



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BETONIELEMENTTIRAKENTEIDEN TIETOMALLINNUS

Seinäelementtien mallinnusohje Tekla Structures - ohjelmistolla

TEKIJÄ/T: Jesse Hiltunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jesse Hiltunen	
Työn nimi Betoniväli- ja ulkoseinäelementtien mallinnusohje -Tekla Structures	
Päiväys 12.02.2019	Sivumäärä/Liitteet 39/43
Ohjaaja(t) Rakennetekniikan yliopettaja, TkT Arto Puurula ja lehtori, Ville Kuusela	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia Ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Savonia-ammattikorkeakoululle betonisten väli- ja ulkoseinäelementtien mallinnusohje. Mallinnuksessa käytettäisiin Tekla Structures -ohjelmistoa. Mallinnusohjeen avulla, varsinkin rakennustekniikkaa opiskeleva aloitteleva mallintaja pystyisi mallintamaan tavallisia betoniväli- ja ulkoseinäelementtejä itsenäisesti. Tavoitteena oli, että ohjetta voisi hyödyntää Savonia-ammattikorkeakoulussa opetusmateriaalina tai opiskelija voisi käyttää sitä myös itsenäiseen harjoitteluun.</p> <p>Aluksi perehdyttiin lähdemateriaaliin, joka käsitteli betonielementtirakentamista ja tietomallintamista. Erityisesti perehdyttiin suunnitteluprosessiin, normeihin ja standardeihin sekä Tekla Structures -ohjelmiston käyttöön osana elementtisuunnittelua. Lähtötiedot mallinnusohjetta varten suunniteltiin tilaajan, eli rakennetekniikan yliopettaja Arto Puurulan kanssa. Suunnitelmien pohjalta saatiin kokonaisuus, jonka mallinnusohjeet tulisivat sisältää ja päätettiin myös, millaisessa muodossa ohjeet olisivat. Tilaajan kanssa päädyttiin ratkaisuun, jossa mallinnusohje tehtiisiin video- ja paperimuodossa. Tämän jälkeen aloitettiin videon rakenteen suunnittelu sekä toteutus.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tuloksena Savonia-ammattikorkeakoululle tuotettiin betonisten väli- ja ulkoseinien mallinnusohjeet käyttäessä Tekla Structures -ohjelmistoa. Mallinnusohjeista voidaan todeta, että ohjeet ovat aloittelijaystävälliset, johdonmukaiset ja sisältävät kaiken tarvittavan tiedon tavallisten seinäelementtien mallintamista varten. Voidaan myös olettaa, että aloitteleva mallintaja pystyy mallintamaan betoniseinäelementtejä itsenäisesti.</p>	
Avainsanat Tekla Structures, betonielementtirakentaminen, tietomallintaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Jesse Hiltunen			
Title of Thesis Modeling Instructions for Concrete Partition and Outer Wall - Tekla Structures			
Date	12.02.2019	Pages/Appendices	39/43
Supervisor(s) Mr Arto Puurula, PhD, Principal Lecturer in Structural Engineering and Mr Viljo Kuusela, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Mr Arto Puurula, PhD, Principal Lecturer in Structural Engineering / Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The goal of this final thesis was to create modelling instructions for concrete partition and outer walls for Savonia University of Applied Sciences by using Tekla Structures for modelling. With the modelling instructions, especially a beginner student whose field of study is construction engineering would be able to model regular concrete partition and outer walls by him/herself. The aim was that the instructions could be used as a teaching material at Savonia UAS or that a student could use it for independent practice.</p> <p>Familiarization with the source material about concrete construction and building information modelling (BIM) was done first. The focus was especially on the planning process, norms and standards and on the use of the Tekla Structures software as part of the element planning. The data for the modelling instructions was planned together with the client. Based on the plans, the contents of the modelling instructions were created. The format in which the modelling instructions could be was decided together with the client and the solution was that the instructions will be in video and paper format. After that the planning and implementation for the structure of the video was started.</p> <p>As a result of this thesis, the modelling instructions for concrete partition and outer walls when using the Tekla Structures- software was produced for Savonia University of Applied Sciences. The modelling instructions were found beginner-friendly, consistent and containing all the necessary information to design wall elements. For a beginner in modelling it will be easy to design wall elements by him/herself using these instructions.</p> <p>.</p>			
Avainsanat Tekla Structures,concrete partition, BIM			

ESIPUHE

Haluan kiittää erityisesti rakennetekniikan yliopettaja Arto Puurulaa mielekkästä aiheesta sekä ohjauksesta ja auttamisesta opinnäytetyöni parissa. Kiitos myös kaikille opiskelijoille, jotka ovat antaneet rakentavaa palautetta työstäni ja auttaneet näin kehittämään opinnäytetyötäni.

Kuopiossa 07.03.2019

Jesse Hiltunen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Tausta ja tavoitteet	8
1.2	Rajaukset	8
2	BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN	9
2.1	Historia	9
2.2	Standardisointi ja BES-järjestelmä	11
2.3	Rakenteiden kehitys	12
2.3.1	Runkorakenteiden kehitys	12
2.3.2	Julkisivujen kehitys	12
2.3.3	Materiaalitekniikan kehitys	12
2.3.4	Suunnittelun kehitys	12
2.3.5	Valmistustekniikan kehitys	13
2.4	Betonielementtirakentaminen vuonna 2019	13
3	RAKENNUKSEN TIETOMALLINTAMINEN	14
3.1	Mikä on tietomalli?	14
3.1.1	3D ja 2D CAD-suunnittelun erot	15
3.2	Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012)	17
3.2.1	Tietomallivaatimukset rakennesuunnittelijoille	17
3.3	BEC 2012 – Elementtisuunnittelu	24
3.4	TELU 2012 - Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo	25
3.5	Tekla Structures – tietomallinnusohjelma	26
4	YLEISTÄ TIETOA BETONIVÄLI-JA ULKOSEINÄELEMENTEISTÄ	28
4.1	Betoniset seinäelementit	28
4.2	Betonisten väli- ja ulkoseinäelementtien mittasuositukset ja sähköistys	28
4.3	Nostolenkit ja niiden sijainnin määrittäminen	29
4.4	Lisätietoa nostolenkeistä	31
5	MALLINNUSOHJEIDEN TEKEMINEN	33
5.1	Rakenne ja ulkoasu	33
5.2	Sisällön tuottaminen	35
5.2.1	Tärkeimmät työkalut	35
6	POHDINTA	37

LÄHTEET 38

LIITTEET 39

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

3D	Kolmiulotteinen grafiikka, tietokonegrafiikka, joka on sisäisesti mallinnettu kolmen Tilaulottuvuuden suhteen
BIM	Building Information Model, tietomallintaminen
BEC	Betonielementtirakenteiden suunnittelun yhtenäistämiseksi ja ohjeistukseen tehty teos
BES	Suomessa laadittu betonielementtistandardi, sisältää suosituksia betonielementtirakenteiden rakenneratkaisuista ja detaljeista
COBIM	Kehittämishanke, jonka tulos oli YTV 2012
IFC	Industry Foundation Classes, tietomallien tiedonsiirtoon yleisin käytetty tiedostomuoto
Rakennemalli	Rakennesuunnittelun pohjalta laadittu tietomalli, sisältää rakenneosien rakenne- ja tuotetietoa
Tekla Structures	Rakennusten tietomallinnukseen kehitetty ohjelmisto
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Savonian Ammattikorkeakoulu. Valitsin aiheen oman kiinnostukseni mukaan. Koulu tarvitsee materiaalia etäopetusta ja opiskelijoiden itseopiskelua varten, joten tämä työ tulee tilaajan omien sanojen mukaisesti tarpeeseen. Voin myös samalla kehittää omaa osaamistani Tekla Structures – ohjelmiston kanssa.

Tavoitteena on tehdä mallinnusohje betonisille väli- ja ulkoseinäelementeille Tekla Structures – ohjelmistolla. Sen avulla jopa ensimmäistä kertaa ohjelmistoa käyttävä oppii mallintamaan yksinkertaisia betonisia väli- ja ulkoseinäelementtejä itsenäisesti. Ohje tulee olemaan videomuodossa ja sen lisäksi tulee myöskin ohjeet tekstimuodossa ja se sisältää myös aikaleimat videon eri kohtiin, jotta seuraaminen ja halutun kohdan etsiminen videosta olisi mahdollisen helppoa.

1.2 Rajaukset

Mallintaminen tehdään Tekla Structures – ohjelmistolla. Ohjeen betonielementtiseinät ovat maanpinnan yläpuolella olevia seiniä, eli maanpaineseniä ei käsitellä. Paikallavalettuihin seinien mallintamiseen ei tulla puuttumaan tässä opinnäytetyössä. Ohje tulee henkilöille, joilla ei ole juurikaan betonielementtien mallintamisesta kokemusta, joten seinärakenteet pyritään pitämään yksinkertaisina. Erikoisiin seinärakenteisiin ei tässä opinnäytetyössä puututa.

2 BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN

2.1 Historia

Mistä tahansa lähtee etsimään tietoa kuuluisista varhaisista betonirakenteista, on ensimmäinen vaihtoehto poikkeuksetta Rooman Pantheon, kaikkien jumalien temppeli. Se toimii nykyään katolisena kristillisenä kirkkona. Sen kupoli on maailman suurin raudoittamattomasta betonista rakennettu kupoli, halkaisijaltaan 43,44 metriä. (fi.wikipedia.org)



KUVA 1. Rooman Pantheon (traveldaily.com 2018-05-08)

Betonia ryhdyttiin käyttämään 1800-luvulla uudelleen, kun keksittiin Portland-sementti. Ensin sitä käytettiin sideaineena kivimuurien laastisaumoissa, mutta myöhemmin siihen yhdistettiin sementtiä, hiekkaa, soraa ja vettä, jonka lopputulos oli kivimäinen rakenne. Käyttö levisi nopeasti 1900-luvulla. Suomessa betonin vanhimpia käyttökohteita ovat valetut portaikot, jotka ovat edelleen käytössä lähes kaikissa vuosisadan vaihteen kivitaloissa. (Elementtisuunnittelu.fi)

Tieto betonin käytöstä rungon rakentamiseen levisi maailmanlaajuisesti Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900. Helsinkiin nousi nopeasti aikansa uutta betoniarkkitehtuuria ja -tekniikkaa edustavia julkisia rakennuksia, mm. Rautatieasema (kuva 2), Eduskuntatalo ja Stockmann. (Elementtisuunnittelu.fi)



KUVA 2. Helsingin Rautatieasema (JUUTI 2014-01-04)

1900-luvun alussa teollistuminen ja kaupungistuminen Suomessa edellyttivät rakentamista, mikä toteutettiin nuoren betonitekniiikan avulla. Betoni otettiin käyttöön kaikilla rakentamisen osa-alueilla. Arvostettuja esimerkkejä ovat esimerkiksi Töölö taloineen sekä stadion. Betoni teki myös aluevaltausta tie- ja liikennejärjestelyyn, vesi- ja viemärintijärjestelmien sekä teollisuuden ja tuotannon rakentamisen yhteydessä. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kaupunkien ja kuntien viemäriputkistot sekä n. 400 vesitornia on rakennettu betonista. (elementtisuunnittelu.fi)

Elementtitekniikkaa tutkittiin maailmalla jo ennen toista maailmansotaa. Sodan tuhojen korjaaminen lisäsi kysyntää ja koska talous oli eri maissa huonossa kunnossa, etsittiin mahdollisimman tehokasta ja taloudellista rakennustapaa. Ratkaisu löytyikin elementtirakentamisesta. Suomessa betoniteollisuutta alettiin kehittää elementtitekniologian avulla 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa. Tunnetuimpia varhaisia täyselementtirakennuksia on arkkitehti Aarne Ervin suunnittelema Helsingin Yliopiston Port-hania-rakennus. (elementtisuunnittelu.fi)

Suomalaisen betonirakentamisen kritisoiu jakso ajoittuu 1960-70-luvun lähiöihin. Muuttovirta maalta kaupunkiin, elinkeinorakenteen muutos ja työpaikkojen keskittymien kaupunkiin asettivat uusia haasteita, koska täytyi rakentaa nopeasti edullisia ja varustetasoltaan hyviä asuntoja. (elementtisuunnittelu.fi)

1973-1974 asuinrakentamisen kysyntä huipentui tavalla, jota ei ole ennen koettu. Tätä vaihetta kutsuttiin rakentamisessa "hulluiksi vuosiksi". Suomeen rakennettiin 1974 n. 73 000 uutta asuntoa, mikä oli Suomen väkilukuun nähden ennätysvauhtia: 1,7 asuntoa tuhatta asukasta kohti. (Hytönen & Seppänen 2009, 99)

Tämä kaikki oli mahdollista BES-järjestelmän ansiota, joka teki Suomesta edelläkävijän avoimen elementtijärjestelmän käytössä. Kuitenkin suurin osa tuon aikakauden julkisivuista on vaatinut peruskorjausta. Se johtuu siitä, että tieto betonin kestävyystekijöistä kuten lämpökäsittely, raudoituksen korroosion ja pakkasen kestävyys oli saatu melko lyhyeltä ajanjaksolta. (elementtisuunnittelu.fi a; Hytönen & Seppänen 2009, 98)

2.2 Standardisointi ja BES-järjestelmä

Betonielementtirakentamisen kasvaessa törmättiin pian kuitenkin useisiin ongelmatilanteisiin. Tehtaiden määrä kasvoi 1960-1966 välisenä aikana kymmenestä tehtaasta 36 tehtaaseen. Tehtaiden kesken ei ollut yhteistä linjaa rakenneratkaisuille, tuotannolle tai suunnittelulle. Koulutuksen puute oli yleistä työmaalla, ammatti- ja korkeakouluissa. (Hytönen & Seppänen 2009, 85-87.)

Vuonna 1968 Betoniteollisuus ry julkaisi asuinrakennuksiin liittyvän elementtien kiinnitys-, sauma- ja rakennedetaljeista standardin. Se helpotti ja nopeutti yhtenäistä suunnittelua huomattavalla tavalla. (Hytönen & Seppänen 2009, 93.)

Vuosina 1968-1970 Suomessa kehitettiin avoin BES-järjestelmä. Se perustui kantaviin pääty- ja väli-seiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjina käytettäviin pitkälaattoihin. Parvekkeet olivat yleensä vapaasti perustuksilla seisovia torneja. Laattaelementteinä alettiin käyttää esijännitettyjä ontelo- ja kotelolaattoja. BES-järjestelmässä standardoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit siten, että urakoitsijat pystyvät hankkimaan valmisosia samaan rakennukseen useilta eri toimittajilta. Valittu runkojärjestelmä antoi lähes vapaat vaihtelumahdollisuudet asuntojen pohjaratkaisujen suunnittelulle. BES-järjestelmä oli vapaasti käytössä kaikille rakennusalalla toimiville osapuolille. (elementtisuunnittelu.fi)

1980-luvulla standardointi jatkui elementtijärjestelmien osalta, kun Runko-BES julkaistiin. Sen tarkoituksena oli koota mitoitusjärjestelmä, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit pilari-palkkirungolle. (elementtisuunnittelu.fi)

2.3 Rakenteiden kehitys

2.3.1 Runkorakenteiden kehitys

Ontelolaatan kehitys käynnistyi BES-rakentamisen myötä 70-luvun alussa. Aluksi valmistettiin ainoastaan 265 mm paksua laattaa, mutta kehitys vei yhä paksumpiin profiileihin aina 500mm:n laattoihin saakka. 1,2m leveiden laattojen rinnalla kokeiltiin myös 2,4m leveää laattaa, mutta niistä luovuttiin. Erikoislaattoja on myöskin kehittynyt vuosien saatossa eri käyttötarkoituksiin.

Esijännitetty kuorilaatta päällevaluineen tuli 80-luvulla käyttöön asuntorakentamisessa. Myöhemmin sitä alettiin käyttää enemmän pysäköintitalojen laatastoina. Pilarielementit ovat 1- tai monikerroksisia teräsbetonirakenteita. Elementtipalkit ovat joko teräsbetonisia tai jännitettyjä. Korkealujuusbetonin lisääntyessä hoikkien palkkien jännevälit ovat kasvaneet ja pilarit hoikistuneet.

(elementtisuunnittelu.fi)

2.3.2 Julkisivujen kehitys

Yleisin betonielementtijulkisivu on sandwich-rakenteinen. Vaikka erilaisia kuorielementtiratkaisut ja rapatut julkisivut ovat lisänneet osuuttaan, on sandwich-rakenne säilyttänyt valta-asemansa vuosikymmenien ajan. Lämmöneristeenä oli aluksi 70mm paksu mineraalivilla, mutta vuonna 2010 on jo 240 mm. Erilaisia betoni- ja laattapintoja on kehitetty koko ajan lisää viimeisimmän innovaation ollessa graafiset pinnat. Väribetoni ja hiotut pinnat kehitettiin 80-luvulla. (elementtisuunnittelu.fi)

2.3.3 Materiaalitekniikan kehitys

1970-luvun puoliväli oli yksi taitekohdista betoniteknologian kehittämässä. Silloin alettiin tehdä pakasenkestävää betonia lisäaineita käyttäen. Erilaiset lisäaineet kuten hidastimet, kiihdyttimet ja notkistimet lisääntyivät betoniresepteissä. Väri- ja korkealujuusbetoni olivat 80-luvun keksintöjä. Suomalainen korkealujuusbetoni tarkoitti kuutiolujuuksia 60-110 MN/m² (elementtisuunnittelu.fi)

90-luvulla kehitettiin itsetiivistyvä betoni, joka poisti suurelta osin betonin tärytystarpeen elementtitehtaissa. Sillä saadaan aikaan myös erittäin hyvät betonipinnat. (elementtisuunnittelu.fi)

Tuotantoläheisyyden sijasta betoniteollisuus kilpailee nyt uusilla ominaisuuksilla kuten, äänieristys, kosteustekniikka, ympäristöystävällisyys, taloudellisuus ja ulkonäkö. (elementtisuunnittelu.fi)

2.3.4 Suunnittelun kehitys

Rakennusala oli melko varhain hyödyntämässä tietotekniikkaa. Käyttö alkoi jo 60-luvulla suunnittelun mitoituslaskelmista. Vuonna 1965 perustettiin Teknillinen laskenta Oy, nyk. Tekla Oyj. Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD) sekä sähköinen tiedonsiirto ja -hallinta on ollut erityisen tärkeää elementtiteollisuudessa. CAD-ohjelmien standardointia ja yhteiskäyttöä varten kehitettiin vuosina 1984-1985 BEC-järjestelmä. Nykyinen ICT tarjoaa erityisesti teolliselle valmisosarakentamiselle hyviä työkaluja lisätä toiminnan tehokkuutta, tuottavuutta ja laatua. (elementtisuunnittelu.fi)

2.3.5 Valmistustekniikan kehitys

Betonelementtien valmistus oli aluksi varsin käsityövaltaista. Vähitellen koneita ja laitteita on prosessiin kuitenkin lisätty. Muottikalusto on muuttunut teräskalustoksi ja betoniasemat ovat automatisoituneet. Nosturikapasiteetit rajoittivat aluksi elementtikokoja, mutta nyt sadaan jo 100 tonnia painava elementti ulos tehtaasta. Pisimmälle on kehitetty ontelolaattojen pitkälle automatisoitu valmistusprosessi, seinäelementtien kiertomuottilinjat, Aco-väliseinäelementtien valmistus sekä harkkojen, putkien ja pihakivien valutekniikka. (elementtisuunnittelu.fi)

2.4 Betonelementtirakentaminen vuonna 2019

Edelleenkin BES-järjestelmän mukainen kantavat seinät-laatta -malli on yksi yleisimmistä asuinkerrostalojen rakentamistavoista Suomessa. Pilari-palkki-laatta ja kantavat seinät-laatta ovat yleisimmät käytössä olevat ja vakioidut runkojärjestelmät. Elementtejä voidaan käyttää lähes kaikissa rakennuksissa, kuten teollisuuden ja maatalouden halleissa, toimisto-, liike- ja julkisissa rakennuksissa, kerros-, rivi- ja omakotitaloissa. (betoni.com)

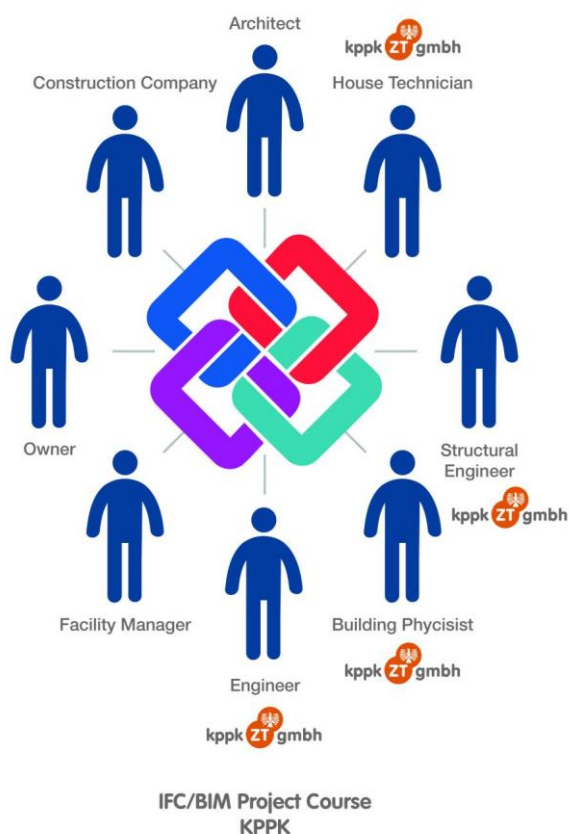
Betonia käytetään myös julkisivuissa ja muilla näkyvillä pinnoilla uusilla erilaisilla tavoilla, rakenneratkaisujen ja ominaisuuksien monipuolistamisen ja kehittämisen jälkeen. Betonipintoihin on monia erilaisia vaihtoehtoja, kuten sileävalu, väribetoni, rasterointi ja erilaiset pintäkäsittelyt, kuten graafinen betoni. Saumoja on myös opittu häivyttämään. (elementtisuunnittelu.fi)

3 RAKENNUKSEN TIETOMALLINTAMINEN

3.1 Mikä on tietomalli?

Rakennuksen tietomalli (myös rakennuksen tuotetietomalli tai rakennuksen tuotemalli, engl. Building Information Model, BIM) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Siihen liittyy myös rakennuksen geometrian määrittäminen ja esittäminen 3D-muodossa havainnollisuuden ja erilaisten simulointitarpeiden vuoksi. Tietomalliajattelu on pitkälti peräisin valmistavasta teollisuudesta, jossa se on tuotetiedon nimellä yleisesti käytössä oleva metodi tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. (fi.wikipedia.org)

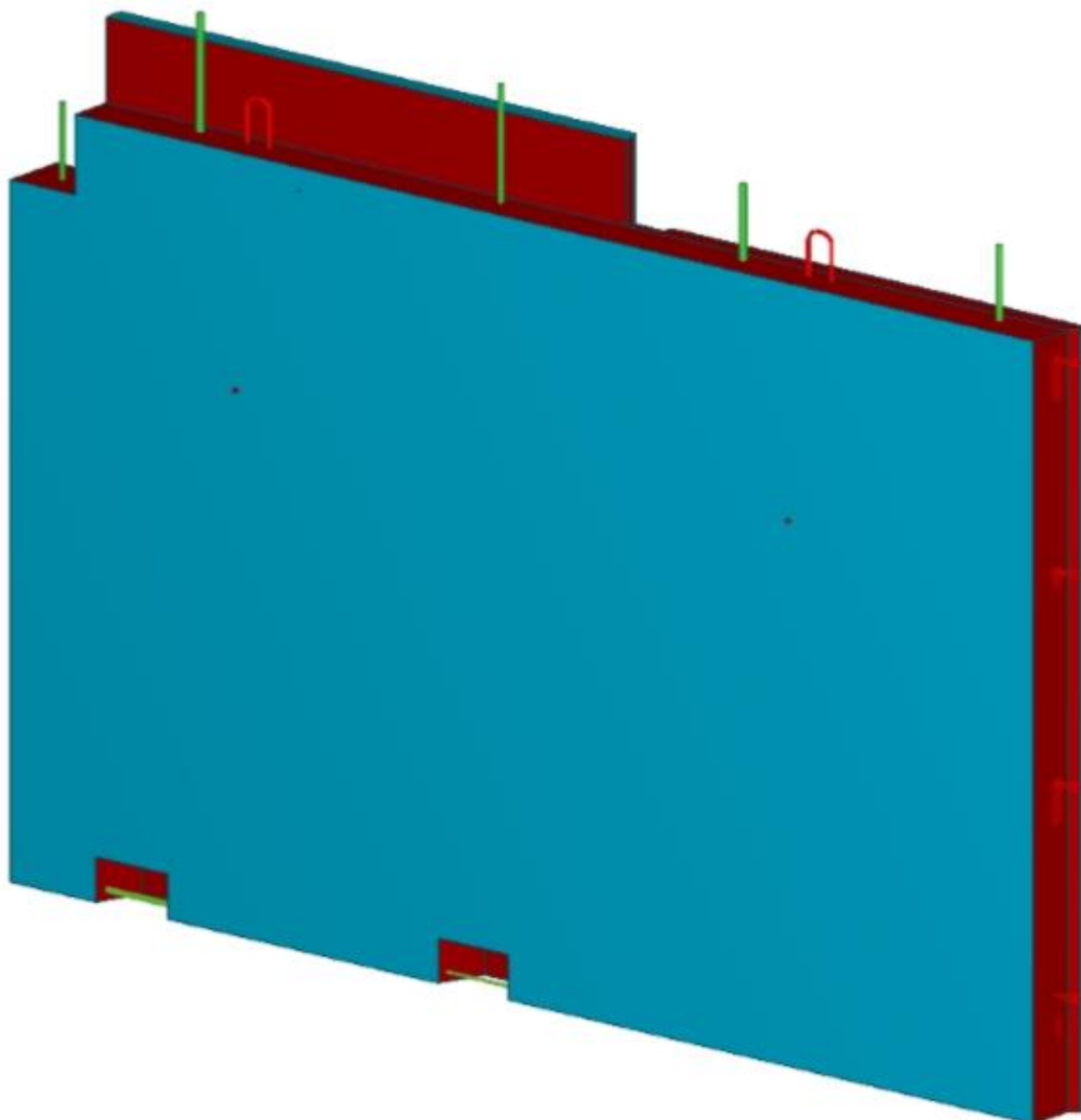
Avoimen tietomallin yleisin tiedostomuoto on IFC (Industry Foundation Classes.) Se tekee rakennushankkeen työnkulusta helpompaa, koska tällä tavoin käytössä oleva tieto ei ole ohjelmistosta riippuvaista ja kaikkien projektissa olevien osapuolten mallit saa yhdistettyä yhteen pakettiin. Toisin sanoen IFC-mallin saa siis auki eri ohjelmistoissa.



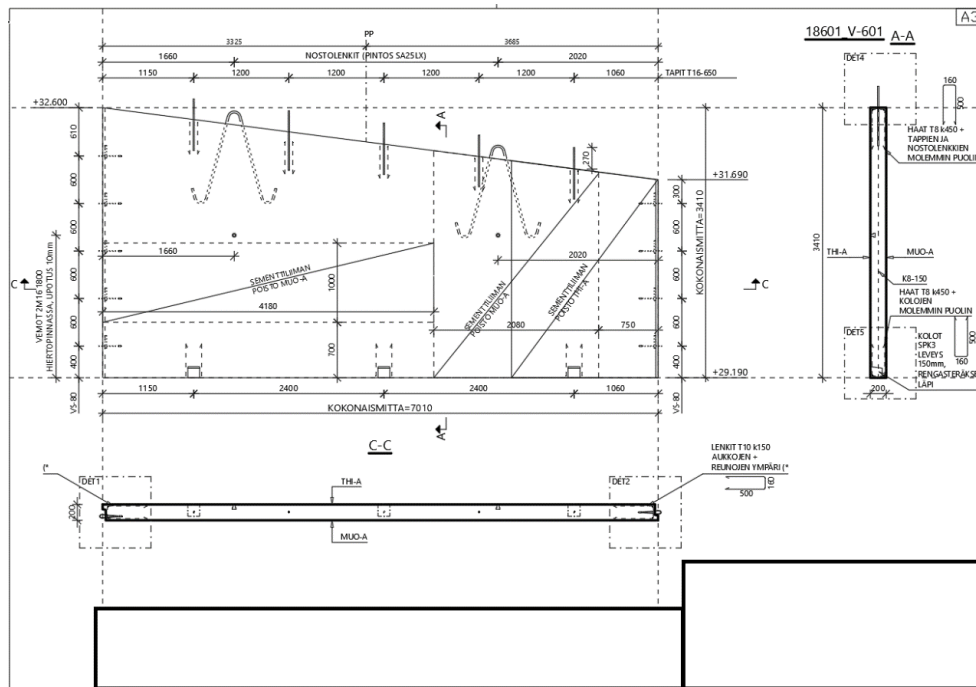
KUVA 4: Havainnollistava kuva avoimesta tietomallintamisesta. Lenkit kuvaavat jokaisen osapuolen omien tietomallien yhdistämistä yhdeksi kokonaisuudeksi. (kppk.at)

3.1.1 3D ja 2D CAD-suunnittelun erot

3D-suunnittelun ja 2D-suunnittelun eroavaisuudet ovat selkeät. 3D-suunnittelu on kolmiulotteista mallintamista ja siinä luodaan kerralla yksi kolmiulotteinen objekti, kun taas 2D-suunnittelussa objekti täytyy mallintaa eri yleensä kolmesta eri kuvakulmasta: edestä, sivulta ja alhaalta päin. Joillain suunnittelutoimistoilla voidaan kuvata myös ylhäältä päin, mutta yleinen periaate on alhaalta päin.



KUVA 5: Havainnollistava kuva 3D-seinäelementistä. (elementtisuunnittelu.fi)



KUVA 6: Havainnollistava kuva 2D-väliseinäelementistä. (HILTUNEN 2019)

YTV2012:ssa tietomallinnukselle on asetettu yleisiä tavoitteita (YTV 2012.Osa1. Yleinen osuus. RT10-11066, 6):

- Tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- Sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- Havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- Auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- Nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- Tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- Parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- Tukea hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysjä
- Tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan

3.2 Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012)

Rakennustieto on julkaissut verkkopalveluissaan ohjeet Suomen ensimmäisiksi kansallisiksi tietomallivaatimuksiksi. Alun perin Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 vaatimukset ovat laajentuneet neljällä täysin uudella osalla. Koko rakennusala koskeviin tietomallivaatimukseen on lisätty myös projektin hallinta sekä energia-analyysit. Vaatimusten tavoitteena on yhdenmukaistaa ja vakinaistaa rakentamisen toimintatapoja. (rakennustieto.fi)

Vuonna 2011 toteutettiin COBIM-hanke, jonka tuloksena saatiin päivitettyt ja laajennetut mallintamisvaatimukset. Hanke tehtiin tiiviissä yhteistyössä mm. Senaatti-kiinteistöjen, Suomen johtavien suunnittelutoimistojen, kiinteistön omistajien ja urakoitsijoiden kanssa. (rakennustieto.fi)

YTV2012 julkaisusarja on 14 osainen (Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Esittely. RT 10-11080, 1):

- Osa 1. Yleinen osuus
- Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus
- Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu
- Osa 4. Talotekninen suunnittelu
- Osa 5. Rakennesuunnittelu
- Osa 6. Laadunvarmistus
- Osa 7. Määrälaskenta
- Osa 8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
- Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10. Energia-analyysit
- Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- Osa 14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa.

3.2.1 Tietomallivaatimukset rakennesuunnittelijoille

YTV2012 Osassa 5. Rakennesuunnittelu, käydään läpi rakennesuunnittelijan tekemien tietomallien vaadittua sisältöä. Se kattaa uudis- ja korjausrakentamisen sekä käyttöön ja ylläpitoon liittyviä vähimmäisvaatimuksia. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT10-11070)

Tietomallintamisen tason vaatimukset rakennesuunnittelijoille jaetaan vaatimusmallin, ehdotus-, yleis-, hankintoja palvelevaan- ja toteutussuunnitteluun. Vaatimukset kerrotaan seuraavalla tavalla:

Vaatimusmalli

Vaatimusmallissa esitetään rakennesuunnitteluun vaikuttavat tavoitteet ja vaatimukset. Malli voi olla esitysmuodoltaan taulukkomuotoinen esitys, piirustus, tekstiasiakirja, tietomalli tai näiden kaikkien yhdistelmä. Rakennesuunnittelun vaatimusmalli voi esim. sisältää käytettävät määräykset ja ohjeet,

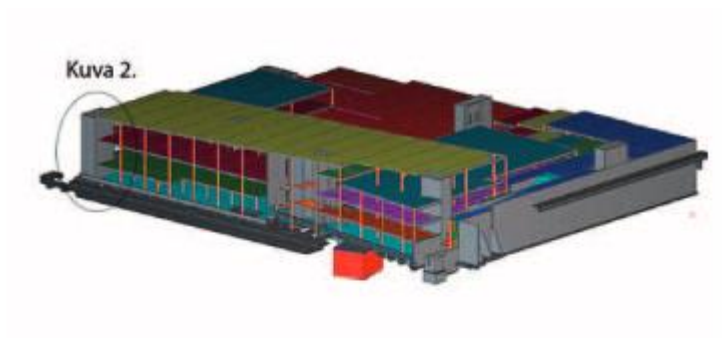
tilaajan antamat lähtötiedot, velvoitteet, vaatimukset ja rajaukset. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 3)

Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa (TELU08 – RAK C3) rakennesuunnittelija arvioi arkkitehdin esittämien vaihtoehtojen toteutettavuutta. Tässä vaiheessa rakennesuunnittelijalla ei ole varsinaisia mallinnusvaatimuksia. Projektikohtaisesti voi erikseen sopia, että rakennesuunnittelija mallintaa esim. erilaisia runkovaihtoehtoja kustannusten selvittämiseksi. Mallinnustarkkuus on yleensä yleissuunnitteluvaiheen mukainen. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 4)

Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa (TELU 08 – RAK C4) valittu ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Mallin sisältö on määritelty YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelun mukana tulleessa liitteessä 1. Tätä sisältöä rakennesuunnittelijan tulee noudattaa ja varmistaa vaatimukset ja mitoitus sekä vaikutuksen muiden suunnittelijoiden työhön. Rakennusluvan hakemiseen tarvittavat rakenteiden piirustukset, perustuksien, alapohjan ja tasojen mittapiirustukset ja yleisleikkauspiirustukset, tehdään arkkitehtimallin tarkkuudella. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11066, 15-17.)



Kuva 1. Malli yleissuunnitteluvaiheessa (Kuva: Finnmap Consulting Oy).



Kuva 2. Esimerkki porrashuoneen mallitarkkuudesta yleissuunnitteluvaiheessa (Kuva: Finnmap Consulting Oy).

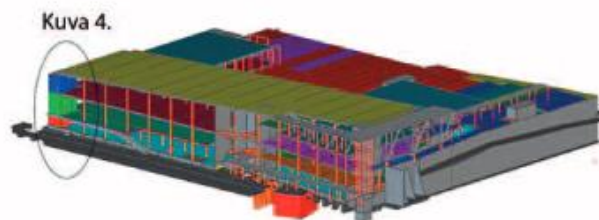
KUVA 7: Yleissuunnitteluvaiheen tietomalli sekä mallitarkkuus porrashuoneesta. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 11)

Hankintoja palveleva suunnittelu

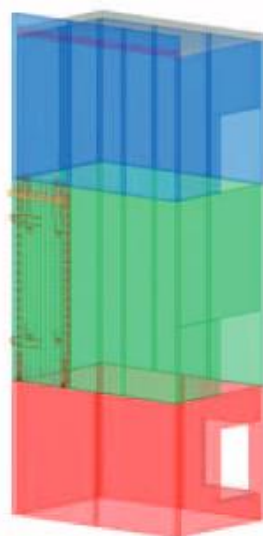
Hankintoja palvelevassa suunnittelussa (TELU 08 – RAK 6C) malli kehitetään hankintakyselyjen edellyttämälle tasolle ja laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat hankintakyselyjä varten. Mallissa esitetään kantavien ja ei-kantavien betonirakenteiden koko, laajuus, määrät sekä tarkka sijainti. Mallin sisältö on määritelty samassa liitteessä, kuin yleissuunnitteluvaiheessa käytettävä liite. Tähän liitteeseen rakennesuunnittelijan tulee perehtyä huolellisesti. (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 5)

Mallista saatavia hyötyjä ovat esimerkiksi:

- Suunnitelmien havainnollistaminen
- Määrälaskenta
- Suunnitelmien yhteensovittaminen
- Työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu
- Rakentamisaikataulun suunnittelu ja havainnollistaminen
- Asennus- ja työjärjestysten suunnittelu
- Lähtötieto toteutussuunnittelulle



Kuva 3. Malli on tarkennettu hankintoja palvelevaan suunnitteluvaiheeseen (Kuva: Finnmap Consulting Oy).



Kuva 4. Edellisen kuvan mallin porrashuoneen mallitarkkuus ja mallielementti hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa (Kuva: Finnmap Consulting Oy).

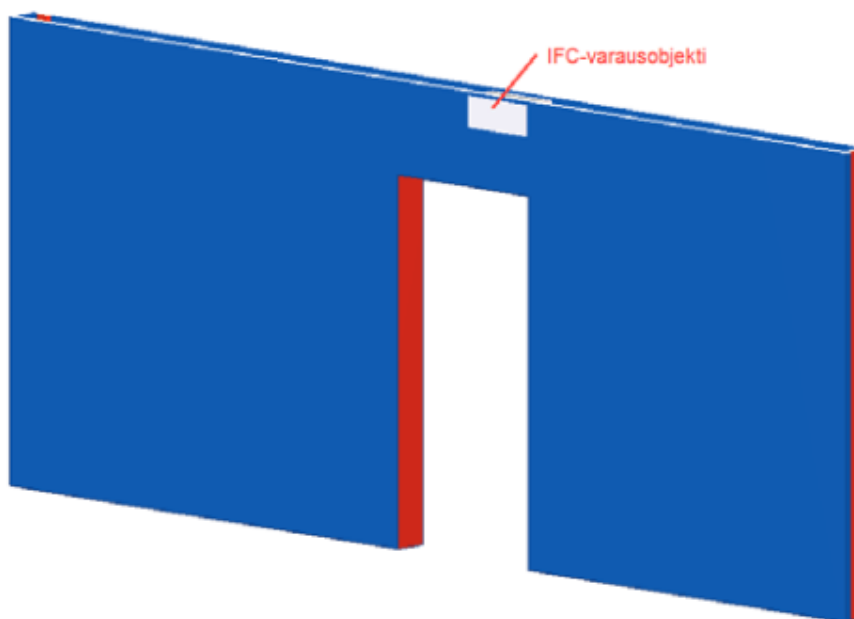
KUVA 8: Tietomalli, joka on tarkennettu hankintoja palvelevaan suunnitteluvaiheeseen sekä kuva, jossa ylemmässä kuvassa korostettu kohta on esitetty tarkemmin. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 12)

Näiden piirustusten pohjalta täytyisi myös saada paljon erilaisia tulosteita (YTV 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 5):

- Paaluluettelu-ja piirustus
- Perustuksien mittapiirustus
- Anturoiden ja muiden perustuksien tyyppiirustus
- Alapohjan mittapiirustus
- Tasojen mittapiirustukset
- Yleisleikkauspiirustukset
- Elementtikaaviot
- VSS -mittapiirustus
- Mallielementtipiirustukset
- Mallikokoonpanopiirustukset
- Teräsrakenteiden määrä-ja massaluettelo

Tietomallipohjainen reikä-ja varaussuunnittelu

Tietomallipohjaisen reikä-ja varaussuunnittelun käyttö sekä tietomallista tehtävien reikäpiirustusten teko ja vastuut pitää sopia aina projektikohtaisesti. Yhdistämällä TATE-järjestelmämallit ja rakennesuunnittelijoiden malli sekä tarvittaessa myös arkkitehdin rakennusosamalli, voidaan tietomallipohjaisen törmäystarkastelumenettelyn avulla helpottaa läpivientien paikantamista ja suunnittelua. Tietomallipohjaisessa varaussuunnittelussa rakennesuunnittelija tuottaa mallin sovitussa formaatissa TATE-suunnittelijalle ja varaussuunnittelua varten. Mallin tulee olla kerroskohtainen, sisältäen yläpuolisen laataston ja siihen liittyvät kantavat seinät. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 7)



KUVA 9: TATE-suunnittelijan IFC-varausobjekti rakennesuunnittelijan mallissa. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 7)

Varausobjektissa tulee ilmetä, kenen varaama se on. Varauksien koko ja tunnisteet liitetään attribuuttitietoina varausobjektiin. Varaukset mallinnetaan siten, että ne ovat kooltaan ja sijainniltaan oikeassa paikassa. Korkeusasemana käytetään absoluuttista korkeusasemaa. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 7)

Teknisesti on suositeltavaa, että tehtyjen reikävarausobjektien muuttamisessa ei varausobjektia ja lisätä uutta tilalle, vaan mallinnettua objektia muutetaan (esim. kokoa tai sijaintia). Syynä on se, että näin ohjelmistot tunnistavat reikävarausobjektin ja muuttuneeksi reikävaraukseksi, eivätkä uudeksi. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 7)

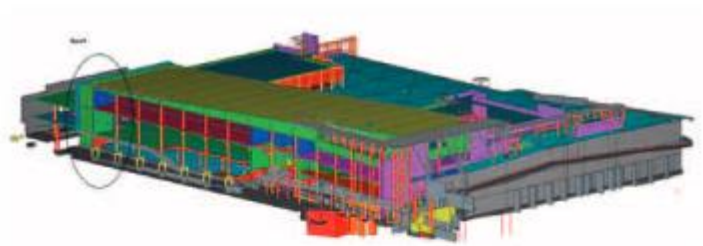
Tietomallipohjaista reikävaraussuunnittelua ei vaadita elementtien varauspiirustuksia tehtäessä sähkötekniikan putkitusten, rasioiden kolousten tms. elementissä kulkevien reittien osalta. Elementin kokonaan lävistävät varaukset tulee kuitenkin toimittaa reikävarausobjekteina. TATE-suunnittelija esittää koloukset tms. varaukset rakennesuunnittelijalle perinteisin suunnittelumenetelmin. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 7)

Toteutussuunnittelu

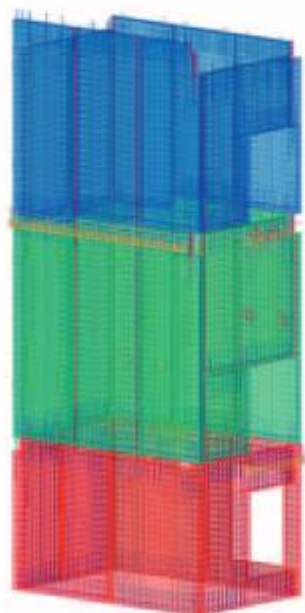
Mikäli rakennesuunnittelija toimii myös projektin elementtisuunnittelijana, tulee kaikki elementit edellisen suunnitteluvaiheen mallinnustarkkuudella. Jos elementtisuunnittelu kuuluu toiselle osapuolelle, rakennesuunnittelija jatkaa mallin kehittämistä muiden rakenteiden osalta. Mallin jakamisesta, yhteensovittamisesta ja rakennesuunnittelijoiden yhteistyöstä on sovittava projektikohtaisesti. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 8)

Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomallista tulee pystyä havainnollistamaan rakennesuunnitelmat, määrälaskenta, yhteensovittaminen, työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu, rakentamisaikataulun ja toteumatilanteen esittäminen ja havainnollistaminen sekä asennus- ja työjärjestysten suunnittelu. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 8)

Mallista pitää pystyä myös tuottamaan paalutuksen toteumapiirustus, perustus-, väestönsuojan- ja paikallavalurakenteiden mittapiirustukset sekä perustuksien, VSS, paikallavalurakenteiden raudituspiirustukset- ja luettelot. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 8)



Kuva 8. Malli toteutussuunnitteluvaiheessa (Kuva: Finnmap Consulting Oy).



Kuva 9. Porrashuoneen mallitarkkuus toteutussuunnitteluvaiheessa (Kuva: Finnmap Consulting Oy).

KUVA 10. Malli toteutussuunnitteluvaiheessa, sekä täsmentävä kuva korostetusta alueesta, joka on tässä tapauksessa porrashuone. (YTV2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT 10-11070, 8)

3.3 BEC 2012 – Elementtisuunnittelu

BEC2012 on ohjeistus, jonka tarkoituksena on määritellä betonielementtien tietomallinnuksen yhteiset säännöt, joita jokaisen mallintajan tulisi noudattaa. Ideana on, että mallit olisivat samankaltaisia, riippumatta suunnittelutoimistosta tai mallintajasta. Elementtivalmistajat haluavat samanlaisia tai samalla tyylillä tehtyjä malleja, jotta elementtien tuotanto olisi helppoa. Tietomalleista saa suoraan elementti- ja tarvikeluettelot sekä tarvittaessa tiedonsiirto voidaan tehdä suoraan mallista. (Kautto 2012, 4)

Mukana ohjeistuksen tekemisessä ovat olleet betonielementtiteollisuus, rakennesuunnittelijat ja Tekla Oyj vuosina 2011-2012. He kehittivät yhdessä 3D-suunnittelua, tietomallinnusta ja tiedonsiirtoa. (Kautto 2012, 4)

Tähän mennessä BEC-projektissa on tuotettu seuraavat tuotteet (elementtisuunnittelu.fi):

- Mallinnusohje
 - Tekla Structures – Suomiympäristön päivitys yhteensopivaksi mallinnusohjeen kanssa
- Tyypielementtipiirustukset ja mallielementtien tietomallit
- Esimerkkiluettelot ja luettelo-ohje
 - Tekla Structures- Suomiympäristön raporttipohjat
 - Seinien ja laattojen määrälaskentaohjeet
- Mallinnustyökalut
 - HI- ja I-palkki – komponentit
 - Sokkelipalkkikomponentit
 - Nostolenkkityökalut
 - Ontelolaatan kololaattatyökalut
 - TT-laattaliitokset
 - HTT-laattakomponentti
 - Perustus/Pilarikenkäliitos
 - Seinäkenkäliitos
 - Kahden seinän välinen liitos
 - Sekä monia muita työkaluja Tekla Structures- ohjelmistoon

BEC-projektia jatkettiin vuonna 2013, jolloin projektiryhmässä oli elementtiteollisuus ja 8 suunnittelutoimistoa. He kehittivät työkaluja seinäelementtien raudoitukseen ja nostolenkkeihin, rapattujen elementtien detaljeihin ja piilokonsoliliitoksiin. (elementtisuunnittelu.fi c)

3.4 TELU 2012 - Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo

TELU 2012 eli tehtäväluettelot 2012 ovat tarkoitettu talonrakennusta koskevien suunnittelutehtävien sisällön ja laadun määrittelyyn. Tehtäväluetteloita käytetään suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn lisäksi suunnittelukokonaisuuksien hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta. (Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT10-11105, 1)

	JOHTAMINEN		RAKENUSSUUNNITTELU				MUUT SUUNNITTELU- JA ASIAANTUNTIJATEHTÄVÄT			
	Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo	Pääsuunnittelun tehtäväluettelo	Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo	Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo	Geoteknisen suunnittelun tehtäväluettelo	Sisustus suunnittelun tehtäväluettelo	Akustiikkasuunnittelun tehtäväluettelo	Valaistus suunnittelun tehtäväluettelo	Elinkaariaasian tunti ja Palotekninen asiantuntija
	HJR12	PS12	ARK12	TATE12	RAK12	GEO12	SIS12	AKU12	VAL12	
TEHTÄVÄKOKONAISUUS	A	Tarveselvitys								
	B	Hankesuunnittelu								
	C	Suunnittelun valmistelu								
	D	Ehdotussuunnittelu								
	E	Yleissuunnittelu								
	F	Rakennuslupatehtävät								
	G	Toteutussuunnittelu								
	H	Rakentamisen valmistelu								
	I	Rakentaminen								
	J	Käyttöönotto								
	K	Takuu aika								

TAULUKKO 1. Tehtäväluettelorakenne (Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT 10-11105, 1)

3.5 Tekla Structures – tietomallinnusohjelma

Tekla Structures -tietomallinnusohjelmisto on Tekla Oyj:n kehittämä ohjelmisto. Tekla Oyj on suomalainen ohjelmistoyritys, joka valmistaa kansainvälisille markkinoille tarkasti rajatulle asiakaskunnalle tarkoitettuja suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä. Sen pääkonttori sijaitsee Espoon Tapiolassa. Se on kuulunut vuodesta 2011 alkaen Yhdysvaltalaisen Trimble-konsernin omistukseen. (tekla.com)

Tekla Structures -ohjelmisto on kehitetty tietomallintamista varten, erityisesti rakennusten rakenteiden mallinnukseen. Ohjelmistossa on saatavilla rakentamisen eri toimialojen tarpeisiin erilaisia ohjelmistokokoonpanoja. (tekla.com)

Ohjelmistolla pystyy mallintamaan rakenteita mistä materiaaleista tahansa tai lisätä useita eri materiaaleja yhteen malliin. Tekla Open API – ohjelmointirajapinnan avulla on mahdollista yhdistää useisiin eri laskentaohjelmistoihin. Tekla Structures toimii laskentaohjelmistojen kanssa myös tiedostopohjaisesti. Se tulee erilaisia tiedonsiirtomuotoja, kuten IFC, SDFN ja CIS/2. (tekla.com)

Tekla Structures -tuotteet tällä hetkellä (tekla.com):

- Tekla Structures
 - BIM-ohjelmisto kaikkien rakenteiden toteutuskelpoiseen mallinnukseen
- Tekla Model Sharing
 - Rakenna yhdessä. Suunnittele ja hyödynnä mallia helposti ja nopeasti
- Tekla BIMsight
 - Ammattikäyttöön tarkoitettu rakennusprojektien yhteistyökalu
- Tekla Civil
 - Tietokantapohjainen ratkaisu infrarakentamisen tietomallintamiseen
- Vico-ohjelmistot
 - Vico Office, Vico Schedule Planner ja Vico Document Controller
- Trimble Connect
 - Alusta, joka yhdistää oikeat ihmiset oikeaan, toteutuskelpoiseen informaatioon
- Tekla Structures Designer
 - Analysoi ja mitoita projekteja tehokkaammin
- Tekla Tedds
 - Ohjelmisto toistuvien rakennusteknisten laskelmien automatisointiin

Tekla Structures ohjelmistokokoonpanot tällä hetkellä (tekla.com):

- Tekla Structures **Full** – kaikki toiminnallisuudet
- Tekla Structures **Precast Concrete Detailing** – betonielementtien suunnitteluun ja valmistukseen
- Tekla Structures **Steel Detailing** – teräsrakenteiden suunnitteluun-ja valmistukseen
- Tekla Structures **Rebar Detailing** – rauditus suunnittelun toiminnallisuudet
- Tekla Structures **Primary** – kaikki toiminnallisuudet, mutta mallin koko on rajoitettu
- Tekla Structures **Engineering** – yleissuunnittelun toiminnallisuudet
- Tekla Structures **Construction Modeling** – rakentamisen ja valujen suunnitteluun ja työmaan ohjaukseen
- Tekla Structures **Project Viewer** – rakentamisen suunnitteluun ja ohjaukseen
- Tekla **Drafter** – piirustusten muokkaaminen

4 YLEISTÄ TIETOA BETONIVÄLI-JA ULKOSEINÄELEMENTEISTÄ

4.1 Betoniset seinäelementit

Betoniseinän rakentaminen elementtinä tarjoaa selkeitä hyötyjä. Betonista tehty seinäelementti on kestävä, pitkäikäinen ja sietää hyvin kosteutta, mutta samaan aikaan elementit ovat nopeita asentaa. Betonista tehdyt seinäelementit ovat yleensä myös suhteellisen kevyitä. (klemolanbetonioly.fi)

Seinäelementtejä käytetään ulkoseinän sisäkuoressa, väliseininä sekä kellarin maanpaineseininä. Seinät ovat pääasiassa puristettuja rakenteita. Jäykistävillä seinillä ja maanpaineseinillä on lisäksi rasituksena vaakakuormituksia. (elementtisuunnittelu.fi)

Seinien leveys b tulee olla suurempi kuin 4 kertaa seinän paksuus h . Muuten rakennetta tulee käsitellä pilarina (EN 1992-1-1 kohdat 9.5.1 ja 9.6.1).

Elementtiseinät tehdään joko raudoittamattomina tai raudoitettuna. Raudoittamattomien elementtien reunaan sijoitetaan reunan suuntainen pielirauditus, jonka halkaisija $>10\text{mm}$. Elementtirakenteiset teräsbetoniseinät ovat molemmista pinnoistaan raudoitettuja. Seinän tulee sisältää vähintään minimiraudoitusta vastaava teräsmäärä, jotta sitä voidaan pitää teräsbetoniseinänä. Asuinrakennuksissa rasitukset ovat usein niin pieniä, että seinät voidaan toteuttaa raudoittamattomina. Toimisto- ja liikerakennuksissa jäykistävät seinät joudutaan usein raudoittamaan. (elementtisuunnittelu.fi)

4.2 Betonisten väli- ja ulkoseinäelementtien mittasuositukset ja sähköistys

Korkeus

Betonisten väli- ja ulkoseinäelementtien suositeltava maksimikorkeus on 3,6m. Kuljetustekninen maksimikorkeus on yleensä 4,2m. Tähän mittaan sisältyvät nostolenkit sekä elementistä ulos työntyvät tapit yms. Jos rakennekorkeus vaatii korkeamman seinäelementin käytön, niin elementti suunnitellaan käännettävänä ja nostolenkit sijoitetaan myös elementin sivulle. Tällaista elementtiä kutsutaan kääntökiveksi (elementtisuunnittelu.fi).

Pituus

Seinäelementtien suositeltava maksimipituus on 8-9m. Elementtijakoa suunniteltaessa on hyvä huomioida kohteessa käytettävä nostokalusto, jotta ei suunniteltaisi liian painavia elementtejä (elementtisuunnittelu.fi).

Väliseinien paksuus

Raudoittamattoman seinän pienin paksuus on 120mm. Muita käytettäviä paksuuksia ovat 160, 180, 200 ja 240mm. Kantavan ja jäykistävän seinän suositeltava minimipaksuus on 180mm. Asuinrakennuksissa huoneistojen välisen seinän minimipaksuudeksi suositellaan 200mm. Äänitekniset ominaisuudet on otettava huomioon suunnittelussa (elementtisuunnittelu.fi).

Ulkoseinän sisäkuorielementit

Ulkoseinällä olevien sisäkuorielementtien suositeltava minimipaksuus on 120mm. Asuinkerrostalossa ja rivitaloissa, ulkoseinällä käytettävien sisäkuorielementtien suositeltava paksuus on pääsääntöisesti 150mm. Äänitekniset ominaisuudet on otettava huomioon suunnittelussa (elementtisuunnittelu.fi).

Sähköistys

Seinäelementtien sähköistysuunnittelussa ja sähkövarusteiden sijoittelun elementtipiirustukseen tekee joko sähkö- tai elementtisuunnittelija ja toinen osapuoli tarkistaa suunnitelman. Myös pääarakennesuunnittelijan tulee tarkistaa suunnitelma (elementtisuunnittelu.fi).

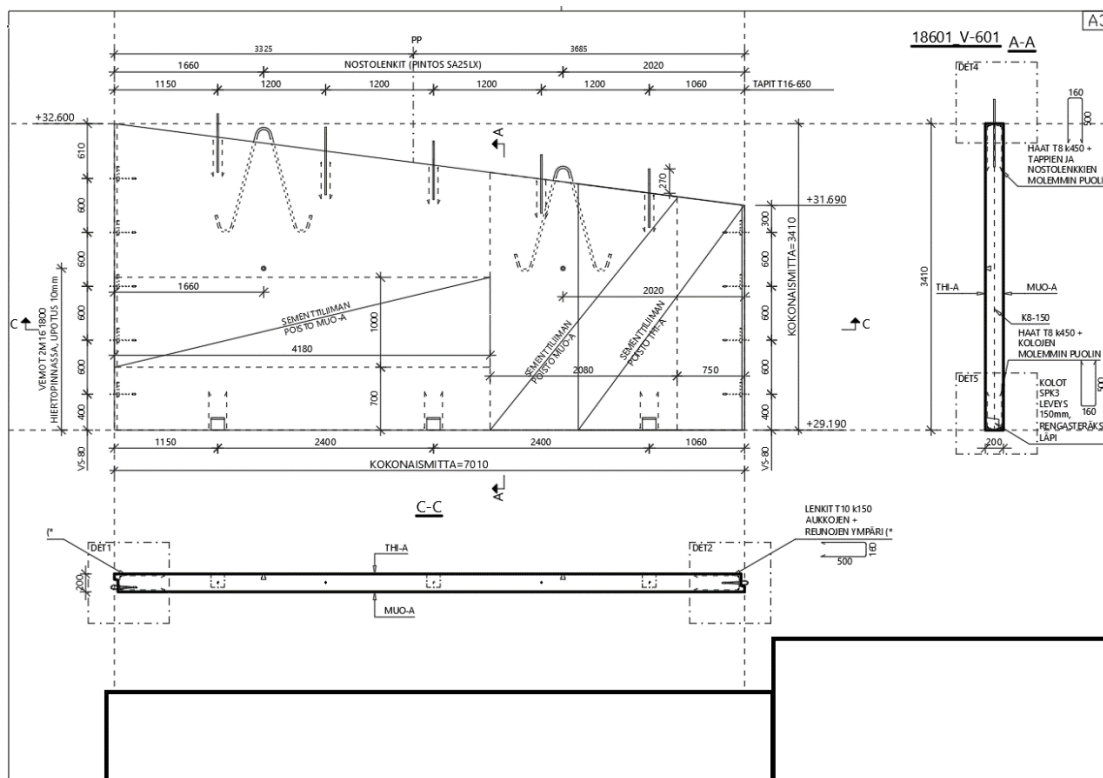
Suunnittelussa käytetään aina ohjeen piirustus- ja symbolimerkintöjä. Piirustuksesta tulee selvästi ilmetä mm. kumpaan elementin pintaan rasiat tulevat. Elementtisuunnittelija tarkistaa, että sähkötarvikkeet ja elementin rauditus mahtuvat suunnitelluille paikoille (elementtisuunnittelu.fi).

4.3 Nostolenkit ja niiden sijainnin määrittäminen

Betoniset seinäelementit nostetaan paikoilleen nostamiseen tarkoitetuilla nostolenkeillä, joiden sijainnin elementtisuunnittelija määrittelee. Nostolenkit tulevat suurimmiten osin elementin sisälle ja ankkuroituu sinne nostattaessa. Näkyville jää lenkin nosto-osa. Jokaiselle nostolenkille on määritelty elementin maksimipaino, jonka kyseisellä nostolenkillä saa nostaa. Myös nostolenkkien upotus syvyys sekä näkyvän osan minimimitat on määritelty nostolenkkien valmistajien sivuilla, esimerkiksi Pintos. (pintos.fi)

Painopisteen sijainti symmetrisessä elementissä.

Nostolenkkien sijainti määritellään elementin painopisteen mukaan. Painopiste tarkoittaa elementissä sijaitsevaa pistettä, johon painovoima kohdistuu. Painopistettä laskiessa otetaan huomioon elementin pituus, korkeus, leveys, oviaukot, ikkuna-aukot sekä muut reiät. Symmetrisessä elementissä painopiste leveys- ja pituussuunnassa keskellä. Nostolenkki tulee elementin reunan ja painopisteen puoleen väliin ja se "peilautuu" painopisteen suhteen myös toiselle puolelle (elementtisuunnittelu.fi).



KUVA 10: Yläreunasta vino väliseinäelementti, jossa on Pintoksen SA-nostolenkit. (HILTUNEN 2019)

Painopisteen määrittäminen ei-symmetrisessä elementissä.

Tarkastellaan seuraavaksi yläpuolella olevaa väliseinäelementtiä. Kuten kuvasta näkee, elementin painopiste ei ole pituussuunnassa keskellä elementtiä. Tässä tapauksessa se johtuu siitä, että elementin yläreuna on vino ja näin ollen paino jakautuu elementissä eri tavalla kuin symmetrisessä elementissä. Elementin koko pituus on 7010mm, ja painopisteen sijainniksi on laskentaohjelmalla saatu x-suunnassa 3325mm vasemmasta reunasta. Nyrkkisääntö ensimmäisen nostolenkin sijainnille on vasemman reunan ja painopisteen puoliväli, eli tässä tapauksessa 3325mm jaettuna 2 on 1662,5mm, mutta se pyöristetään toleranssien sallimissa rajoissa 1660mm. Toinen nostolenkki peilataan painopisteen suhteen toiselle puolelle ja näin nostolenkit ovat saaneet paikkansa elementissä.

Erilaiset nostolenkit

Nostolenkkejä on paljon erilaisia ja soveltuvat erilaisiin tilanteisiin ja elementteihin. Opinnäytetyösään Nostolenkkien ja- osien valintaopas Sallamari Hietanen käy läpi erilaiset nostolenkit ja niitä ovat mm. pyöröteräsnostolenkit, harjateräsnostolenkit, jännepunosnostolenkit, nostoankkurit, nostoankkureiden nostolenkit. (Hietanen 2012)

4.4 Lisätietoa nostolenkeistä

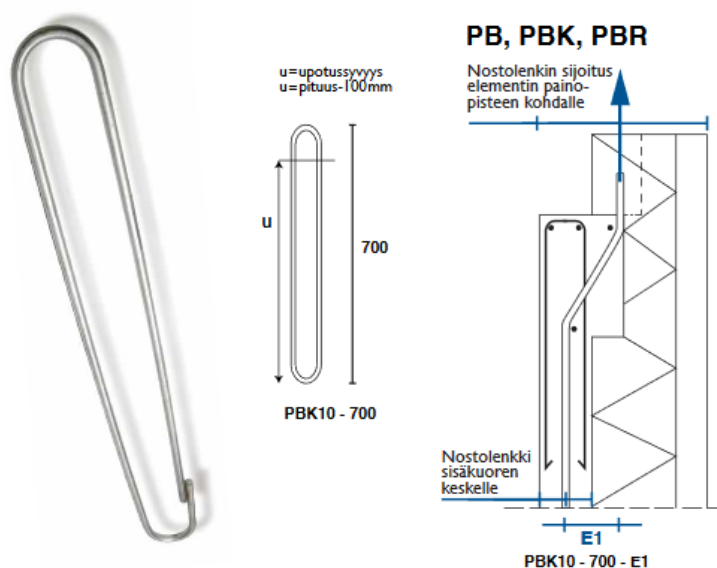
Suomen suurin nostolenkkien valmistaja on Pintos Oy. He valmistavat nostolenkkien lisäksi myös muita terästuotteita, kuten nauvoja, rauditusverkkoja, harjatankoja, muita verkkoja, ansasraudoitteita, kierrehakoja, irtohakoja, rengasraudoitteita ja erikoisraudoitteita (pintos.fi).

Pintos Oy valmistaa paljon erilaisia nostolenkkejä erilaisiin tilanteisiin, ja kaikille löytyy nostovoimataulukot, jotka ovat kaikkien saatavilla (pintos.fi).

PBK, PBR JA PB NOSTOLENKKIEN NOSTOVOIMATAULUKOT (kapasiteetti yhdelle nostolenkille)																	
		Elementin paksuus [mm]															
Tyyppi/merkintä	Betoni	60		80		100		120		140		160		180		200	
laatu	Ø - pituus	Sallittu kuorma kN upotussyvydellä lenkin pituus - 100 mm															
		α		α		α		α		α		α		α		α	
		0°	30°	0°	30°	0°	30°	0°	30°	0°	30°	0°	30°	0°	30°	0°	30°
PBK10 - 700 PBR10 - 700	K15	13,1	11,3	14,3	12,4	15,6	13,5	16,1	13,9	16,1	13,9	16,1	13,9	16,1	13,9	16,1	13,9
	K20	17,5	15,2	19,6	17,0	19,6	17,0	19,6	17,0	19,6	17,0	19,6	17,0	19,6	17,0	19,6	17,0
PBK12 - 900 PBR12 - 900	K15	20,2	17,5	21,5	18,6	22,6	19,6	23,8	20,6	24,3	21,0	24,3	21,0	24,3	21,0	24,3	21,0
	K20	26,3	22,8	28,3	24,5	28,3	24,5	28,3	24,5	28,3	24,5	28,3	24,5	28,3	24,5	28,3	24,5
PBK14 - 1100 PBR14 - 1100	K15	28,6	24,8	30,0	26,0	31,3	27,1	32,4	28,1	33,4	28,9	33,8	29,3	33,8	29,3	33,8	29,3
	K20	36,5	31,6	38,5	33,3	38,5	33,3	38,5	33,3	38,5	33,3	38,5	33,3	38,5	33,3	38,5	33,3
PBK16 - 1250 PBR16 - 1250	K15	36,8	31,9	38,3	33,2	39,6	34,3	40,7	35,2	41,9	36,3	42,9	37,2	43,1	37,3	43,1	37,3
	K20	46,6	40,4	48,7	42,2	50,3	43,6	50,3	43,6	50,3	43,6	50,3	43,6	50,3	43,6	50,3	43,6
PBK20 - 1600 PBR20 - 1600	K15	58,6	50,7	60,2	52,1	61,5	53,3	62,8	54,4	64,0	55,4	65,0	56,3	66,0	57,2	67,1	58,1
	K20	73,1	63,3	75,6	65,5	77,7	67,3	78,5	68,0	78,5	68,0	78,5	68,0	78,5	68,0	78,5	68,0
PB25 - 1800	K15	83,0	71,9	85,0	73,6	86,8	75,2	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6
	K20	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6	88,4	76,6

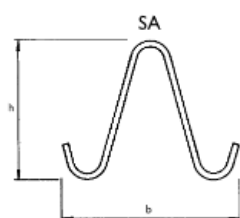
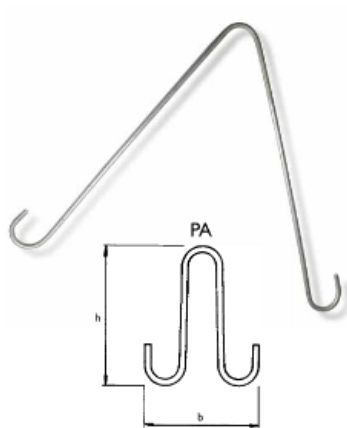
TAULUKKO 2: PBK, PBR ja PB nostolenkkien nostovoimataulukko (pintos.fi)

Nostolenkkien tilaus



2

KUVA 11: PB, PBR, PBR nostolenkki (pintos.fi)

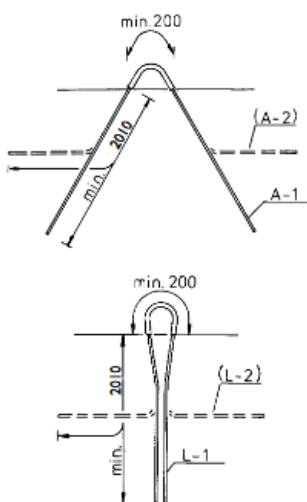


MUUT NOSTOLENKIT PA ja SA

Materiaali S235JR SFS-EN 10025

Tyyppi	Sallittu nostovoima kN		Betoni K MN/m ²	h*) mm	b mm
	0°	30°			
PA 6	3,3	2,9	20	250	180
PA 8	5,1	4,4	20	300	180
PA 10	7,0	6,1	20	300	190
PA 12	8,8	7,6	20	300	210
PA 14	11,0	9,5	20	300	210
PA 16	13,2	11,4	20	300	210
PA 20	18,4	15,9	20	300	320
SA 12	20,0	17,3	15	820	640
SA 16 L	30,0	26,0	15	830	750
SA 16	37,0	32,0	15	1060	880
SA 20 L	47,0	40,7	15	1045	930
SA 20	58,0	50,2	15	1380	1085
SA 25 LX	66,0	57,2	15	1170	1080
SA 25 L	75,0	65,0	15	1370	1180
SA 25	90,0	77,9	15	1660	1330
SA 32 L	112,0	97,0	15	1590	1570
SA 32	148,0	128,2	15	2120	1710

*) PA ja SA lenkkien ulos jäävä osuus saa olla korkeintaan 100mm



JÄNNEPUNOSNOSTOLENKIT A ja L

Materiaali SFS 1265

Tyyppi	Sallittu nostovoima kN Suora nosto	Betoni K MN/m ²	Punosten määrä/ lenkdi kpl
JP 1 A-1	72,0	15	1
JP 1 L-1			
JP 2 A-1	98,0	15	2
JP 2 L-1			
JP 3 A-1	144,0	15	3
JP 3 L-1			
JP 4 A-1	190,0	15	4
JP 4 L-1			

↑ Nostolenkin malli
↑ Punosten määrä nostolenkissä
↑ Jännepunoslenkdi

Tiedot elementteihin valmistusvaiheessa kiinnitettävien jännepunoslenkkien sallituista kuormista perustuvat RTT:n julkaisun "Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit 1999" mitoitusohjeisiin.

KUVA 12: PA ja SA – nostolenkit sekä A ja L -jännepunosnostolenkit

Muita nostolenkkien valmistajia ovat esimerkiksi: Peikko Finland, Celsa Steel Service Finland sekä IKH.

5 MALLINNUSOHJEIDEN TEKEMINEN

Opinnäytetyö lähti liikenteeseen pohdinnalla, jossa kävin läpi sen mitä haluan ohjeeni sisältävän ja mitä rajaan ohjeen ulkopuolelle. Savonian Ammattikorkeakoulun rakennetekniikan yliopettaja Arto Puurulan kanssa keskustelin viestien välityksellä siitä, että mitä ohjeessa voisi olla ja millaisessa muodossa sen teen.

Päädymme yhteisymmärryksessä tulokseen, että teen mallinnusohjeen videomuodossa eli kuvaan ja editoin mallintamisen työvaiheet selkeäksi yhtenäiseksi paketiksi. Tämän rinnalle myös suunniteltiin tehtäväksi tekstiosuus, jossa on mallinnusohjeet, videon aikaleimat sekä apuselityksiä eri komennoille, joita mallintamisessa käytetään.

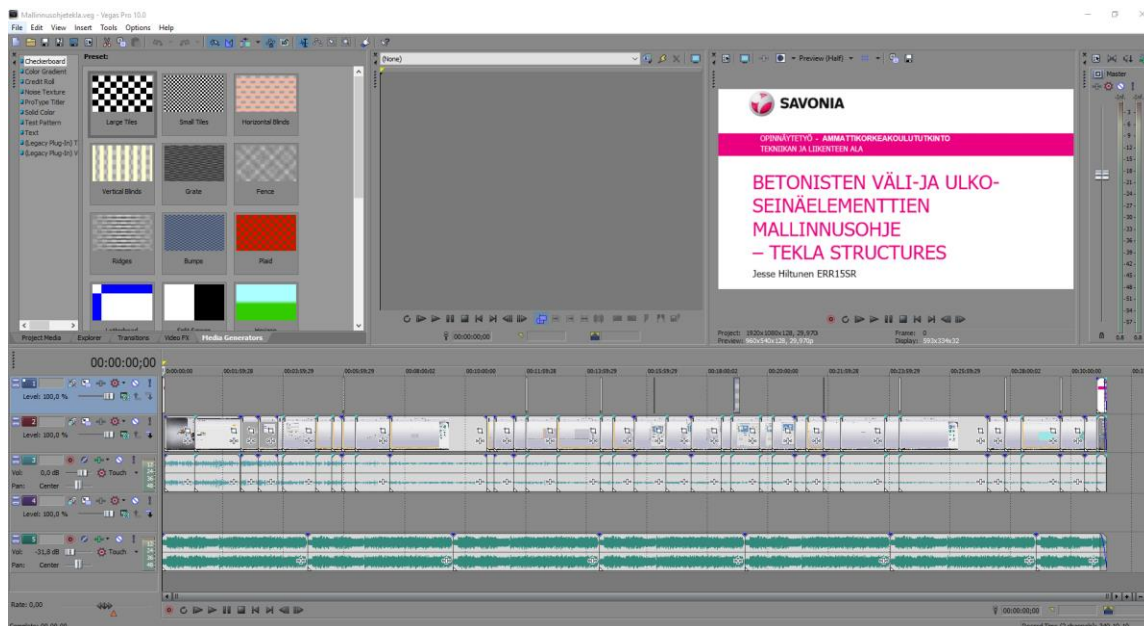
Työ aloitettiin keräämällä tietoa betonielementtirakentamisesta ja betonisista seinäelementeistä. Lähtötiedot kerättiin pääasiassa erilaisista verkkolähteistä, mutta myös hieman kirjallisuudesta. Mallinnusohjeen rakenne ja formaattimuoto suunniteltiin Arto Puurulan kanssa ja päädyimme ratkaisuun, jossa tehdään mallinnusohje video- ja paperimuodossa.

Tämän jälkeen aloin tutkimaan, että mikä on yksinkertaisin tapa mallintaa väli- ja sandwichelementit sekä niihin tulevat aukot ja raudoitukset. Mallinnus suoritettiin Tekla Structures 2018i-versiolla ja työssä ei ollut mitään konkreettista kohdetta. Ainoastaan universaaleja seinäelementtejä.

5.1 Rakenne ja ulkoasu

Mallinnusohjeiden rakenteesta tehtiin selkä ja johdonmukainen ja edettiin järjestyksessä, jossa elementtien tekeminen ja mallin seuraaminen samalla olisi mahdollisimman helppoa. Ohje on suunnattu aloittelevalle mallintajalle. Sen avulla seinäelementtien mallintaminen tulisi sujua helposti.

Mallinnusohjeiden video-ohje kuvattiin Bandicam-ohjelmistolla, jossa selostan koko ajan mitä tapahtuu ja miksi näin tehdään. Kuvaamisen jälkeen editoin videon Sony Vegas Pro 10 -ohjelmistolla.



KUVA 13. Kuva Sony Vegas Pro 10- ohjelmistosta ja video-ohjeen työstämisestä. (Hiltunen 2019)

Videon rinnalle tein myös paperisen apuliitteen, jossa näkyy kaikki työvaiheet kuvien kanssa, eri työkalujen ja termien suomennot ja selitykset, että mitä mistäkin tapahtuu. Apuliitteestä löytyy myös muuta nippelitietoa. Ohjeen rakenne on tehty Savonian raporttipohjalle, kuten myöskin kansilehti.



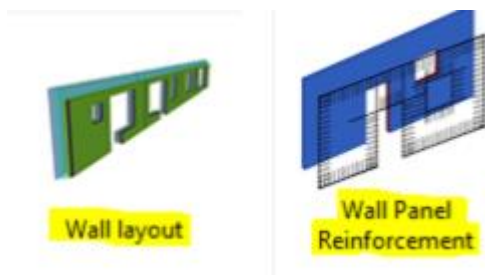
KUVA 14. Mallinnusohjeen apuliitteen kansilehti. (Hiltunen 2019)

5.2 Sisällön tuottaminen

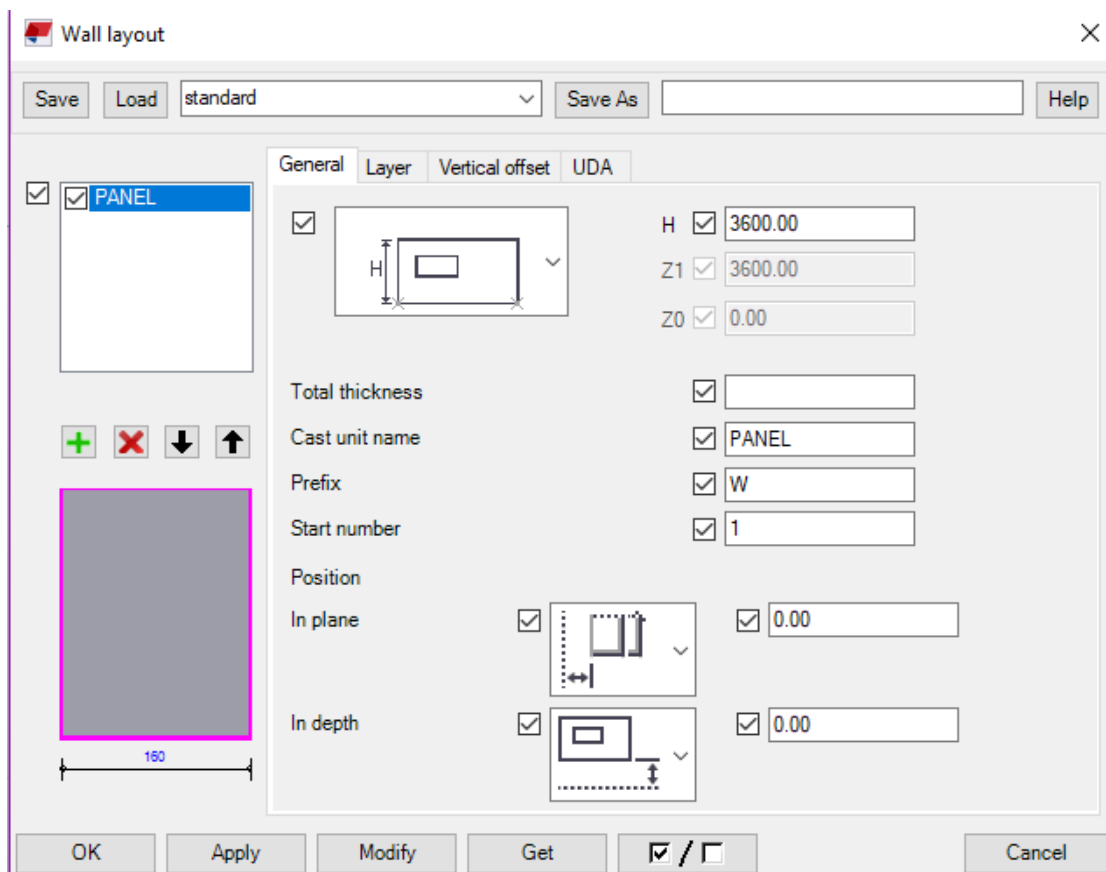
Mallinnusohjeen sisällön tuottaminen aloitettiin ensin mallintamalla ja kokeilemalla työkalua, jota tässä mallinnusohjeessa käytetään betonisten väli- ja ulkoseinäelementtien mallintamiseen.

5.2.1 Tärkeimmät työkalut

Suuressa osassa mallinnusohjetta ovat työkalut: Wall layout sekä Wall Panel Reinforcement.



KUVA 15. Pääosassa olevat työkalut Wall layout ja Wall Panel Reinforcement (Hiltunen 2019)



KUVA 16. Elementtien muotoiluun Wall layout-työkalun päävalikko (Hiltunen 2019)

Wall Panel Reinforcement

Save Load standard Save As Help

Picture Reinforcement Opening Diagonals Column Beam Additional Attributes

Mesh

Create No

Size ...

Grade

Create bars Both sides

Custom settings

Horizontal reinforcing bars

L <= 3000.00 < L <= 6000.00 < L

Size 10 12 16

Grade Undefined Undefined Undefined

Bending radius 20.00 30.00 40.00

Splice length 400.00 500.00 700.00

Vertical reinforcing bars

H <= 3000.00 < H

Size 10 12

Grade Undefined Undefined

Bending radius 20.00 30.00

Splice length 400.00 500.00

U Reinforcement

	Top	Bottom	Start	End
Size	<input checked="" type="checkbox"/> 8	<input checked="" type="checkbox"/> 8	<input checked="" type="checkbox"/> 8	<input checked="" type="checkbox"/> 8
Grade	<input checked="" type="checkbox"/> Undefined	<input checked="" type="checkbox"/> Undefined	<input checked="" type="checkbox"/> Undefined	<input checked="" type="checkbox"/> Undefined
Bending radius	<input checked="" type="checkbox"/> 16.00	<input checked="" type="checkbox"/> 16.00	<input checked="" type="checkbox"/> 16.00	<input checked="" type="checkbox"/> 16.00
Hook length	<input checked="" type="checkbox"/> 400.00	<input checked="" type="checkbox"/> 400.00	<input checked="" type="checkbox"/> 400.00	<input checked="" type="checkbox"/> 400.00
Spacing	<input checked="" type="checkbox"/> 200.00	<input checked="" type="checkbox"/> 200.00	<input checked="" type="checkbox"/> 200.00	<input checked="" type="checkbox"/> 200.00

OK Apply Modify Get / Cancel

KUVA 17. Elementtien pääraudoituksen Wall Panel Reinforcement- työkalun valikko (Hiltunen 2019)

Wall layout

Save Load Sandwichielementti Save As Sandwichielementti Help

General Layer Vertical offset UDA

SISÄKUORI
 ERISTE
 ULKOKUORI

Layer name ULKOKUORI

Layer type Structure

Layer elementation Yes

Layer creation Add to cast unit

Layer component

Attribute settings

Layer thickness 80.00

Part name ULKOKUORI

Class 221

Material C25/30

Pour phase

Prefix S

Start number 1

OK Apply Modify Get / Cancel

KUVA 18. Sandwich-elementtien rakenteen määrittelyä. (Hiltunen 2019)

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Savonian Ammattikorkeakoululle mallinnusohjeet betonisille väli- ja ulkoseinäelementeille Tekla Structures-ohjelmistolla. Ohjeista oli tarkoitus tehdä aloittelijaystävälliset ja helposti ymmärrettävät. Ohjetta hyödyntäen aloitteleva mallintaja pystyy mallintamaan kyseiset seinäelementit. Oma tavoitteeni oli kehittää omia taitojani ohjelmiston käyttämisessä ja samalla myös esittelytaitojani. Tavoite oli myös kehittää osaamista betonielementtisuunnittelun parissa.

Tuloksena tuotettiin mallinnusohjeet ja niistä voi todeta, että ne ovat aloittelijaystävälliset eikä mitään jätetä arvailun varaan. Jokaisessa kohdassa on selitetty, että mitä mistäkin tapahtuu ja miksi näin tapahtuu. Tavoitteessa mielestäni onnistuttu mainiosti.

Mallinnusohjeita voi varmasti kehittää vielä eteenpäin, esimerkiksi editoinnin kuin myös sisällönkin osalta, mm. ansaiden mallintaminen. Joitain vaiheita voidaan jättää pois, kuten projektin aloituksesta kertominen sekä joitain perustoimintoja. Tässä ohjeessa niitä ei kuitenkaan jätetty pois, koska lähtökohtana oli, että ohje tulee sellaiselle opiskelijalle, joka ei välttämättä ole käyttänyt ohjelmistoa kertaakaan.

Haasteellisinta oli itse videon tekeminen, koska on yllättävän vaikeaa jättää ylimääräiset sanottavat pois. On myös haasteellista puhua mahdollisimman selkeää puhekieltä ilman murretta. Minun tapauksessani savon murteen jättäminen pois puheesta oli todella haastavaa enkä siinä aina onnistunutkaan, mikä tuskin kuitenkaan haittaa ketään. Myös paperisen ohjeen tekeminen oli todella työlästä ja vaati tarkkuutta, ettei mitään vaihetta jäänyt pois välistä.

Tunnen, että opinnäytetyön aikana osaamiseni betonielementtien parissa kehittyi. Myös Tekla Structures-ohjelmiston käyttötaidot ovat kehittyneet opinnäytetyön aikana hurjasti. Erityisesti yritin lisätä ymmärrystäni tietomallinnuksen ja ohjelmiston parissa. Pystyn jatkamaan töitäni elementtisuunnittelijana aiempaa kokeneempana.

LÄHTEET

- Wikipedia.org Savonia Ammattikorkeakoulu [verkkoaineisto] [Viitattu 2019-01-09]
 Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Savonia-ammattikorkeakoulu>
- Savonia.fi AMK- ja YAMK tutkinnot [verkkoaineisto] [Viitattu 2019-01-09]
 Saatavissa: <https://www.portal.savonia.fi/amk/fi/hakijalle/amk-ja-yamk-tutkinnot>
- Wikipedia.org Pantheon (Rooma) [verkkoaineisto] [Viitattu 2019-01-09]
 Saatavissa: [https://fi.wikipedia.org/wiki/Pantheon_\(Rooma\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Pantheon_(Rooma))
- Elementtisuunnittelu.fi Elementtirakentamisen historia [verkkoaineisto] 2009. [Viitattu 2019-01-09]
 Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>
- HYTÖNEN, Yki ja SEPPÄNEN, Matti. 2009. Tehdään elementeistä. Helsinki: SBK-säätiö.
- JUUTI, Jarno 2014-01-04 BBC antoi Helsingin rautatieasemalle yllättävän kunnian [digikuva].
 Artikkelit [verkkajulkaisu]. Sijainti: Iltalehti sähköiset kokoelmat
- Rakennustieto.fi YTV2012 [verkkoaineisto] [Viitattu 2019-01-24]
 Saatavissa:
https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx
- Tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku:
 Tietoa meistä. Historia
- Tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku:
 Tuotteet. Tekla Structures.
- Tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku:
 Tietoa meistä. Open BIM.
- Tekla.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/> Polku:
 Tuotteet. Tekla Structures. Tuotekokoonpanot.
- Betoni.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa: <https://www.betoni.com/> Polku:
 Betonirakentaminen. Elementtirakentaminen. Talonrakentaminen
- Opinnäytetyö [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa:
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43662/Nostolenkkien+ja+-osien+valintaopas+THESUS.pdf;jsessionid=0D7C47BDF0D40AF38DC6ACD08C6B4A62?sequence=1>
- Pintos Oy Nostolenkit [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-24] Saatavissa:
<https://www.pintos.fi/tuotteet/raudoitteollisuuteen/getfile.php?file=858>

LIITTEET

Betonisten väli- ja ulkoseinäelementtien mallinnusohje pdf-tiedostona.

Linkki mallinnusohjevideon:

<https://www.youtube.com/watch?v=AIqUvyCPQ1c&feature=youtu.be>