alkuperäisiä asetuksia käyttäen, puolet laatoista vaativat mittojen käsin korjailua. Korjatuilla ja luoduilla uusilla asetuksilla, käsin korjattavien mittakuvien määrä tippui viiteen laattaan.

## Lähteet

Betoniteollisuus ry, BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje, 2012. Mallinnusohje. Päivitetty 20.5.2016. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23852/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje%20\(1\).pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23852/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje%20(1).pdf)

Betoniteollisuus ry, BEC hollow core tools. 2021. Verkkosivu. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: <https://warehouse.tekla.com/#!/catalog/details/bdd01e3c-adad-453b-b93a-f6cea340f449>

Betoniteollisuus ry, Ontelolaatat. 2010. Verkkosivusto. Päivitetty 30.9.2020. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>

Betset Yhtiöt, Ohje ontelolaattojen numerointiin Teklalla. 2020. Ohje. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: <https://betset.fi/wp-content/uploads/2020/09/Betset-Ohje-ontelolaattojen-numerointiin-Teklalla.pdf>

Betoniteollisuus ry, Ontelolaataston suunnitteluohje, 2012. Suunnitteluohje. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: <https://betset.fi/wp-content/uploads/2018/01/ontelolaatastojen-suunnitteluohje.pdf>

Betset Yhtiöt, Ontelolaattojen suunnitteluohje. 2021. Suunnitteluohje. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: <https://betset.fi/wp-content/uploads/2021/02/Betset-Ontelolaattojen-suunnitteluohje.pdf>

Parma Oy, Parman ontelolaatatot. 2013. Suunnitteluohje. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/18814\\_18814\\_PARMA\\_ontelolaatatot\\_suunnitteluohje\\_031213.pdf](https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/18814_18814_PARMA_ontelolaatatot_suunnitteluohje_031213.pdf)

SFS-EN 1168 + A3:2012. Betonivalmisosat. Ontelolaatat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Suomen Betoniyhdistys – Leskelä, Matti 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus, by 210. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Trimble Solutions Corporation, Assembly drawings. Verkkosivusto. Päivitetty 29.4.2021. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra\\_assembly\\_drawings](https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra_assembly_drawings)

Trimble Solutions Corporation, Cast unit drawings. Verkkosivusto. Päivitetty 29.4.2021. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra\\_cast\\_unit\\_drawings](https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra_cast_unit_drawings)

Trimble Solutions Corporation, Creating a view or selection filter for tasks. Verkkosivusto. Päivitetty 20.10.2017. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/fi/190/en/tm\\_creating\\_task\\_filter](https://teklastructures.support.tekla.com/fi/190/en/tm_creating_task_filter)

Trimble Solutions Corporation, General arrangement drawings. Verkkosivusto. Päivitetty 29.4.2021. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra\\_general\\_arrangement\\_drawings](https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra_general_arrangement_drawings)

Trimble Solutions Corporation, Introduction to Tekla Structures user interface. Verkkosivusto. Päivitetty 29.4.2021. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/fi/2021/en/gen\\_interface\\_overview](https://teklastructures.support.tekla.com/fi/2021/en/gen_interface_overview)

Trimble Solutions Corporation, Environments. Verkkosivusto. Päivitetty 20.10.2017. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/cs/191/en/gen\\_environments](https://teklastructures.support.tekla.com/cs/191/en/gen_environments)

Trimble Solutions Corporation, Mitä on BIM? Verkkosivusto. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/mita-bim>

Trimble Solutions Corporation, Single part drawings. Verkkosivusto. Päivitetty 29.4.2021. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra\\_single\\_part\\_drawings](https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/dra_single_part_drawings)

Trimble Solutions Corporation, Work with views. Verkkosivusto. Päivitetty 10.4.2020. Viitattu 11.1.2021. Saatavilla: [https://teklastructures.support.tekla.com/2020/en/mod\\_views](https://teklastructures.support.tekla.com/2020/en/mod_views)

