

Joonas Leinonen

TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN ELEMENTTIKOHTAISessa RAUDOITUSOSAVALMISTUKSESSA

Opinnäytetyö
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Joulukuu 2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Joonas Leinonen	Insinööri (AMK)	Joulukuu 2017
Opinnäytetyön nimi		
Tietomallin hyödyntäminen elementtikohtaisessa rauditusosavalmistuksessa		61 sivua 23 liitesivua
Toimeksiantaja		
Parma Oy		
Ohjaaja		
Lehtori Jani Pitkänen Lehtori Sirpa Laakso		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia mahdollisuutta ottaa käyttöön elementtikohtaisia valmisverkkoja elementinvalmistuksessa. Työ on toteutettu tuotesuunnittelun näkökulmasta, keskittyen tietomallintamiseen ja sen tuomien etujen parempaan hyödyntämiseen lopputuotteen valmistuksessa. Elementtikohtaiset valmisverkot vähentävät tehtaalla syntyvää materiaalihukkaa huomattavasti sekä myös helpottavat elementtityöntekijöiden työtä vähentämällä verkon leikkaamista suurista vakiokokoisista paloista.</p> <p>Valmisverkkojen valmistusta tarkastellaan PXML-tiedostomuodon kannalta, joka on automatisoitua elementinvalmistusta sekä rauditusosavalmistusta varten kehitetty tiedostomuoto. PXML-tiedostoja pystytään luomaan Tekla Structures -suunnitteluohjelmasta Precast Production Export -työkalun avulla. Tämän työkalun toimintaan ja mahdollisuuksiin syvennyttään opinnäytetyössä varsin tarkasti.</p> <p>Työkalun toiminnan sekä automatisoidun verkonvalmistuksen kokeilemiseksi järjestettiin Parma Oy Kotkan tehtaalla pilottikokeilu. Tietomallista luotujen PXML-tiedostojen pohjalta valmistettuja elementtikohtaisia valmisverkkoja kokeiltiin ensimmäistä kertaa Suomessa. Precast Production Export -työkalun käyttämisestä pyrittiin tekemään mahdollisimman helppokäyttöistä, mutta muutamia attribuutteja verkonvalmistusta varten jouduttiin vielä määrittämään UDA-tekstinä, koska työkalun kehitystyö on vielä kesken.</p> <p>Pilottikokeilun aikana havaittiin elementtikohtaisten rauditusverkkojen olevan varsin tuotantokelpoinen vaihtoehto verkkojen leikkaamiselle vakiokokoisista verkoista. Jatkuva päivittäinen elementtituotanto elementtikohtaisten valmisverkkojen avulla sisältää kuitenkin runsaasti tuotannollisia sekä logistisia haasteita. Satunnaisten yksittäisten kohteiden toteuttaminen valmisverkoilla on tämän opinnäytetyön tulosten pohjalta mahdollista toteuttaa suhteellisen helposti. Tämä helpottaa elementtityöntekijän työtä sekä vähentää syntyvää materiaalihukkaa, kuten oli tarkoituskin.</p>		
Asiasanat		
BIM, Betoni, Elementtiteollisuus, Rauditusosavalmistus, PXML		

Author (authors)	Degree	Time
Joonas Leinonen	Bachelor of Engineering	December 2017
Thesis Title Exploitation of building information model in individual precast concrete member reinforcement manufacturing		61 pages 23 pages of appendices
Commissioned by Parma Oy		
Supervisor Jani Pitkänen, Senior Lecturer Sirpa Laakso, Senior Lecturer		
<p data-bbox="164 911 300 943">Abstract</p> <p data-bbox="164 983 1469 1198">The objective of the thesis was to inspect possibilities of reinforcement manufacturing for individual precast concrete member production. The thesis was implemented from the perspective of product design. The focus was on building information modelling and on the exploitation of information in the final production. Reinforcement mesh that has been identified to individual precast concrete member can reduce the waste of materials and facilitates the job of precast workers.</p> <p data-bbox="164 1238 1457 1417">Production of reinforcement mesh was examined from the perspective of PXML file format. PXML is a file format made for automatized precast plants and reinforcement manufacturing. PXML files can be exported from Tekla Structures design software by using the Precast Production Export tool. This thesis includes deeper information and possibilities related to the use of Precast Production Export tool.</p> <p data-bbox="164 1458 1465 1637">To test the tool and reinforcement manufacturing based on PXML file we organized a pilot test in Parma Oy Kotka factory. This test was the first one in Finland to test reinforcement manufacturing based on information modelling. The usage of Precast Production Export tool was supposed to be simple, but because the development of the tool is still in progress we had to define some attributes by UDA text.</p> <p data-bbox="164 1677 1452 1892">During the pilot test we observed that reinforcement mesh that has been identified to fit in the right precast concrete member is a quite competent solution in precast concrete production. Changing of daily production for using identified meshes contains lots of productional and logistical challenges. However occasional individual projects can be quite easily produced by using PXML format based reinforcement meshes. This meets the target for reducing material waste and facilitates the work.</p>		
<p data-bbox="164 1937 320 1968">Keywords</p> <p data-bbox="164 2009 1337 2040">BIM, Concrete, Precast concrete production, Reinforcement manufacturing, PXML</p>		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tausta ja tavoite.....	6
1.2	Parma Oy.....	7
1.3	Pintos Oy.....	7
1.4	Trimble Solutions Oy.....	7
2	TIETOMALLINNUS (BIM).....	8
2.1	Tietomallintaminen.....	8
2.2	IFC-tiedostomuoto.....	10
2.3	Tekla Structures.....	11
2.4	Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012).....	11
3	ELEMENTTISUUNNITTELU.....	13
3.1	Elementtirakentaminen standardointi.....	13
3.2	Elementtisuunnittelu.fi.....	13
4	VÄLISEINÄT.....	14
4.1	Väliseinäelementtien päämitat.....	14
4.2	Väliseinien sähkövaraukset.....	15
4.3	Väliseinien reiät ja läpiviennit.....	17
4.4	Valmistustoleranssit.....	17
5	KOTKAN TEHDAS.....	18
5.1	Väliseinien valmistus.....	18
5.2	Väliseinien raudoitus.....	19
5.3	Teräsjätteen määrä.....	20
5.4	Tuotantoprosessi tulevaisuudessa.....	21
5.5	CODE-projekti Kotkan tehtaalla.....	23
6	PXML.....	24
6.1	PXML-tiedosto.....	24
6.2	PXML-tiedostomuodon synty.....	25

6.3	PXML-tiedostomuodon käyttökohteet	26
6.4	PXML-tiedostomuoto tulevaisuudessa.....	27
6.5	PXML-tiedostosta raudoituskomponentteja	28
7	VERKKOTOIMITTAJANA PINTOS OY	30
7.1	Verkkojen valmistus.....	30
7.2	Verkkojen toimitus	31
8	PXML-TIEDOSTO TIETOMALLISTA.....	32
8.1	Precast Production Export -työkalu.....	32
8.2	Asetuksien asettaminen.....	34
8.2.1	General-välilehti.....	35
8.2.2	Tiedostonimen määrittäminen.....	36
8.2.3	Reinforcement-välilehdet	37
8.2.4	Muut välilehdet.....	39
8.3	PXML-tiedoston luominen.....	41
9	PXML-TIEDOSTON POHJALTA VALMISTETTUIJEN VALMISVERKKOJEN PILOTTIKOKEILU KOTKAN TEHTAALLA.....	43
9.1	Tiedostojen luominen sekä verkkojen tilaaminen.....	43
9.2	Elementtien valmistus.....	48
9.3	Lisäkokeilu: Verkot sisältäen pieliteräkset.....	51
10	YHTEENVETO	53
	LÄHTEET.....	56

KUVALUETTELO

LIITTEET

Liite 1. Pintos Oy verkonvalmistus

Liite 2. PXML-tiedoston luominen verkkotuotantoa varten (Parma Oy)

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoite

Tämä opinnäytetyön tilaajana toimii Parma Oy, joka toimii myös tämänhetkisenä työnantajani. Tietomallintaminen on oleellinen osa Parman tuotesuunnittelua, ja sitä halutaan kehittää jatkuvasti eteenpäin. Mallintamalla kohteen elementit voidaan mahdollisilta virheiltä, sekä yhteentörmäyksiltä vältyttyä jo suunnitteluvaiheessa. Parma käyttää mallintamiseen Tekla Structures -ohjelmistoa.

Opinnäytetyön idea lähti alun perin siitä, että Parman Kotkan tehtaalla olisi tarkoituksena vähentää merkittävästi teräsjätteen määrää lähitulevaisuudessa. Varsinkin teräsverkkojätettä syntyy tehtaalla paljon. Tällä hetkellä raudoitusverkot tulevat tehtaalle varastokoossa, josta ne leikataan elementin kokoisiksi. Ylimääräinen leikkujäte menee lähes poikkeuksetta hyödyttömäksi jätteeksi teräsjätelavalle.

Tulevaisuuden tavoitteena on, että tietomallista saadaan elementtikohtaisesti otettua jokaiseen elementtiin sopivan verkon tieto PXML-tiedostomuodossa. Pintoksen verkonvalmistuskone pystyy ymmärtämään tiedostomuotoa sellaisenaan ja pystyy valmistamaan mallin mukaisen verkon. Verkot siis saapuivat tehtaalle ”korvamerkittyinä” aina kyseiseen elementtiin sopivaksi, ja verkoista syntyvä materiaalihukka pienentyisi käytännössä kokonaan. Kehitysprojektissa ovat Parman lisäksi mukana verkkotoimittajana Pintos Oy sekä Tekla Structures mallinnusohjelman kehittäjä Trimble Solutions Oy.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia ohje siitä, kuinka tietomallista saadaan tuotettua PXML-tiedosto, joka sisältää elementin raudoitusverkkojen geometriset muototiedot sekä elementtiä koskevat tunnustiedot. Lisäksi kartoitetaan mahdolliset muutostarpeet Parman suunnittelukäytännöissä palvelemaan tätä tarvetta. Tätä ohjetta vaihe vaiheelta seuraamalla saadaan tuotettua PXML-tiedostot myös ilman aikaisempaa kokemusta kyseisen tiedostomuodon luomisesta. Tämä ohje toteutetaan käyttäen Parma Oy:n suunnittelukäytäntöjä.

1.2 Parma Oy

Parma Oy on Suomen suurin betonisten valmisosien valmistaja. Yritys toimii Suomessa yhteensä yhdeksällä paikkakunnalla ja työllistää noin 600 henkilöä. Vuonna 2016 Parman liikevaihto oli 144,4 miljoonaa euroa. Parma Oy on osa Consolis-konsernia, joka on puolestaan Euroopan suurin betoniteknikkaan perustuvien ratkaisujen tuottaja. Consolis toimittaa betonisia valmisosaratkaisuja rakennuksille, sekä infrastruktuurihankkeisiin. Consoliksella on toimintaa 30 maassa ja se työllistää yhteensä yli 10 000 henkilöä. Koko Consolis-konsernin liikevaihto on noin 1,3 mrd euroa. [1.]

1.3 Pintos Oy

Pintos Oy on suomalainen perheyriety, joka on perustettu vuonna 1956. Pintos Oy:n liiketoiminta-alueeseen kuuluvat teollisuusnaulat, rautakauppanaulat, perusraudoitteet sekä teollisuuden raudoitteet. Pintoksella on Suomessa kaksi tuotantolaitosta, toinen Eurassa ja toinen Raumalla. Lisäksi naapurimaa Ruotsista löytyy tytäryhtiö Pintos Svenska, joka sijaitsee Värnamossa. Pintos konsernin palveluksessa työskentelee noin 150 henkilöä ja liikevaihto on noin 55 miljoonaa euroa. [2.]

Pintos valikoitui mukaan tähän projektiin siitä syystä, että heiltä löytyy oikeanlaiset tuotantovälineet projektia varten. Pintokselta löytyy verkonvalmistuskone, johon pystytään syöttämään valmistustietoa PXML-tiedostomuodossa. Kone pystyy tämän jälkeen valmistamaan verkon PXML-tiedoston sisältämän koodin perusteella lähes täysin automaattisesti.

1.4 Trimble Solutions Oy

Vuonna 1966 muutamat insinööritoimistot päättivät perustaa yhteisen ohjelmistoyrityksen tietokoneiden resurssipulan vuoksi. Tämän uuden ohjelmistoyrityksen nimeksi valikoitui Tekninen Laskenta Oy. Samana vuonna yrityksen kutsumanimeksi kuitenkin vakiintui lyhenne Tekla. Ohjelmistokehityksen pääpainona yrityksen alussa olivat rakennesuunnittelu, maarakennus sekä tie-suunnittelu. [3.]

Vuonna 2011 Teklasta tuli osa Trimble-konsernia, mutta nimi Tekla elää edelleen vahvasti tietomallintamiseen ja rakennesuunnitteluun liittyvien ohjelmistojen nimissä. Trimble Solutions itsessään on kansainvälinen monialainen paikakatietopohjaiseen teknologiaan keskittynyt yritys. Trimblellä on työntekijöitä yli 35 maassa ympäri maailmaa. [3;4.]

Nykyään Teklalta löytyy tuotteita Tekla nimen alta yhteensä neljä kappaletta: Tekla Structures, Tekla BIMsight, Tekla Field3D sekä Tekla Civil. Jokaisella näistä ohjelmista on omat käyttötarkoituksensa, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään Tekla Structures -ohjelmiston käyttöön, joka esitellään tarkemmin myöhemmin. [3.]

2 TIETOMALLINNUS (BIM)

2.1 Tietomallintaminen

Tietomallinnus tunnetaan yleisesti lyhenteellä BIM, joka taas tulee sanoista Building Information Modelling. Tämä taas tarkoittaa rakennuksen tiedon sisällyttämistä yhteen samaan paikkaan. Paras mahdollinen hyöty tietomallinnuksesta saadaan, kun kaikki tietomallinnettavaan projektiin osallistuvat osapuolet käyttävät samaa tekniikkaa. Tietomallin sisältämiä tietoja voidaan hyödyntää läpi koko rakennuksen elinkaaren, aina rakentamisesta kiinteistön ylläpitoon ja huoltoon asti. Pääasiassa tietomallit kuitenkin sisältävät rakentamista, osavalmistusta sekä hankintaa tukevaa tietoa. [5.]

Tietomallintamisen hyödyt verrattuna perinteiseen kaksiulotteiseen suunnitteluun ovat moninkertaiset. Tietomalliin saadaan sisällytettyä niin paljon tietoa, että se palvelee kaikkia eri osapuolia, jotka toimivat rakennuksen parissa (kuva 1). Teklalla voidaan esimerkiksi mallintaa kaikki rakenteet ja liitokset erittäin tarkasti, jolloin työmaalla voidaan epäselvä asia tarkastaa suoraan tietomallista, eikä välttämättä tarvitse varmistaa asiaa suunnittelijalta. Tietomallien tarkastelemiseen on olemassa sovelluksia, joilla mallia pystytään tarkastelemaan esimerkiksi tablet-tietokoneella suoraan työmaalla.



Kuva 1. Rakennuksen tietomalliin osallistuvat eri osapuolet. (Imatran Juva Oy 2017)

Virheet, ristiriitaiset suunnitteludokumentit, sekä tehoton tiedonkulku johtavat väistämättä materiaalien ja resurssien hukkaan. Uusien kalliiden suunnitelmien tekeminen ja viivästyksset niin elementtitehtaassa, kuin työmaalla aiheuttavat suuria kustannuksia hyvinkin nopeasti. Tietomallintaminen taas vähentää näistä syistä aiheutuvia kustannuksia huomattavasti, koska suunnitteluprosessi muuttuu paremmin hallittavaksi verrattuna perinteiseen 2D-piirtämiseen. Tarkka 3D-tieto auttaa projektin kaikkia osapuolia ymmärtämään paremmin suunnittelijan alkuperäistä päämäärää sekä ajatuksia. [5;6.]

Hyvin tehty tietomalli sisältää kaiken tiedon piirustusten, raporttien ja valmistustietojen tuottamista varten. Lisäksi muuttuneet tiedot 3D-mallissa voidaan automaattisesti päivittää olemassa oleviin dokumentteihin, jotta tieto pysyy koko ajan yhtenäisenä. Kaikkien rakennuksen osapuolien pääsy tietomalliin käsiksi vähentää inhimillisten virheiden määrää, kun ajankohtaiset suunnitelmat ovat aina saatavilla ja nähtävissä jopa suoraan työmaalla. [6;7.]

Tietomallipohjaisen suunnittelun etuja verrattuna perinteiseen 2D-suunniteluun ovat esimerkiksi: [7.]

- Suunnitelmien parempi havainnollisuus
- Vaihtoehtojen tarkastelun helpottuminen
- Tarkempi ja monipuolisempi suunnittelun lopputulos ja suunnitelmien tietosisältö
- Erilaisten analyysien ja simuloitien toteuttaminen
- Suunnitteluvirheiden aikaisempi havaitseminen
- Ajantasaisen tiedon automaattinen ulosotto
- Tietomallin sisältämän tiedon jatkohyödyntäminen
- Eri suunnittelijoiden mallien yhteensovittaminen ja törmäystarkasteluiden suorittaminen

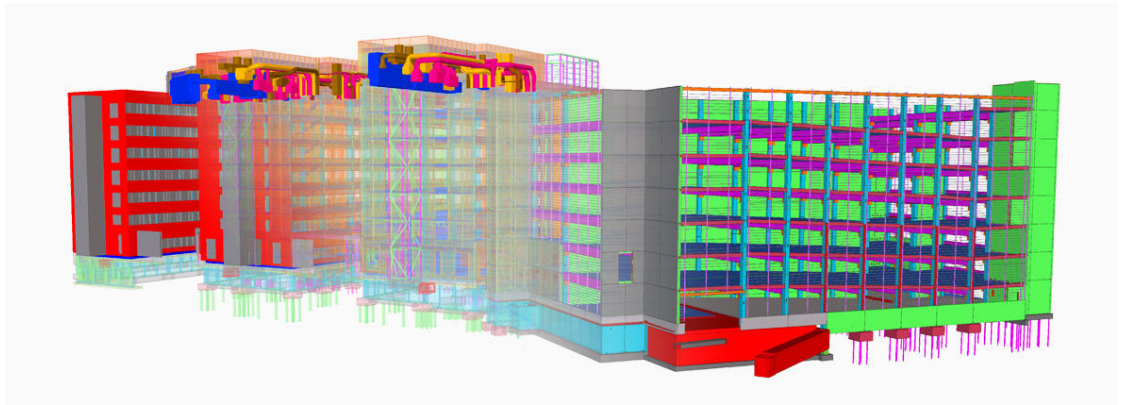
2.2 IFC-tiedostomuoto

IFC-tiedostomuoto (Industry Foundation Classes) on kansainvälisen International Alliance for Interoperabilityn kehittämä avoin XML-pohjainen tiedostomuoto. IFC perustuu ISO/PAS 16739 standardiin, joka on standardi koskien tiedonsiirtoa tietokonesovelluksesta toiseen. IFC-tiedostomuoto on yleisin mallinnusohjelmien välisessä tiedonsiirrossa käytetty tiedostomuoto. Esimerkiksi rakennemalliin voidaan helposti liittää IFC-muodossa olevat arkkitehtimallit, sekä esimerkiksi talotekniikkamallit. Näin päästään tarkastelemaan rakennuksen yleistä toimivuutta, sekä mahdollisesti huomataan virheet ja yhteentörmäykset jo suunnitteluvaiheessa. [8.]

IFC-muodossa olevia tietomalleja voidaan avata monenlaisissa viewer-tyyppisissä ohjelmistoissa. Näistä ohjelmatyypeistä suosituimpia ovat Solibrin kehittämä Model Viewer sekä teklan Field3D. Näillä helppokäyttöiseksi tehdyillä ohjelmilla voidaan pyöritellä ja tarkastella tietomallia ilman varsinaista mallinnuskokemusta ja saada sieltä ratkaisuja mahdollisiin ongelmatilanteisiin. IFC:llä voidaan siirtää ainoastaan oliotietoja eli parametreja sekä 3D-geometrisia tietoja. Piirustusmuotoisten tietojen siirtäminen on siis mahdotonta IFC-muodossa.

2.3 Tekla Structures

Tekla Structures on ohjelmisto, jolla voidaan tuottaa 3D-malli rakennuksista, sekä muista suurista konstruktioista (kuva 2). Tietomallintamisella tarkoitetaan yleisesti rakennuksen koko elinkaaren tiedon sisällyttämistä samaan malliin, joka on saatavissa kaikille sitä tarvitseville. Tekla Structures on Trimble Solutions Oy:n omistama ja hallitsema erityisesti rakennusten tietomallintamiseen käytetty ohjelmisto. Tekla Structures -ohjelmiston osuus Trimblen liikevaihdosta on merkittävin. [9.]



Kuva 2. Havainnekuva Tekla Structures -ohjelmistolla tehdystä tietomallista. (Trimble inc. 2017)

Tekla Structures -ohjelmistolla valmistetaan kolmi- tai neliulotteisia tietomalleja. Ohjelmistoon on olemassa erilaisia lisäsovelluksia, jotta ohjelmistosta saadaan käyttöön vieläkin laajemmat käyttömahdollisuudet. Ohjelmisto itsessään sisältää komponenttikirjaston, josta löytyy valmiita detelji- ja liitosmalleja, sekä myös vaihtoehto komponenttien tekemiseen itse. Monella elementtiteollisuuden teräs- sekä valmisosatoimittajalta löytyy valmiit komponenttityökalut myös omista tuotteistaan, joka puolestaan helpottaa sekä tarkentaa suunnittelijan työtä. [9.]

2.4 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on 14-osainen julkaisusarja, joka sisältää tietomallintamista koskevia yleisiä vaatimuksia. Tietomallivaatimukset määrittelevät tarkasti mallinnusohjeet rakennusprosessin jokaiselle vaiheelle. Tietomalleista saadaan kaikkein eniten irti, mikäli kaikki osapuolet mallintavat omat osuutensa sovittujen sääntöjen puitteissa.

Mallien yhdistäminen toisiinsa on helpompaa, mikäli mallit on tehty samoilla lähtötiedoilla. Yleisten tietomallivaatimusten tavoitteena on siis yhdenmukaistaa ja vakinaistaa rakentamisen kaikkia toimintatapoja. Ohjelmistojen kehittäjille tietomallivaatimukset luovat käytännössä raamit ohjelmistojen laadun sekä yhteensopivuuden kehittämiseksi. Yleiset tietomallivaatimukset on julkaistu myös Englanniksi, Saksaksi, Viroksi ja Espanjaksi. [10;11.]

Tietomallivaatimukset on alun perin julkaistu Senaatti-kiinteistöjen toimesta vuonna 2007. Vuonna 2007 julkaistussa tietomallivaatimuksissa oli vain yhdeksän osaa, joten vuonna 2012 päivitettyissä tietomallivaatimuksissa syntyi kokonaan viisi uutta osaa. Uusissa tietomallivaatimuksissa on mukana myös energiankulutukseen sekä kestävään kehitykseen liittyviä tavoitteita. [11.]

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) koostuvat seuraavista osista:
[10.]

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

3 ELEMENTTISUUNNITTELU

3.1 Elementtirakentaminen standardointi

1960-luvulla Betoniteollisuus ry aloitti uudenlaisen standardisointityön liittyen betonielementtirakentamiseen. Tarkoituksena oli yhtenäistää ja vakioda betonielementtirakentamista, vähentää virheitä sekä pienentää syntyviä kustannuksia. Tätä standardisointia tekemään nimitettiin BES-toimikunta, joka suoritti laajan vertailun ulkomailla kehitetyistä erilaisista elementtijärjestelmistä. Toimikunta kävi läpi yli 600 erilaista elementtijärjestelmää, joista lopullisen järjestelmän määritykseen valikoitui 25 kappaletta. Näiden 25 järjestelmän pohjalta määrytyi neljä erilaista elementtirakentamisen ryhmää. Nämä ryhmät olivat, pilari-palkki-, pilari-laatta-, kantavat seinät- ja tilaelementtimalli. [12.]

Näistä neljästä erilaisesta elementtijärjestelmästä BES-toimikunta valitsi kantavat seinät -mallin parhaaksi elementtijärjestelmäksi asuinkerrostalorakentamiseen. Tämän mallin katsottiin mahdollistavan kustannustehokkaimman ja teknisesti luotettavimman betonielementtituotannon verrattuna muihin malleihin. Tämä kantavat seinät -malli on ollut jo vuosikymmeniä suosituimpia asuinkerrostaloissa käytettyjä elementtijärjestelmiä. Yleistyneet liiketilamahdollisuudet kerrostalon ensimmäisessä kerroksessa toteutetaan usein pilari-palkki-mallilla, mutta liiketiloista ylempänä olevat asuinkerrokset ovat usein toteutettu kantavat seinät -mallilla. [12.]

3.2 Elementtisuunnittelu.fi

Elementtisuunnittelu.fi on Betoniteollisuus ry:n julkaisema verkkosivusto, joka sisältää asiantuntijoiden laatimaa sisältöä suomalaisesta betonielementtien suunnittelusta. Asiantuntijoiden laatima materiaali helpottaa projektien suunnittelua ja toteutusta sekä varmistaa taloudellisesti edullisen ja toimivan lopputuloksen. Betoniteollisuus ry on uudistanut betonielementtirakentamisen ohjeistuksen eurokoodien mukaiseksi vuonna 2010. Tämän jälkeen päivitykset ovat olleet huomattavasti pienempiä. [13.]

Sivustolta löytyy paljon valmiita rakennedetaljeja sekä -liitoksia. Myös erilaisia esimerkkipiirustuksia sekä taulukoita löytyy runsaasti. Itse aineisto on sivus-

tolla lajiteltu käyttäjäryhmän mukaisesti. Käyttäjäryhmiä ovat muun muassa rakennesuunnittelijat, urakoitsijat, rakennuttajat sekä arkkitehdit. Sivusto sisältää myös runsaasti hyödyllistä tietoa elementtirakentamisesta kaikille alan opiskelijoille ja muille asiasta kiinnostuneille.

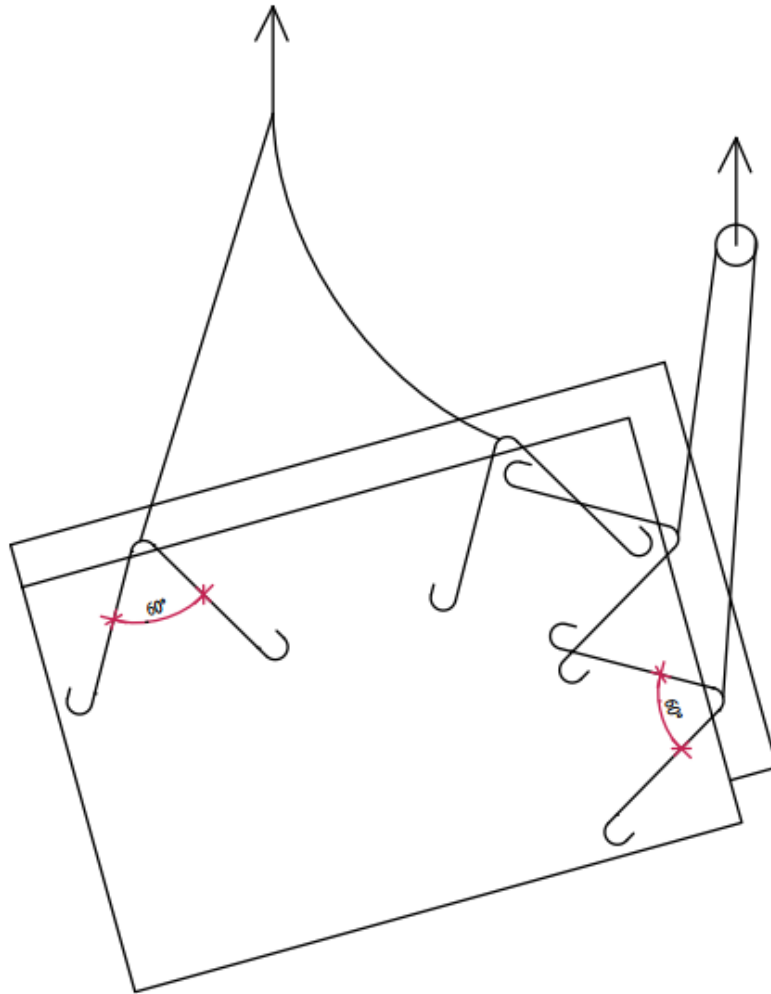
4 VÄLISEINÄT

4.1 Väliseinäelementtien päämitat

Seinäelementit ovat yleisesti ottaen puristettuja rakenteita. Pelkästään puristusrasitettuja seinäelementtejä ei välttämättä tarvitse raudoittaa muuten kuin pieliraudoituksella. Seinäelementtien mitat vaihtelevat huomattavasti, joten tällä hetkellä ei voida puhua mistään standardikokoisista väliseinäelementeistä. Seinäelementtien suositeltava maksimipituus on noin 9 metriä. Pitkiä elementtejä suunniteltaessa pitää ottaa huomioon esimerkiksi työmaan nostokalusto, koska yksittäisen elementin paino nousee hyvinkin nopeasti normaalisti työmaalla käytössä olevan nostokaluston ylärajoille. [14.]

Kantavan ja jäykistävän seinän suunniteltava minimipaksuus on 180 mm. Yleisimmät käytettävät paksuudet ovat kuitenkin 200 mm ja 150 mm. Muita käytettäviä paksuuksia ovat 160 mm, 180 mm, 220 mm ja 250 mm. Seinäpaksuuksissa määrääviksi tekijöiksi muodostuvat usein myös palotekniset seikat. Huoneistojenvälisen seinien paksuudeksi suositellaan 200 mm paksua seinää ääniteknisten seikkojen takia. [14.]

Väliseinäelementtien suositeltava maksimikorkeus on noin 4 metriä, mutta korkeammatkin väliseinät ovat mahdollisia ja ne voidaan toteuttaa työmaalla käännettävinä elementteinä (kuva 3). Vaikka yli 4 metriä korkeiden elementtien valmistus tehtaalla onnistuisi, kuljetus työmaalle muodostuu ongelmaksi lähinnä matalien siltojen sekä esimerkiksi matalalla roikkuvien johtojen vuoksi. Käännettävällä elementillä tarkoitetaan elementtiä, jossa nostolenkit sijoitetaan myös elementin sivuille ja kääntäminen lopulliseen asentoon tapahtuu työmaalla. [14.]



Kuva 3. Havainnekuva työmaalla lopulliseen asentoon käännettävästä seinäelementistä. (An-sion Sementtivalimo Oy 2017)

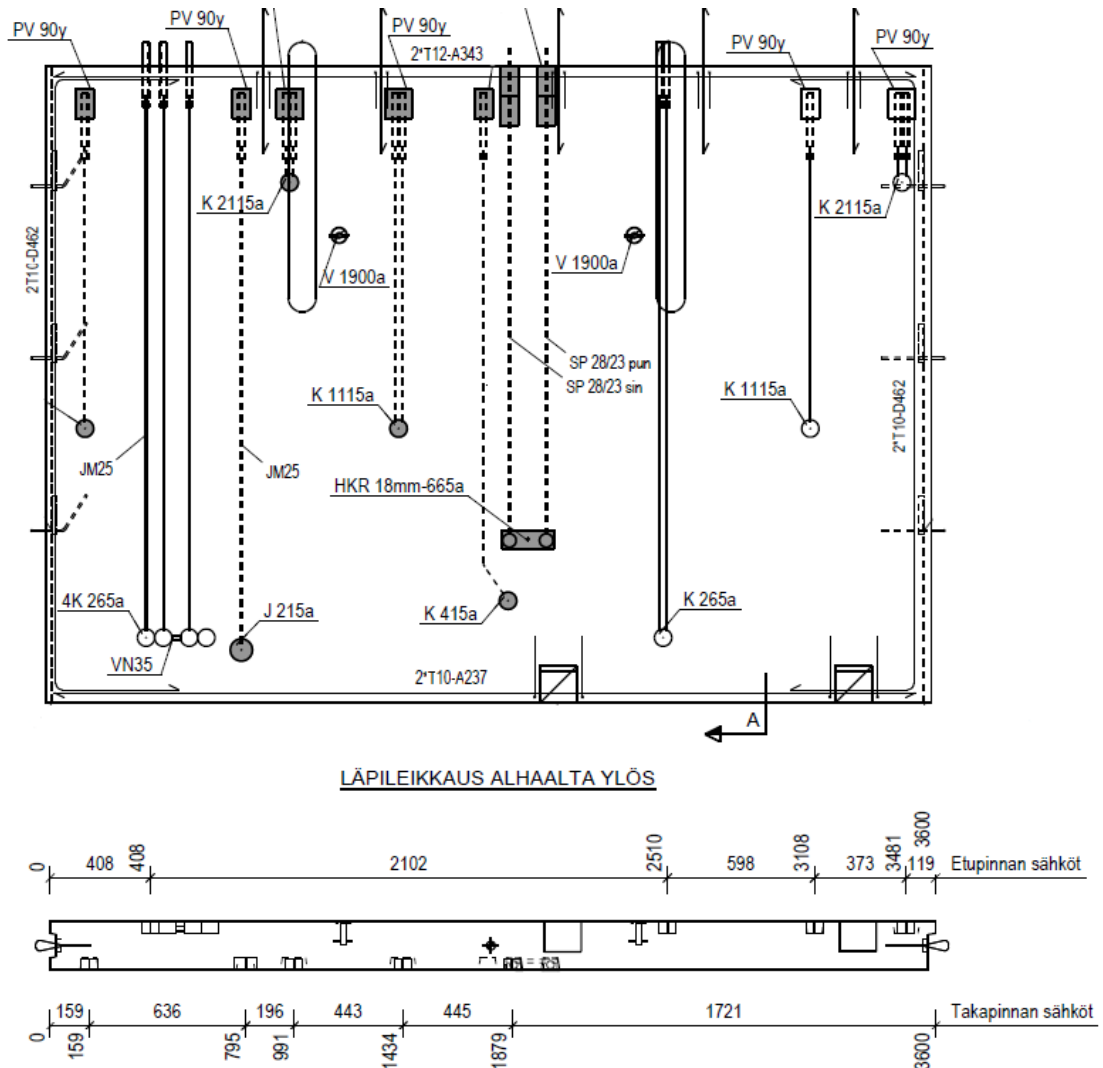
4.2 Väliseinien sähkövaraukset

Rakennuksen sähköistyksen suunnittelee erillinen sähkösuunnittelija. Sähkösuunnittelija toimittaa listan kaikista sähköistettävistä elementeistä elementtikaavion perusteella. Elementtisuunnittelijan tulee huomioida rakenne- ja äänitekniset seikat varausten sijainneissa. Usein nämä varausten minimietäisyydet tulevat kuitenkin suoraan sähkösuunnittelijalta. [15.]

Sähkösuunnittelijan tekemissä sähkösuunnitelmissa tulee olla rasioiden sijainti ja niistä lähtevien putkien määrä merkittynä piirustukseen, sekä sanallinen selitys työselostuksessa. Elementtisuunnittelijan sekä sähkösuunnittelijan tulee tehdä yhteistyötä ja varmistaa, että tarvittavat sähkövaraukset saadaan sopimaan elementtiin esimerkiksi raudoituksen takia. Etenkin keittiössä ja märkätiloissa on tärkeää, että rasioiden paikat saadaan mitoitettua oikein, jotta kalusteasennukset varmasti onnistuvat niin kuin on suunniteltu. [15.]

Väliseinien sähkötarvikkeet koostuvat pääasiassa kojerasioista, jakorasioista, päätevarauksista sekä ylä- ja alapään sähkövarauksista. Elementtipiirustuksissa sähkövarausten merkintöjen tulee olla selkeitä ja yhtenäisiä. Elementtikuvissa tulee myös selkeästi olla ilmaistuna, kumpaan pintaan sähkövaraus elementissä tulee. [16.]

Ajoittain yksittäiset elementit saattavat olla hyvinkin runsaasti sähköistettyjä, joten selkeät piirustukset helpottavat valmistustyötä sekä vähentävät riskiä varauksen poisjäännistä. Parmalla on omassa tuotesuunnittelussa käytössä selkeä tuotannon kanssa yhteistyössä kehitetty sähkövarausten merkintätyyli (kuva 4). Näillä merkintätavoilla valmistetut elementtipiirustukset ovat selkeälukuisia ja sähkövaraukset ovat helpommin havaittavissa piirustuksista.



Kuva 4. Esimerkki Parman oman suunnittelun tavasta merkitä sähkövaraukset elementtipiirustuksiin. (Leinonen 2017)

4.3 Väliseinien reiät ja läpiviennit

Tarvittavat tiedot taloteknisistä varauksista ja läpivienneistä tulevat elementtisuunnittelijan tietoon talotekniikkasuunnittelijalta. Varausten ja reikien sijoittamisessa elementtiin tulee tarkistaa rakennetekniset sekä äänitekniset vaatimukset. Reikien koko- sekä sijaintitiedot tulee selkeästi esittää elementtipiirustuksissa. Myöskin reikien sijaintitietojen ilmaisemiseen elementtipiirustuksissa Parmalla on käytössä oma helposti luettavissa oleva tyyli.

Väliseinissä käytetään hyvin paljon Sewatek Oy:n valmistamia valmiita palokatkoläpivientejä. Valmiiden palokatkoläpivientituotteiden asentaminen jo elementtitehtaalla vähentää työmaalla tehtäviä palokatkotöitä huomattavasti. Valmiiden läpivientikappaleiden käyttäminen on myös paljon kustannustehokkaampi vaihtoehto, kuin työmaalla erikseen eri urakoitsijan suorittama palokatkomassaus.

Yleisimmät Sewatek-palokatkoläpivientien käyttökohteet väliseinissä ovat huoneistojen ja porrashuoneen välisissä seinissä sekä huoneistojen välisissä seinissä. Sewatekiltä löytyy läpivientituotteet vesi- ja lämpöjohdoille sekä kaapeli-läpivienneille. Paloluokat seinissä käytettävissä S-sarjan Sewatek-läpivienneissä ovat pääsääntöisesti EI60-EI120. [17.]

4.4 Valmistustoleranssit

Betonielementtien kansalliset mittatarkkuusluokat ovat normaaliluokka sekä erikoisluokka. Runkoelementeille (pilarit, palkit, ontelo-, TT- ja kuorilaatat, portaat sekä väliseinät) käytetään kuitenkin vain yhtä mittatarkkuusluokkaa. Seinäelementeille on tuotestandardissa SFS-EN 14992 esitetty kaksi mittatarkkuusluokkaa, luokat A ja B. Normaaliluokka täyttää standardin B vaatimukset. Standardin luokka A on tietyiltä osilta kansallista Erikoisluokkaa vaativampi. Erikoisluokkaa suositellaan käytettäväksi ainoastaan julkisivuissa, joissa vaaditaan erityistä mittatarkkuutta. Kantaville betonielementeille käytetään Suomessa EN 13369 -standardin liitteen C, taulukon C.1 -mukaisia tiukennettuja toleranssivaatimuksia. Tiukennetut vaatimukset koskevat rakenteen poikkileikkauksia ja raudoituksen sijaintia. [18.]

Sanalla toleranssi tarkoitetaan mitan sallittua vaihtelua. Toleranssiväli ilmoitetaan joko rajamittojen avulla tai perusmitan sekä sallittujen poikkeamien avulla. Rajamitoilla tarkoitetaan ääriarvoja, joiden välissä mittaamalla saadun mitan tulee olla. Perusmitalla tarkoitetaan suunnitelmaan merkittyä mitta. Poikkeamalla taas tarkoitetaan mitatun mitan ja vastaavan perusmitan välistä erotusta. [18.]

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Pituus (L), Korkeus (H)	±10	±8
Paksuus (b)	±5	±5
Ristimittojen ero ($s_1 - s_2$) ¹⁾	15	12
Sivun käyryys (a)	±8	±5
Kierous (u)	±15	±10
Teräsosat, sähkörsiat ja reiät (t),		
• sijainti pinnan suunnassa	±15	±10
• sijainti syvyysuunnassa	±5	±5
• reikien koko	±10	±5
Ovet ja ikkunat,		
• joka suunnasta (e, h, l)	±15	±10
• kulmien sijainnin ero $ e_1 - e_2 $	10	8
Elementin käyristymä (d) ²⁾	L/400	L/600

¹⁾ Ei sovellu vinoille seinille.

²⁾ Muille kuin betonipintaisille elementeille määritellään suunnitelmissa erikseen pintamateriaalin vaikutuksen huomioonottava arvo.

Kuva 5. Väliseinäelementin valmistustoleranssit (Betoniteollisuus ry. Betonielementtien toleranssit 2011)

5 KOTKAN TEHDAS

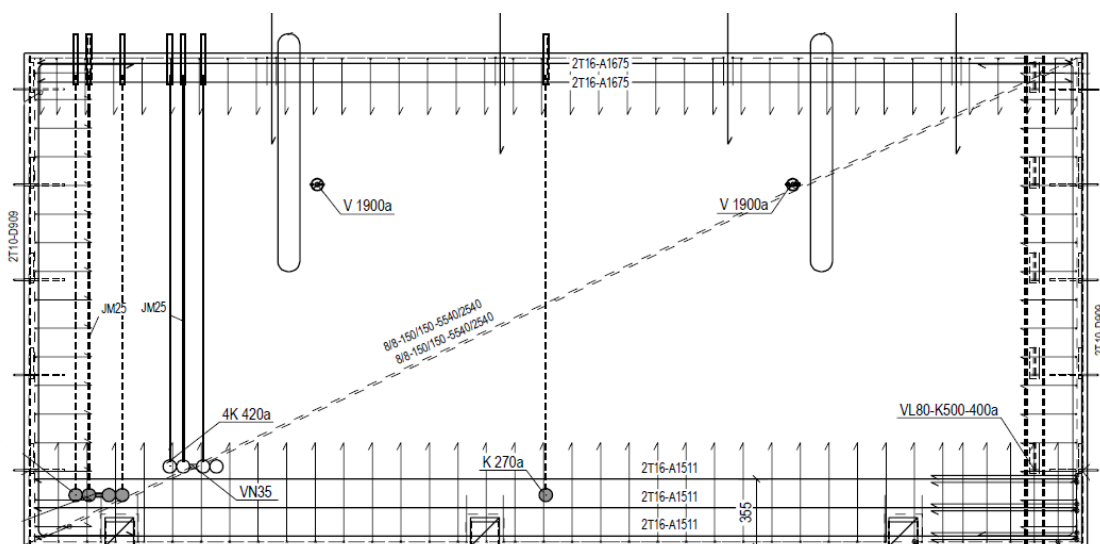
5.1 Väliseinien valmistus

Parman Kotkan tehtaalla valmistetaan väliseiniä sekä vaakavaluna että pystyvaluna. Vaakavalut suoritetaan pystyyn kallistuvilla tasoilla, joita Kotkassa on yhteensä viisi kappaletta. Pystyvalut suoritetaan patterimuotiksi kutsutussa monen pystylohkon muodostamassa muotissa. Patterimuotteja Kotkassa on kolme kappaletta, joissa kahdessa on kymmenen lohkoväliä ja yhdessä seitsemän väliä. Kotkan tehtaan teoreettinen valmistuskapasiteetti on päivässä 350m² vaakavaluseinää ja 500m² pystyvaluseinää. Käytännössä päivässä valmistuu kuitenkin noin 180m² vaakavaluseinää ja 350m² pystyvaluseinää. Elementtien vaihtelevista korkeuksista sekä aukkojen määrästä johtuen syntyy tyhjää valamatonta tilaa huomattavan paljon, joten tästä syntyy ero teoreettisen ja todellisen kapasiteetin välillä.

Pystyvalussa pystytään siis valmistamaan päivässä huomattavasti enemmän seinää kuin vaakavalussa. Pystyvalussa pystytään valmistamaan vain hyvin kevyesti raudoitettuja sekä äärimitoiltaan rajoitettuja väliseiniä. Kaikki runsaammin raudoitettut sekä erityisen korkeat, pitkät tai leveät seinät täytyy valmistaa vaakavaluna. Vaakavalussa valmistettavien seinien määrä on kasvanut verrattuna pystyvaluseiniin. Kotkan tehtaallakin tähän ollaan reagoimassa lisäämällä tulevaisuudessa vaakavalun valmistuskapasiteettia.

5.2 Väliseinien raudoitus

Kotkan tehtaalta löytyy varastosta 8, 10, 12, 16, 20 ja 25 mm paksua harjaterästä. Näillä harjateräspaksuuksilla pystytään raudoittamaan lähes kaikki valmistukseen tulevat väliseinät. Osassa väliseinistä riittää raudoitukseksi pelkät pieliraudat, jolloin raudoitus on varsin kevyttä. Valmistukseen tulee kuitenkin ajoittain myös seinämäisiä palkkeja (kuva 6), jolloin vetoraudoitus seinän alareunassa saattaa olla hyvinkin runsasta. Seinämäiseksi palkiksi määritellään palkki, jonka poikkileikkauksen korkeus on suurempi kuin kolmasosa jännemittasta.



Kuva 6. Esimerkki seinämäisen palkin elementtipiirustuksesta. (Leinonen 2017)

Mikäli elementtiin tulee raudoitusverkkoa, verkot leikataan paikan päällä muotoon sopivaksi vakiokokoisista verkkoista (2,5m x 4,5m). Kotkasta löytyy varastosta 8/150, 8/250, 10/150 ja 12/150 verkkoa. Ensimmäinen luku tarkoittaa verkon harjaterästen poikkileikkauksen paksuutta ja jälkimmäinen luku tarkoittaa verkon silmävälin halkaisijaa.

Erikokoisten verkkojen varastointi tehtaalla suurissa verkkonipuissa on suhteellisen tilaa vievää. Tämän opinnäytetyön tavoitteena olevien valmiiksi oikeaan kokoon valmistettujen verkkojen käyttöönotto vapauttaisi huomattavasti tilaa tehtaan ahtaista sisätiloista. Tehtaalla pitäisi joka tapauksessa olla varastossa jonkin verran verkkoja, mutta niiden ei tarvitsisi olla juuri jokaisen työpis-teen vierellä helposti saatavilla, kuten verkkoniput tällä hetkellä ovat.

5.3 Teräsjetteen määrä

Koska elementit ovat erikokoisia ja erimuotoisia, jokaiseen verkotettuun elementtiin mahtuu omanmuotoinen rauditusverkko. Tästä verkkojen leikkaamisesta oikeaan kokoon syntyy Kotkan tehtaalla huomattavia määriä teräsjetettä (kuva 7). Valmiiksi oikeaan muotoon valmistettujen elementtikohtaisten verkkojen myötä verkon leikkaamisesta syntyvän teräsjetteen määrä vähenisi huomattavasti.



Kuva 7. Kuva täydestä teräsjetelavasta Parma Oy Kotkan tehtaalla. (Leinonen 2017)

Ylimääräiset verkonpalat, joita ei voida käyttää missään muussa elementissä, heitetään teräsjettelelle varatulle siirtolavalle. Siirtolavojen sisältö koostuu pääasiassa verkoista. Siirtolavalle verkonpalaloja heittäessä ne harvoin asettuvat

puhtaasti päällekkäin, vaan ne takertuvat jostain nurkasta tai sivusta toisiin verkkoihin. Tämä johtaa siihen, että siirtolavat eivät oikeasti ole täysiä, vaan lavan mukana pois kuljetetaan huomattavia määriä ilmaa.

Tulevaisuudessa valmiiksi oikean kokoiset elementtikohtaiset verkot mahdollistavat teräsjetelavojen koon pienentämisen tai jopa joidenkin lavojen poistamisen. Tämä vapauttaisi hallista lisää tilaa muulle toiminnalle. Kotkan tehtaassa sisätilat ovat niin rajalliset, että kesäaikana osa teräsjetelavoista nostetaan hallin ulkopuolelle, jotta sisällä olisi lisää työskentelytilaa. Vähintään lavojen koon pienentämien auttaisi tähän ongelmaan.

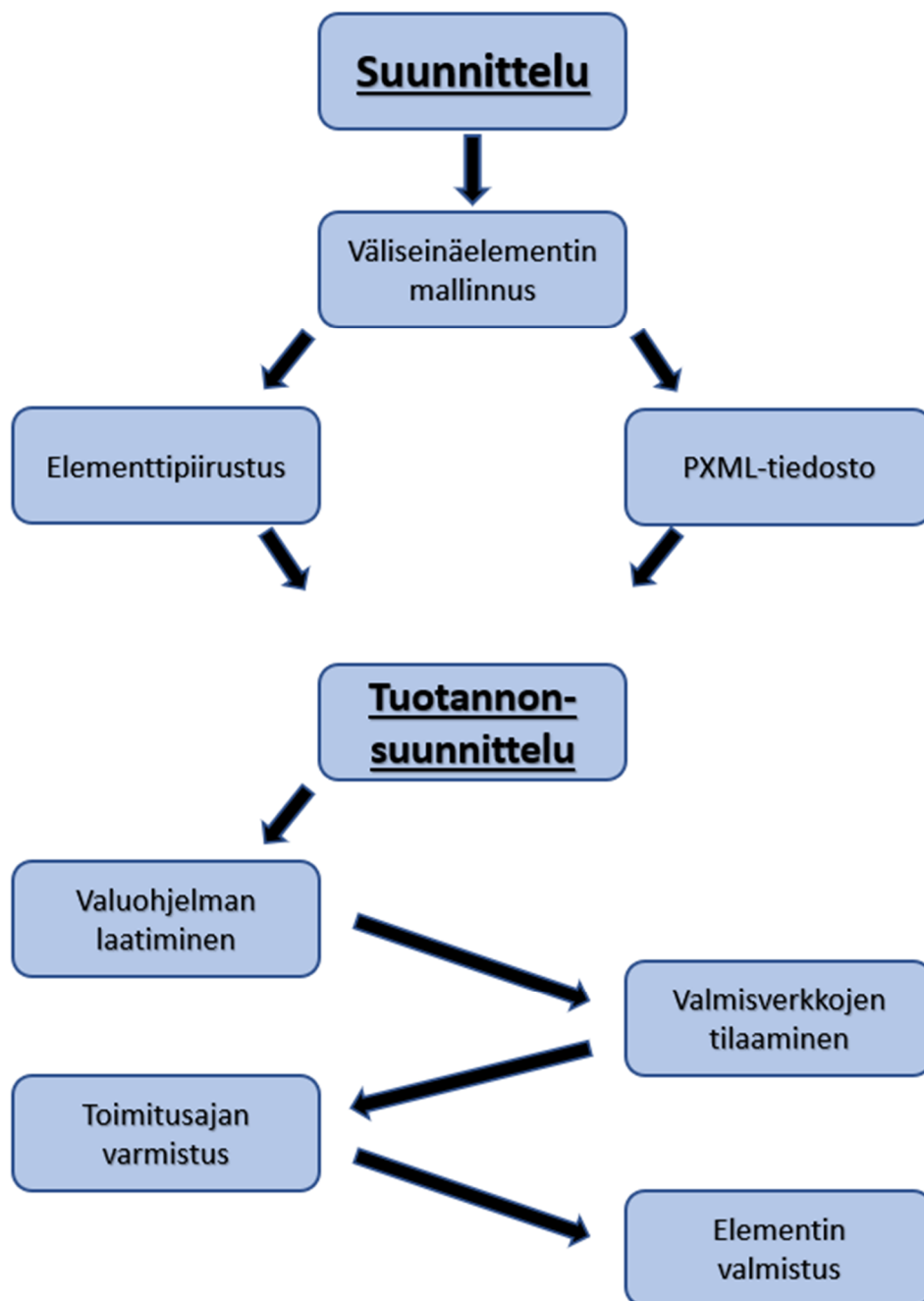
5.4 Tuotantoprosessi tulevaisuudessa

Parman Kotkan tehtaalla käytiin läpi ensimmäinen CODE-projekti vuonna 2016. CODE toimii toiminnan kehittämistyökaluna ja tarkoituksena on tehdä tehtaassa toiminnasta tehokkaampaa, tuottavampaa ja turvallisempaa. Ajatus automaattisesti tietomallin pohjalta valmistettavista valmisverkoista on syntynyt tämän CODE-projektin myötä ja siitä sitä on lähdetty jalostamaan eteenpäin.

Tulevaisuudessa Kotkan tehtaalla olisi tarkoituksena luopua verkkojen leikkaamisesta lähes kokonaan. Tämä valmiiksi oikeankokoisten verkkojen saapuminen tehtaalle mahdollistaa sen, että suurista verkkovarastoista voidaan tehdä paljon pienempiä. Myöskin tehtaassa sisällä on verkkonippuja varastoituna monessa paikassa, joten ne voitaisiin vaihtaa telineisiin, johon valmiiksi oikeankokoiset verkot voidaan varastoida valuohjelman mukaisesti ennen elementtien valmistusta.

Tämän toiminnan mahdollistamiseksi tuotannonsuunnittelulta vaaditaan hieman enemmän työtä ja tarkkuutta kuin mitä tämänhetkinen tuotanto vaatii. Tarkoituksena olisi se, että aina seuraavan viikon valuohjelma olisi valmiiksi laadittu ja tiedettäisiin mitä elementtejä seuraavalla viikolla tullaan valmistamaan. Valmiiksi laaditun valuohjelman perusteella voidaan tehdä verkkotilaus sovittuna ajankohtana. Esimerkiksi aina perjantaisin tehtaalle saapuisi verkkokuorma, joka sisältäisi seuraavalla viikolla valmistettavien elementtien elementtikohtaiset laputetut verkot.

Verkkojen tullessa toiselta toimittajalta, tuo se prosessiin mukaan tuotannollisia sekä logistisia haasteita. Verkkojen toimittajalle pitää jättää aikaa ensin valmistaa verkot, sekä sen jälkeen toimittaa ne tehtaalle. Huolellisesti toteutetun tuotannosuunnittelun, sekä toimivalla yhteistyöllä verkkotoimittajan kanssa tämä on kyllä mahdollista. Mahdollisiin muutoksiin, sekä pikatoimituksiin reagoiminen on kuitenkin tulevaisuudessa hitaampaa ja hankalampaa pitkälle etukäteen valmistellun valuohjelman takia, tästä syystä tehtaalla pitää olla tietynlainen varasto myöskin vakioverkkoja.



Kuva 8. Prosessikaavio väliseinäelementin valmistuksesta valmisverkkojen avulla. (Leinonen 2017)

5.5 CODE-projekti Kotkan tehtaalla

Kotkan tehtaalla käytiin läpi CODE-projekti vuonna 2016 Consolis-konsernin tuotannontehostamisohjelman mukaisesti. CODE:n tarkoituksena on tehdä tehtaan toiminnasta kustannustehokkaampaa, turvallisempaa sekä yleisilmeeltään parempaa. Parman jokaisella tehtaalla käydään läpi CODE-projekti tehdas kerrallaan. CODE:lla tavoiteltava operatiivinen muutos tehdään kolmella eri osa-alueella. Nämä osa-alueet ovat tekninen järjestelmä, johtamisjärjestelmä sekä ihmisjärjestelmä. [19.]

CODE perustuu Lean-ajatteluun, joka on laatujohtamiseen perustuva johtamisfilosofia. Kiteytettynä Lean tarkoittaa asiakastytyväisyyden sekä tuottajatytyväisyyden maksimointia. Lean pohjautuu alun perin japanilaisen automerkki Toyotan tuotantofilosofiaan, jota on hiottu huippuunsa lähes sadan vuoden ajan. Lean-johtamisperiaatteet ovat teoriassa helppoja käsittää ja ymmärtää, mutta niiden toteuttaminen on usein paljon hankalampaa ja se vaatii paljon työtä. [19;20.]

CODE-projekti jaetaan karkeasti kolmeen eri toimintavaiheeseen. Näitä vaiheita ovat diagnostiikkavaihe, suunnitteluvaihe sekä toteutusvaihe. Diagnostiikkavaiheessa kartoitetaan nykyinen tilanne sekä mahdolliset ongelmia aiheuttavat asiat erilaisten auditointien sekä havaintojen avulla. Suunnitteluvaiheessa mietitään ratkaisuja sekä parannusehdotuksia diagnostiikkavaiheeseen tullessiin asioihin. Suunnitteluvaiheessa järjestetään erilaisia ideapajoja ideoinnin loppuunsaattamiseksi ja ärsytyksiä aiheuttavien ongelmien ratkaisemiseksi. Lisäksi laaditaan toimintasuunnitelmat toteutusvaihetta varten. [19;20.]

Toteutusvaiheessa aikaisemmin valmistellut toimet ja toimintatavat otetaan käyttöön tuotannon toiminnassa. Tähän vaiheeseen liittyy paljon koulutusta sekä valmennusta uusista toimintatavoista. Toteutusvaiheessa tehtaalla otettiin käyttöön uudenlainen päivittäisen johtamisen käytäntö, jossa työntekijät kokoontuvat päivittäin keskustelemaan mahdollisista tuotannon epäkohdista sekä turvallisuuteen liittyvistä asioista, esimerkiksi turvallisuushavainnoista. [19;20.]

CODE-projektin merkittävimpiä parannusvipuja Kotkan tehtaalla olivat esimerkiksi; työohjeiden laadinta, ärsytysten ratkaisu, auditointien käyttöönotto, laadunvalvonnassa dokumenttien digitalisoiminen, 6S siisteys, sekä valmiskuormien käyttöönotto. Projektiin sisältyi paljon muitakin parannusaikeita, jotka on otettu käyttöön tämän vuoden aikana. [19.]

Tämän opinnäytetyön aiheena olevat valmisverkot ovat viimeinen osa vuoden 2016 CODE-projektiin liittyvistä parannusvivuista. Valmisverkkojen käyttöönotto kuuluu materiaalin hallintaan liittyneiden asioiden parannuslistalle. Tarkoituksena on tehdä verkotettujen elementtien valmistamisesta helpompaa, sekä vähentää tehtaalla syntyvän teräsjätteen määrää merkittävästi. Suunnitteluosaston on nyt tarkoitus vastata tuotannon toiveisiin ja tehdä valmisverkkojen käyttöönotosta suunnittelun puolesta mahdollista.

6 PXML

6.1 PXML-tiedosto

Lyhenne PXML tulee englanninkielisestä sanasta ProgressXML, joka on dataformaatti perustuen XML-tekniikkaan. PXML-tiedostomuodon on kehittänyt Progress Software Development Italiassa. Progress Software Development on osa Progress Group -konsernia, joka taas on suuri elementtiteollisuuden konevalmistaja. Progress Group on alun perin pienestä yrityksestä muita yrityksiä ostamalla laajentunut elementtiteollisuuden koneiden valmistaja, joka on erityisesti panostanut automatisoituun tuotantoon ja sen kehittämiseen. [21;23.]

PXML-tiedostot ovat pääsääntöisesti UTF-8 koodattuja. UTF-8 on Unicoden kahdeksanbittisiin merkkeihin perustuva koodaustapa, joka mahdollistaa yhteensopivuuden vanhempien järjestelmien kanssa, jotka käsittelevät merkkejä kahdeksanbittisinä tavuina. Tätä UTF-8 -koodaustapaa on eniten käytetty PXML-tiedostojen luomisessa. Kokeilujen perusteella UTF-8 koodatuilla PXML-tiedostoilla on ollut vähiten yhteensopivuusongelmia tuotannossa. UTF-8 koodaus on nykyään erittäin yleisesti käytössä ja on yksi suosituimmista XML-sanomaliikenteen koodaustavoista. [24.]

Tuotantoa varten PXML-tiedosto sisältää dataa kahdella erilaisella tavalla, CAD-tyylillä ja EPR-tyylillä. CAD-tyyli sisältää enimmäkseen geometristä muototietodataa elementistä, kun taas EPR-tyyli pitää huolen oikean elementin nimestä, tunnuksesta, tilausnumerosta ja esimerkiksi toimituspäivästä. Jotta nämä kaksi erilaista tapaa saadaan samaan PXML-tiedostoon, tarvitaan siihen PXML Delegate file -mekanismi. PXML Delegate file -mekanismi mahdollistaa näiden kahden erilaisen tiedon sisällyttämisen yhteen samaan PXML-tiedostoon. Näin tiedosto sisältää valmistuttuaan elementin geometriset muototiedot sekä tunnustiedot, jotka mahdollistavat esimerkiksi rauditusverkon valmistamisen elementtikohtaisesti oikeaan elementtiin nimettynä ja laputettuna. [21;22.]

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<PXML_Document xmlns="http://progress-m.com/ProgressXML/Version1">
  <DocInfo>
    <MajorVersion>1</MajorVersion>
    <MinorVersion>3</MinorVersion>
  </DocInfo>
  <Order>
    <OrderNo>100000000041</OrderNo>
    <Component>qwertz</Component>
    <DeliveryDate>2013-11-05T10:50:07+01:00</DeliveryDate>
    <Product>
      <ElementNo>E1</ElementNo>
      <ProductType>DW</ProductType>
      <PieceCount>3</PieceCount>
      <Slab>
        <PartType>01</PartType>
      </Slab>
    </Product>
    <Product>
      <ElementNo>E2</ElementNo>
      <ProductType>DW</ProductType>
      <PieceCount>5</PieceCount>
      <Slab>
        <X>600</X>
      </Slab>
      <Slab>
        <PartType>01</PartType>
      </Slab>
    </Product>
  </Order>
</PXML_Document>
```

Kuva 9. Havainnekuva PXML-tiedoston XML-tyyppisestä sisällöstä. (Progress Group 2017)

6.2 PXML-tiedostomuodon synty

Unitechnik-tiedostomuoto on jo pitkään maailmalla elementtiteollisuudessa käytössä ollut tiedostomuoto, joka mahdollistaa tiedon siirtämisen tietomallista tuotannon puolelle. PXML-tiedostomuoto on kehitetty Progress Group:in vaihtoehdoksi Unitechnik-tiedostomuodon rinnalle. PXML-tiedostomuoto pystyy

kuitenkin sisältämään hieman monimutkaisempaa tietoa ja se on vapaammin muokattavissa käyttäjän tarpeiden mukaan. Etenkin monimutkaisten raudoituskomponenttien tiedonsiirtoon PXML-tiedostomuoto on parempi vaihtoehto kuin Unitechnikin tiedostomuoto. [23.]

Unitechnik-tiedostomuotoa käytetään pelkästään tuotantoa varten, mutta PXML-tiedostomuoto pystyy toimimaan tämän lisäksi myös eräänlaisena ERP-formaattina, eli sisältämään lisäksi muunlaista käyttäjän haluamaa tietoa. PXML-tiedostomuoto on rakenteeltaan hierarkkinen tiedostomuoto, jota Unitechnik taas ei ole. Tällä hierarkkisella tiedostomuodolla tarkoitetaan sitä, että tiedosto on rakenteeltaan sellainen, että asiat ovat siellä hierarkkisesti sisäkkäin. [23.]

Hierarkkinen tiedostomuoto esimerkiksi:

- Tilaus
 - Elementit
 - Betoni
 - Raudat
 - Verkko
 - Yksittäiset raudat

6.3 PXML-tiedostomuodon käyttökohteet

Varsinkin muualla Euroopassa ja Aasiassa on vahvasti käytössä automatisoitua elementtivalmistusta, jonka käyttötarpeita vastaamaan PXML-tiedostomuoto on alun perin kehitetty. Automatisoidussa tuotannossa tuotantolaitteet saavat tarvitsemiaan tietoja suoraan tietomallista, jolloin mahdolliset tuotantovirheet vähentyvät huomattavasti. Betonielementtien valmistus ei kuitenkaan yleensä ole täysin automatisoitua, mutta automatisoinnin kehittämisestä ollaan alalla erittäin kiinnostuneita. [23.]

Automatisoidussa tuotannossa tietomallin sisältämiä tietoja voidaan hyödyntää monissa eri vaiheissa eri tavalla. Esimerkiksi Shuttering-robotit hyödyntävät tietomallista saatavia elementin geometrisia mittoja sekä järjestelevät

magneettiset muottiosat oikeaan järjestykseen teräsmuottiin elementin mittatietojen mukaan. Lisäksi robotti myös pystyy merkkamaan kaikkien valutarvikkeiden paikat muottiin valmiiksi. Nämä paikat robotti saa tietomallin pohjalta suoraan suunnitteluohjelmasta. Shuttering-robotteja käytetään esimerkiksi juuri moderneissa kiertomuottitekniikkaa hyödyntävissä elementtitehtaissa, joissa muotti itsessään siirtyy työpisteestä toiseen. [23.]

Shuttering-robotin tekemään merkkaustyötä kutsutaan englanninkielisellä sanalla plotting. Robotin erilaisilla symboleilla merkkamille valutarvikepaikoille tulee kuitenkin usein ihminen laittamaan tarvikkeet paikoilleen, jotta ne varmasti tulevat oikein ja kestävät valun aiheuttamat siirtymärasitukset. Näitä merkattuja valutarvikkeita voivat olla esimerkiksi sähköasiat, tartuntalevyt sekä ylä- ja alapään varaukset. [23.]

Elementin valamisvaiheessa voidaan myös hyödyntää tietomallin sisältämää tietoa. PXML-tiedostomuotoon voidaan sisällyttää esimerkiksi betonin määrät, jotta automaattinen valukone pystyy valamaan tietylle alueelle tietyn määrän massaa. Tämä valuvaihe on käytännössä kuitenkin semi-automattinen, mutta siinä pystytään kuitenkin tietyissä määrin hyödyntämään tietomallipohjaista valmistustietoa. [23.]

Yleisesti PXML-tiedostomuotoa käytetään lukuisissa tehtaissa Euroopassa ja Aasiassa, mutta PXML siirtoa Teklasta vasta kokeillaan monessa maassa. Varsinaisessa käytössä se on ainoastaan Hollannissa ja Malesiassa. Suomessa tietävästi PXML-tiedostomuotoa hyödynnetään ainoastaan Pintoksella verkonvalmistuksessa. [23.]

6.4 PXML-tiedostomuoto tulevaisuudessa

Trimble on panostanut viime aikoina huomattavasti Tekla Structures -ohjelmistossa käytettävään PXML export -työkaluun. Tämä kertoo siitä, että Trimble näkee suurta potentiaalia PXML-tiedostomuodon kehittämisessä ja tulevaisuuden käytössä. PXML-tiedosto on muita XML-tiedostoja rajoitetumpi, koska se on konevalmistajan kehittämä tiedostomuoto ja käyttö muiden kuin Progressin valmistamissa järjestelmissä saattaa olla haasteellista. [23.]

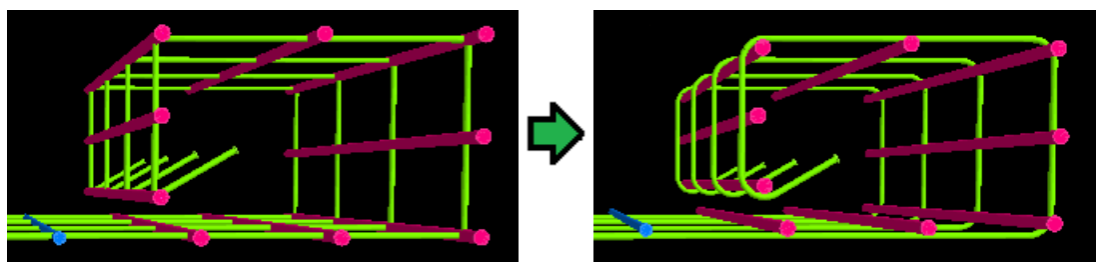
Yleisesti ottaen automaatio ja automaatioon liittyvät erilaiset tiedostomuodot ovat koko ajan lisääntymässä. Esimerkiksi Aasiassa ollaan erityisen kiinnostuneita siirtymään lähes kokonaan automatisoituihin tehtaisiin. Euroopassa taas tietomallin pohjalta tullaan valmistamaan enimmäkseen raudoitekomponentteja, eikä niinkään vielä olla siirtymässä puhtaaseen automatisointiin. Molemmissa tapauksissa ihmisen saaminen prosessista pois, lisää se huomattavasti turvallisuutta sekä vähentää virheitä. [23.]

Harri Niemi Trimbleltä näkee PXML-tiedostomuodossa huomattavia etuja tulevaisuudessa, etenkin automatisoidussa tuotannossa, sekä siinä, että tieto tulee suoraan suunnitteluohjelmasta tuotantolaitteelle oikeassa muodossa. Suurin hyöty tiedostomuodosta saadaan Niemen mukaan etenkin raudoite- sekä verkkovalmistuksessa ja pitkälle standardisoiduissa betonielementtituotteissa. Tiedostomuotoa itsessään voidaan käyttää lähes ainoastaan Progressin järjestelmien kanssa, mutta Progress on alalla edelläkävijä, jonka laitteita on globaalisti käytössä huomattavan paljon. [23.]

6.5 PXML-tiedostosta raudoituskomponentteja

PXML mahdollistaa monenlaisien raudoituskomponenttien valmistamisen tietomallin sisältämän tiedon perusteella. Jotta raudoituskomponenttien valmistaminen ottaa harppauksen kohti automatisoidumpaa valmistusta, vaatii se mallintamiselta erityistä tarkkuutta. Raudoitusosien tulee olla mallinnettuna juuri niin kuin niiden on tarkoitus tulla lopulliseen tuotteeseen. Joissain suunnittelu- toimistoissa elementtejä mallinnettaessa raudoitukset mallinnetaan niin, että ne näyttävät elementtipiirustuksessa ja leikkauskuvissa oikeilta, eikä suinkaan tavoitella täydellistä raudoitusta tietomallissa.

Tuotannon tehostamiseksi sekä elementtitekijöiden työn helpottamiseksi tietomallin sisältämien raudoitusten pitää myös olla fyysisesti mahdollisia tehdä. Tämä vaatii suunnittelijalta ymmärrystä raudoitustyöstä myös tuotannon puolelta. On tiedettävä, mikä on mahdollista toteuttaa ja mikä taas ei ole. Lisäksi tehtaalta valmiiksi varastosta löytyvien vakiokokoisten raudoiteosien hyödyntämistä suositellaan elementtityöntekijöiden työn helpottamiseksi.



Kuva 11. Havainnekuva raudoituskomponentin realistisesta mallintamisesta. (Progress Group 2017)

Hyvä esimerkki asiasta on raudoitusten taivutussäde (kuva 11). Tietokoneella saadaan kyllä mallinnettua raudoituskomponentit monenlaisiin muotoihin, mutta todellisuudessa asia on aivan toinen. Suunnittelijan täytyy tietää rauditusosien valmistuskoneen mahdollisuudet ja rajat. Todellisuudessa harjaterästankojen sisäpuolisena taivutussäteenä käytetään vähintään alla olevassa taulukossa esitettyjä arvoja. [23;25.]

TAULUKKO 4.1		
Tankojen sisäpuoliset taivutussäteet		
Teräslaatu	Haat, koukut ja lenkit	Pääraudoitus
A500HW	} 2,0Ø kun $\text{Ø} \leq 10$ 2,5Ø kun $10 < \text{Ø} \leq 20$ 3,5Ø kun $\text{Ø} > 20$	12Ø
B500B		
B500C1		
A700HW	2Ø kun $\text{Ø} \leq 10$ 2,5Ø kun $10 < \text{Ø} \leq 20$	17Ø
B500K	3,0Ø kun $\text{Ø} \leq 12$	12Ø
B700K	4,5Ø kun $\text{Ø} \leq 12$	17Ø
B600KX	3,0Ø kun $\text{Ø} \leq 12$	15Ø

Kuva 10. Harjaterästankojen minimaivaivutussäteet (Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma B4. Betonirakenteet. 2009)

Harjaterästangoilla ei voi tehdä täysin äkkijyrkkiä mutkia, vaan taivutusten täytyy ovat loivempia. Tämä tarkoittaa sitä, että asia pitää ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, mikäli tarkoituksena on valmistaa raudoituskomponentteja tietomallin sisältämän tiedon perusteella.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään PXML-tiedostomuodon käyttämiseen elementtikohtaisten verkkojen tuottamisessa. Tietomallista jokaisen elementin verkkojen geometriset tiedot ja tunnustiedot voidaan viedä PXML-tiedostomuotoon. Tämä verkkojen tiedot sisältävä PXML-tiedosto lähetetään verkko-toimittajaksi valikoituneelle Pintos Oy:lle. Pintoksella onnistuu verkkojen valmistus suoraan PXML-tiedoston pohjalta. Verkosta syntyy juuri mallinnetun verkon kokoinen ja verkot laputetaan elementtikohtaisesti automaattisesti verkonvalmistuskoneen toimesta.

7 VERKKOTOIMITTAJANA PINTOS OY

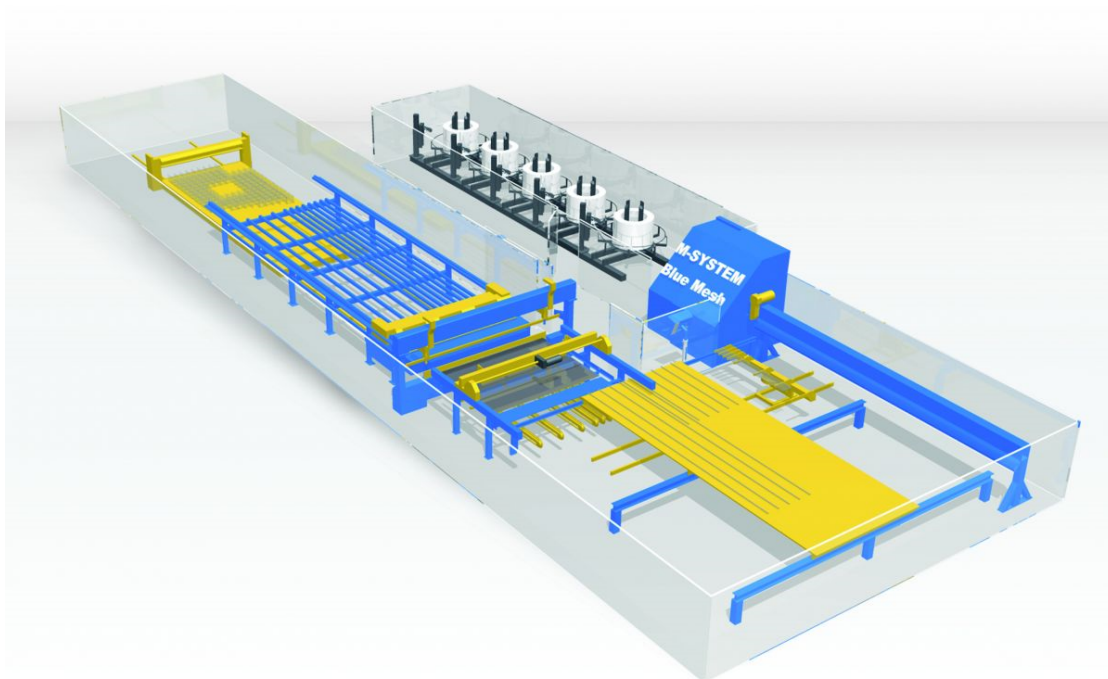
7.1 Verkkojen valmistus

Pintos pystyy valmistamaan rauditusverkkoja PXML-tiedoston pohjalta, koska heillä on käytössä tähän tarkoitukseen sopiva eurooppalaisen konetoimittajan verkonvalmistuskone. Verkonvalmistuskone pystyy valmistamaan kaiken muotoisia verkkoja, joiden harjaterästerästangon halkaisija on 5-12 mm. Samaan verkkoon pystytään hitsaamaan myös erikokoisia teräksiä, sekä silmäväljikoa pystytään muokkaamaan jopa saman verkon sisällä. Tämä mahdollistaa halutessaan terästen optimoinnin, eli tietyissä paikoissa pystytään hyödyntämään tiheämpijakoista rauditusverkkoa. [26.]

Verkonvalmistuskone sijaitsee Pintoksen tehtaalla Rauman Lapissa. Verkko-kone on pitkälle automatisoitu ja toiminta perustuu pitkälti automaattisiin vaiheisiin. Verkonvalmistuskone katkoo ensin kiepillä olevasta harjateräsrullasta tarvittavat oikeanmittaiset suorat terästangot, jotka sitten kuljetetaan hitsauspäähän, jossa kone automaattisesti hitsaa tangot halutulla jaolla yhteen. [26.]

Vaaka- ja pystyterästen minimipituus verkonvalmistuskoneella on rajoitettu. Tämä aiheuttaa hieman haasteita suunnittelussa, koska verkkojen yksittäisten terästankojen muokkaaminen suunnitteluohjelmassa on hieman hankalampaa. Toinen suunnittelutyössä haastava asia on se, että verkkoihin joissa on oviaukko, pitää sisällyttää kuljetustuki oviaukon yläpuolisen suuren kuljetusrasituksen takia. Verkkojen jatkuminen oviaukon yli on kuitenkin suhteellisen harvinaista, koska suurimmassa osassa tapauksista oviaukon päälle tulee ovi-palkki, jossa hakaraudituksen takia ei tarvita verkkoa. [26.]

Pintokselta löytyy Lapista erikoisverkonvalmistuskone. Verkonvalmistuskone on otettu Pintoksella käyttöön vuonna 2014 ja kone on ollut sen jälkeen suurella käytöllä. Ennen verkon lopullista valmistusta Pintos hyödyntää tuotantoon tulevan tiedoston tarkastamiseen tarkastusohjelmaa, joka tarkastaa PXML-tiedoston mahdolliset tuotanto-ongelmat. [26.]



Kuva 12. Havainnekuva Progress Groupin yhdyntyyppisestä verkonvalmistuskoneesta. (Progress Group 2017)

7.2 Verkojen toimitus

Monet muutkin tehtaot hyödyntävät Pintoksen automatisoitua verkonvalmistuskonetta, mutta mikään tehdas ei kuitenkaan vielä hyödynnä PXML-tiedostoja, jotka on luotu suoraan tietomallista. Verkonvalmistuskoneen kovan kuormituksen takia tulee tilauksen halutuista verkoista olla sisällä sovittuun aikaan, jotta verkot olisi mahdollista saada ajallaan. Verkojen valmistusaika Pintoksella on suhteellisen nopea, mutta valuohjelman pitäisi Kotkan tehtaalla olla aina kuitenkin vähintään seuraavaksi viikoksi valmiiksi laadittu. [26.]

Pintos kuljettaa verkot mieluiten vaaka-asennossa, koska näin verkkoja mahtuu paremmin auton kyytiin. Kotkan tehdas haluaisi verkot mieluiten pysty-asennossa, koska verkkojen nostelu varsinkin käytössä olevalla haaruk-

katrukilla on riskialtista, koska trukin sapelit saattavat helposti vaurioittaa verkkoa. Pystyasennossa verkkoja pystyy paremmin ja turvallisemmin hallinnoimaan nostamalla niitä yksitellen nostorakseilla. Tulevaisuudessa voisi mahdollisesti kehittää jonkinlaisen pystyasennossa olevan verkonkuljetustelineen Kotkan tehtaan tarpeisiin. Vaihtoehtona voisi olla myös verkkojen viikoittainen nouto pystyasennossa elementinkuljetusautolla. [26.]

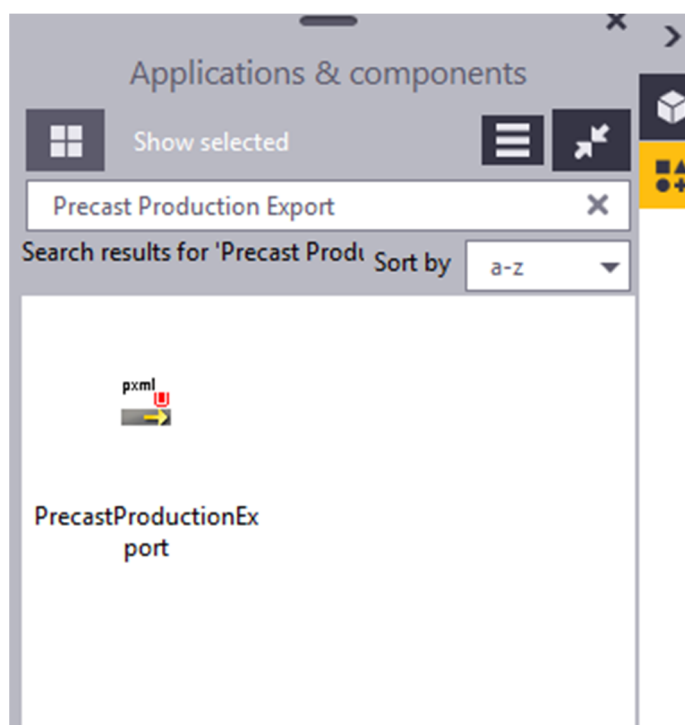
Lappeeltaan kuljetettujen verkkojen takia Pintoksen maksimi verkonleveys logistisista syistä on 3,4m. Maksimipituus tulee kuitenkin harvoin vastaan, koska elementit ovat pääsääntöisesti kaikki lyhyempiä kuin maksimi kuljetuspituus. Pintokselta haluttaisiin aina laittaa matkaan suhteellisen täyteen lastattu kuorma, mutta tätä helpottaa se, että Pintokselta tulee Kotkan tehtaalle myös muita tuotteita. Yhteen autoon Pintos voi lastata tavaraa 40 000 kg edestä, joten joissain tilanteissa yhden viikon tarpeisiin ei välttämättä riitäkään yksi toimitusauto. [26.]

8 PXML-TIEDOSTO TIETOMALLISTA

8.1 Precast Production Export -työkalu

PXML-tiedoston luominen Tekla Structures -suunnitteluohjelmistosta tapahtuu Precast Production Export -työkalun avulla. Tämä kyseinen työkalu on verrattain uusi työkalulisäys Tekla Structures -ohjelmistoon ja on ollut käyttäjien saatavissa vasta hieman yli vuoden. Precast Production Export -työkalun on alun perin kehittänyt Trimblen jälleenmyyjä Contrusoft omia asiakasprojektejaan varten. Trimble kuitenkin osti työkalun itselleen vuonna 2016, mutta jatkaa edelleen työkalun kehitystä yhteistyössä Contrusoftin kanssa. [22;23.]

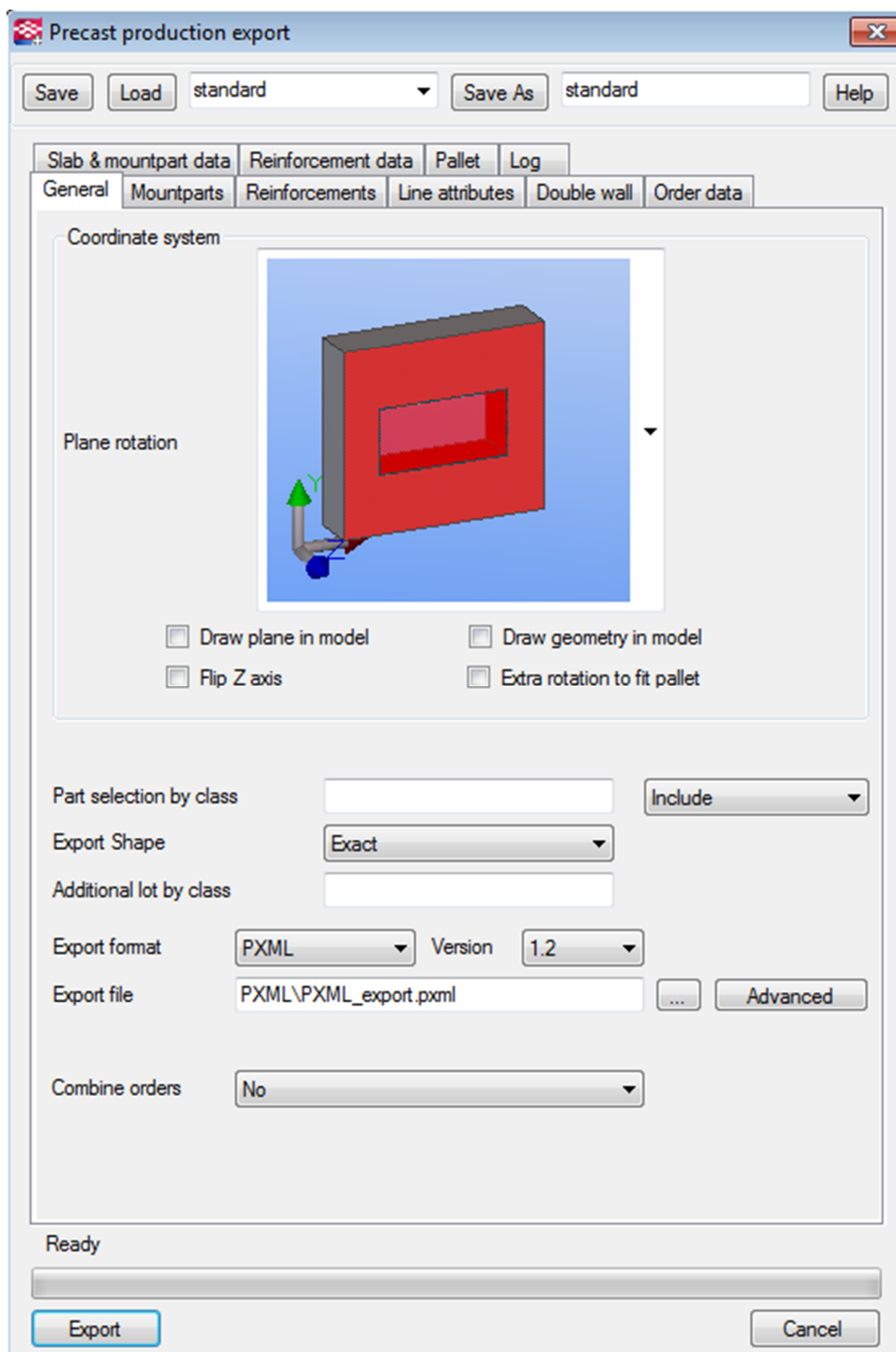
Työkalun pystyy lataamaan käyttöönsä kaikki Trimblen asiakkaat Tekla Warehouse -onlinesta ja se on tällä hetkellä saatavilla Tekla Structures 2017 sekä Tekla Structures 2016i -versioille. Tekla Warehousesta noutamisen, sekä asentamisen jälkeen työkalu löytyy Tekla Structures -ohjelmiston komponenttikatalogista (kuva 13), mistä löytyvät kaikki oletuksena olevat sekä muutkin käyttäjän itselleen lataamat ja määrittämät komponentit. [22;23.]



Kuva 13. Precast Production Export -työkalu Tekla Structures 2016i -komponenttikatalogissa. (Leinonen 2017)

Työkalulla pystytään tuottamaan PXML-tiedostoja sekä Unitechnikin uusia PXML-tiedoston rinnalle kehittämiä UXML-tiedostoja. PXML-tiedoston kohdalla versiovaihtoehtoja on kaksi kappaletta, versio 1.2 sekä versio 1.3. Työkalun käyttäjän näkökulmasta edellä mainittujen versioiden välillä ei ole suurta eroa, sillä eroina ovat lähinnä tiedoston lisääntyneet tietosisällöt. Lisäksi ohjelmiston asetusikkunasta (kuva 14) löytyy runsaasti erilaisia asetuksia siitä, mitä kaikkea informaatiota haluaa PXML-tiedoston sisältävän. [22;23.]

PXML-tiedoston versiopäivitys toi varsin vähän lisäyksiä tiedostomuotoon. Versio 1.3 mahdollistaa esimerkiksi Order-hierarkiatasolla kaikkien tuotteiden yhteenlasketun pinta-alan sisällyttämisen tiedostoon, sekä uudistetut Product-tietokentät. Lisäksi versio 1.3 päivitys toi selvennyksiä erinäisiin määritelmiin, muun muassa yksinkertaistetun tilavuuslaskennan määritelmää on selvennetty. Niin sanotulle peruskäyttäjälle ei tällä versiopäivityksellä ole mitään vaikutusta, mutta versiota 1.3 suositellaan kuitenkin käytettäväksi sen ollessa uudempi. [22;23.]



Kuva 14. Precast Production Export -työkalun asetusikkuna standardi asetuksilla. (Leinonen 2017)

8.2 Asetuksien asettaminen

Precast Production Export -työkalusta löytyy yhteensä 10 kappaletta välilehtiä, joista jokaisessa voidaan määrittää erinäisiä asetuksia koskien työkalun tuottamaa PXML-tiedostoa. Asetusten täytyy olla valittuna oikein, jotta lopputulokseksi syntyy PXML-tiedosto, joka sisältää tuotantokelpoisen tiedon elementtiin

tulevista rauditusverkoista. Työkaluun voidaan kuitenkin tallentaa omia käyttäjän määrittämiä asetuksia samaan tyyliin kuin muissakin komponenteissa. Tämän jälkeen seuraavalla kerralla asetukset löytyvät nopeasti alasvetovalikosta. [22;23.]

8.2.1 General-välilehti

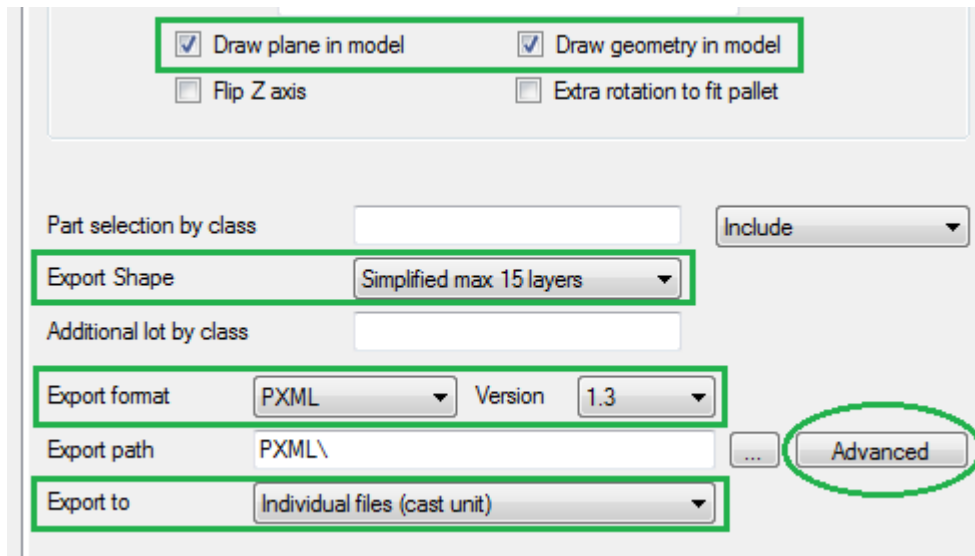
Ensimmäisellä välilehdellä, joka työkalun avatessa avautuu, määritetään yleisiä asioita koskien syntyvää PXML-tiedostoa. Ensimmäiseksi pystytään määrittämään koordinaatistoasetukset ja tarvittaessa vaihtamaan koordinaatistopistettä alasvetovalikosta. Koordinaatiston asetuksista valitaan kuitenkin käyttöön Draw plane in model- sekä Draw geometry in model -valinnat (kuva 15). Nämä valinnat tekevät apuviivat malliin, jotka kuitenkin vaikuttavat huomattavasti työkalun toimintanopeuteen. [22;23.]

Välilehden alemmissä asetuksissa voidaan valita erillisiä osia perustuen class-määrittelyyn. Valinta voidaan tehdä joko sisältämällä tai poissulkemalla halutut classit. Export tyyliksi valitaan Simplified-tyyli (kuva 15), joka riittää tähän tarkoitukseen varsin hyvin. Simplified-tyyli rajoittaa sub-tiedostojen syntymisen 15 kappaleeseen, joten ongelmatilanteissa ei vahingossakaan päädytä tilanteeseen, jossa export-vaihetta ei saada onnistuneesti vietyä loppuun. [22;23.]

Lisäksi välilehdeltä valitaan tiedostomuodoksi PXML-tiedosto, sekä versioiksi 1.3 (kuva 15). Vaihtoehtoina olisivat UXML-tiedosto sekä PXML-tiedoston versiot 1.2 tai 1.3. Tämän jälkeen valikoidaan haluttu paikka, minne työkalu luo PXML-tiedoston. Oletuksena työkalu luo mallikansion alle PXML-kansion, johon tiedosto syntyy. Mallikansio on yleisesti hyvä paikka säilyttää malliin liittyviä tiedostoja, joten se jätetään tässä tapauksessa oletukseksi. [22;23.]

Tiedostosijainnin jälkeen Advanced-ikkunassa päästään määrittämään tyyli, jonka mukaan PXML-tiedoston tiedostonimi syntyy. Viimeisenä asetuksena voidaan valita valikosta, kuinka monta tiedostoa halutaan muodostaa. Tässä tapauksessa luodaan jokaisesta cast-unitista oma PXML-tiedosto, eli valitaan Individual files (cast unit) (kuva 15). Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka valittaisiin useampi elementti kerralla, tuottaa työkalu jokaisesta elementistä oman

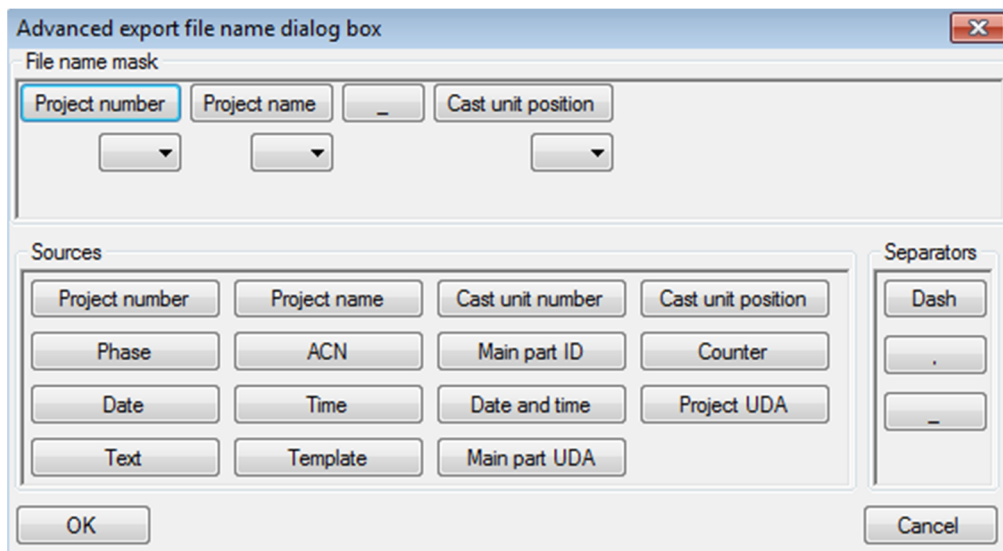
PXML-tiedoston. Vaihtoehtoina olisi myös tuottaa kaikki elementit yhteen tiedostoon tai tuottaa jopa jokaisesta rauditusosasta oma tiedosto. [22;23.]



Kuva 15. General-välilehdellä muutettavat asetukset. (Leinonen 2017)

8.2.2 Tiedostonimen määrittäminen

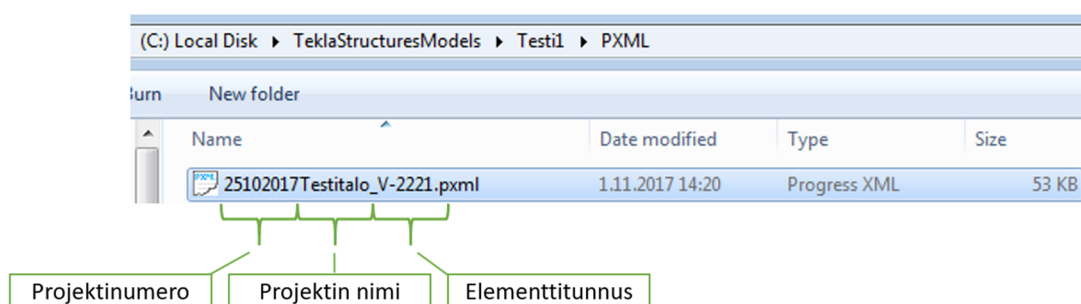
General-välilehdeltä tiedostosijainnin asettamisen jälkeen löytyy Advanced-valinta (kuva 15). Tästä valinnasta päästään määrittämään, mistä kaikesta koostuu PXML-tiedoston tiedostonimi. Advanced export file name dialog box -ikkuna (kuva 16) avautuu kyseisestä valinnasta. Tiedostonimi voidaan määrittää todella monella eri tyylillä ja vaihtoehtoja attribuuttien yhdistämissiin on runsaasti. Määrittys tapahtuu yksinkertaisesti drag-and-drop -tyylillä, eli haluttu attribuutti vedetään ylempänä olevaan laatikkoon. [22;23.]



Kuva 16. Tiedostonimen määrittämisen Advanced-valintaikkuna. (Leinonen 2017)

Tässä tapauksessa PXML-tiedostot nimetään niin, että ne koostuvat projekti-numerosta, projektin nimestä sekä elementtitunnuksesta (kuva 16). Näin kuka tahansa tiedoston tai lopputuotteen parissa työskentelevä pystyy identifioimaan tiedoston tai tuotteen.

Näiden asetusten perusteella Precast Production Export -työkalu tuottaa valittujen attribuuttien perusteella tietomallin pohjalta tiedostonimen PXML-tiedostolle, joka syntyy haluttuun tiedostosijaintiin (kuva 17). Tässä tapauksessa se syntyy mallikansion alle.



Kuva 17. PXML-tiedoston syntypaikka sekä tiedostonimen sisältö selitettynä. (Leinonen 2017)

8.2.3 Reinforcement-välilehdet

Raudoitusasetuksia koskevia välilehtiä löytyy Precast Production Export -työkalusta kaksi kappaletta. Näillä asetuksilla määritetään raudoituksia koskevat asetukset, sekä raudoituksen sisältämä tieto. Raudoitukseen sisällytetyn tiedon perusteella verkonvalmistuskone tuottaa elementtiedot lappuun. Valmiissa verkossa pitäisi lapusta selvittää mihin elementtiin verkko kuuluu, tämä tarkoittaa, että lapusta tulisi löytyä projektinumero, projektin nimi sekä elementtitunnus. [23;26.]

Reinforcements-välilehdellä määritetään raudoituksen asetukset. Tärkein asetus verkkojen tuottamiseksi on sivulla ylimpänä oleva, Group rebars to mesh -valinta (kuva 18). Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelma tunnistaa toisiaan lähellä olevat harjaterästangot samaksi objektiksi ja yhdistää ne verkoiksi. Samalla määritetään millä perusteella verkoksi luokiteltavat teräkset määritellään. Tässä tapauksessa määrittäminen tapahtuu Teklassa yleisesti käytössä olevalla class-määrittelyllä (kuva 18).

Mikäli teräs halutaan tunnistaa verkoksi, tulee sen olla tässä tapauksessa class-määrykseltään 561 sekä sijaita toista samaa class-määrittystä olevan teräksen lähellä. Class-määrittäessä suositellaan käytettäväksi BEC2012 elementtisuunnittelun mallinnusohjeeseen perustuvia class-määrittelyjä. Väli, joka terästen välissä saa olla, määritetään hieman alempana Rebar to mesh collect distance -valinnassa (kuva 18). Tässä tapauksessa terästen maksimiväliksi määritetään 10mm. [22;23.]

Lisäksi samalla välilehdellä voidaan määrittää muun muassa teräksen halkaisijan merkitsemistä. Lisäksi viimeisenä vaihtoehtona löytyy esimerkiksi taitettujen verkkojen suoristus tasomuotoon valmistusta varten. Tätä valintaa voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisten monimutkaisten raudituskomponenttien valmistuksessa. [22;23.]

Kuva 18. Reinforcements-välilehdeltä löytyvät asetusten määrittelyt (Leinonen 2017)

Toinen välilehti raudituksia koskien on Reinforcement data -välilehti. Tällä välilehdellä määritetään kaikki se tieto, joka halutaan raudituksen pitävän sisällään. Välilehdellä on eriteltynä kaikki rauditustuotteet, joille jokaiselle löytyy omat tietolaatikat (kuva 19). Tässä tapauksessa asiaa tarkastellaan ainoastaan verkkojen näkökulmasta, joten ainoastaan verkon kohdalle on määritetty asetuksia. [22;23.]

Pintoksen verkonvalmistuskone määrittää lappuun tulostettavan tiedon verkkojen Name-kohdan attribuuttien perusteella (kuva 19). Alasvetovalikosta voidaan valita haluttu tieto kyseiseen laatikkoon. Tällä hetkellä työkalussa ei vielä

ole monimutkaisempaa moniattribuuttista nimeämisvaihtoehtoa yhteen laatikkoon, mutta sellainen on todennäköisesti tulossa työkalun myöhemmissä päivityksissä. Vaihtoehtoja alasettovalikosta löytyy kuitenkin varsin runsaasti ja tietoa saa sisällytettyä hyvin (kuva 19). [22;23.]

Kuva 19. Reinforcement data -välilehdeltä löytyvät asetukset sekä alasettovalikosta valittavana olevat attribuutit (Leinonen 2017)

8.2.4 Muut välilehdet

Työkalusta löytyy myös useampia muita välilehtiä, joista löytyy asetuksia pääasiassa liittyen muihin asioihin kuin verkkoihin. Muun muassa Log-välilehdeltä löytyvät asetukset koskien export-tapahtumasta syntyvää lokitiedostoa. Kun PXML-tiedosto luodaan, syntyy samaan kansioon lokitiedosto Excel-muodossa. Tästä tiedostosta pystyy tarkastamaan, että export-tapahtuma sujui niin kuin pitää. Lisäksi mahdolliset ongelmakohdat kirjautuvat lokiin. [22;23.]

Pallet-välilehdellä taas voidaan määrittää eräänlaisia maksimimittoja, sekä muita rajoituksia koskien valualustaa. Tämä välilehti on tarkoitettu enimmäkseen automatisoitua elementinvalmistusta hyödyntäville tehtaille. Tällaisia automatisoituja tehtaita löytyy esimerkiksi Aasiasta ja Hollannista. Näissä tehtaissa PXML-tiedostoa pystytään hyödyntämään juuri elementin valmistuksessa, joten silloin robotti tarvitsee käyttöönsä Pallet-välilehden tietoja. [22;23.]

Line attributes-välilehdellä päästään vaikuttamaan elementin reunamuototietojen asetuksiin. Elementin äärimuodoissa voidaan valita erilaisia esitysvaihtoehtoja, sekä muototietojen koodin muokkaaminen tekijän tarpeiden mukaan on mahdollista. Double Wall -välilehti koskee nimensä mukaisesti kaksikuorisia elementtejä. Välilehdellä pystytään esimerkiksi vaihtamaan elementin kuorien järjestystä sekä pyörittämään elementtiä tietyn pisteen ympäri. [22;23.]

Mountparts- sekä Slab & Mountpart data -välilehdillä vaikutetaan siihen, mitä kaikkea elementin muista varusteista otetaan mukaan PXML-tiedostoon. Mukaan saadaan esimerkiksi sähkövaraukset sekä sähköputket. Näitä tietoja pystyy hyödyntämään esimerkiksi plotter-robotti tehdessään merkkaustyötä. Mountparts-välilehdellä valitaan erilaisia sisältöasetuksia ja Slab & Mountpart data -välilehdellä valitaan näiden sisältämä tieto samalla tavalla kuin muissakin tiedonsisällyttämistä välilehdissä, eli alavetovalikosta valitsemalla. [22;23.]

Order data -välilehdellä päästään määrittämään lisää tietosisältöä PXML-tiedostolle. Pääasiassa tämä välilehti on tarkoitettu tilausta koskevien tietojen sisällyttämiseen juuri esimerkiksi laputtamista varten. Tietolaatikoita löytyy runsaasti ja kaiken elementtiä koskevan tiedon saa kyllä varmasti sisällytettyä PXML-tiedoston mukaan. Tässä tapauksessa Order data -välilehdeltä on valittu mukaan tilausta koskevat perustiedot (kuva 20).

Field	Selected Value	Input Field
Order	Project number	<input type="text"/>
Storey	Empty	<input type="text"/>
Drawing number	Cast unit position	<input type="text"/>
Comment	Empty	<input type="text"/>
Info01 (project):	Project name	<input type="text"/>
Info02 (project):	Main part ID	<input type="text"/>
Info05 (location):	Empty	<input type="text"/>
Info06 (location):	Empty	<input type="text"/>
Info09 (client):	Project name	<input type="text"/>
Info10 (client):	Project number	<input type="text"/>
Info13	Cast unit position	<input type="text"/>
Info14	Cast unit number	<input type="text"/>

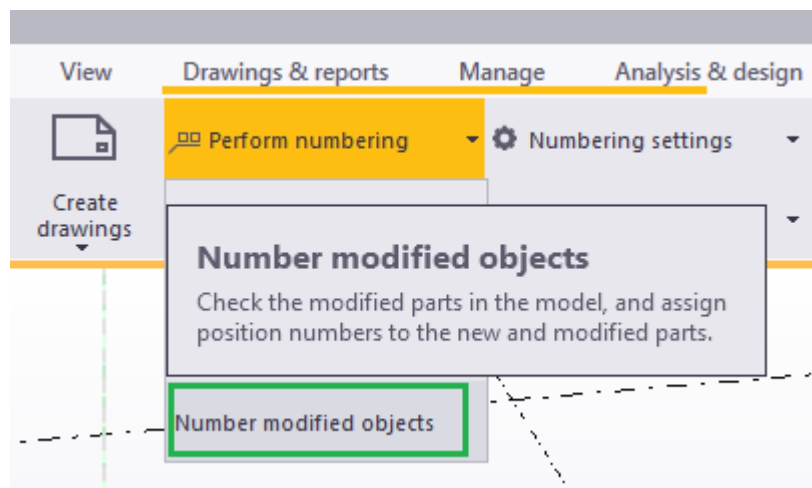
Kuva 20. Order data -välilehdeltä valitut tiedot, sekä erilaiset mahdollisuudet tietojen lisäämiselle. (Leinonen 2017)

8.3 PXML-tiedoston luominen

Itse tiedoston luominen on suhteellisen yksinkertainen vaihe. Jotta päästään haluttuun lopputulokseen, tulee asetusten kuitenkin olla oikein ennen viennin tekemistä. On suositeltavaa, että mahdolliset muutokset sekä tietopuutteiden korjaukset tehdään Tekla Structures -suunnitteluohjelmassa Precast Production Export -työkalun asetuksissa, eikä muokata PXML-tiedostoa itsessään. [28.]

Ennen vientityökalun käyttämistä tulee tietomallista ajaa numerointi. Numeroinnin tulee olla ajan tasalla, koska työkalu ei suostu edes viemään prosessia loppuun, mikäli numerointia ei ole suoritettu. Numeroinnilla tarkoitetaan sitä, että suunnitteluohjelma antaa jokaiselle osalle oman numeron, jonka perusteella kyseinen osa voidaan identifioida. Numerointi tapahtuu Number modified objects -valinnasta (kuva 21). Tämä valinta löytyy Drawings & reports -

välilehden alta, Perform numbering -valikosta. Kyseinen tapahtuma on suhteellisen nopea, eikä sen valmistumisesta tule erikseen ponnahtusikkunallista ilmoitusta.



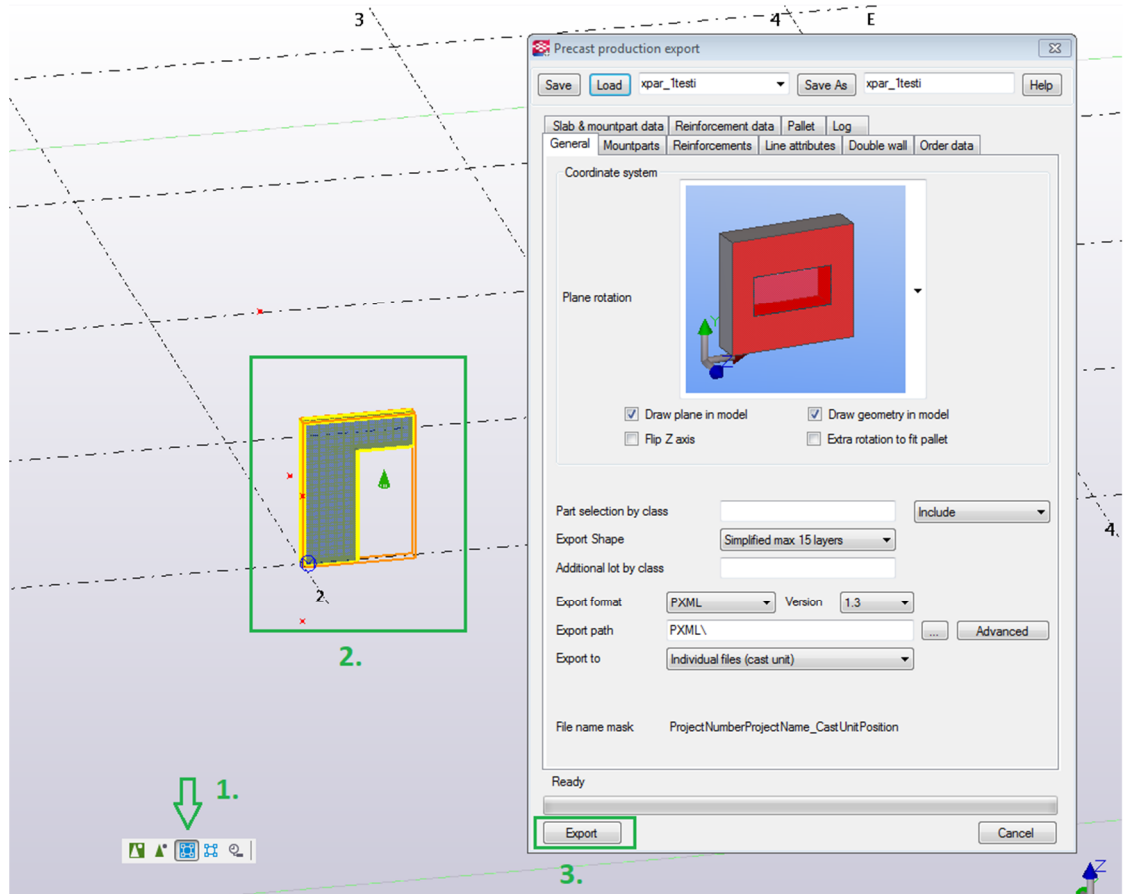
Kuva 21. Numeroinnin suorittaminen Number modified objects -valinnasta. (Leinonen 2017)

Numeroinnin jälkeen valitaan komponenttikatalogista Precast Production Export -työkalu ja avataan työkalun valintaikkuna. Tämän jälkeen työkalusta valitaan halutut asetukset sekä tietosisältö. Työkalussa kannattaa hyödyntää asetusten tallentamista alavetovalikkoon, sillä tämä nopeuttaa työkalun käyttöä myöhemmissä tapauksissa huomattavasti.

Ne elementit, jotka halutaan ottaa mukaan PXML-tiedoston luomiseen, tulee valita Cast unit -valinalla. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki objektit, jotka ovat linkitettyinä elementtiin, tulevat automaattisesti mukaan. Tällä varmistetaan se, että kaikki halutut asiat varmasti siirtyvät elementin mukana PXML-tiedostoon. Cast unit -valinta löytyy Tekla Structures -ohjelmistosta alapalkista. Nimitään tämä valinta on Select assemblies, joka viittaa siihen, että valitaan kaikki valintaan liitetyt asiat. Väriltään tämä painike on tummansinisen värinen (kuva 22).

Seuraava vaihe on valita elementti tai elementit (kuva 22). Elementtejä voidaan siis valita useita kerralla tai yksitellen. Työkalun asetuksista voidaan määrittää, tehdäänkö elementit samaan PXML-tiedostoon vai tehdäänkö jokaisesta elementistä oma PXML-tiedosto. Suositeltavaa olisi tehdä jokaisesta elementistä oma tiedosto. Haluttujen elementtien ollessa valittuna painetaan työkalun vasemmasta alareunasta Export-painiketta (kuva 22). Tämän jälkeen

työkalu alkaa tuottamaan PXML-tiedostoja haluttuun tiedostosijaintiin ja lopuksi ilmoittaa valintaikkunan alarivillä vientitapahtuman toteutuneen onnistuneesti. [23.]



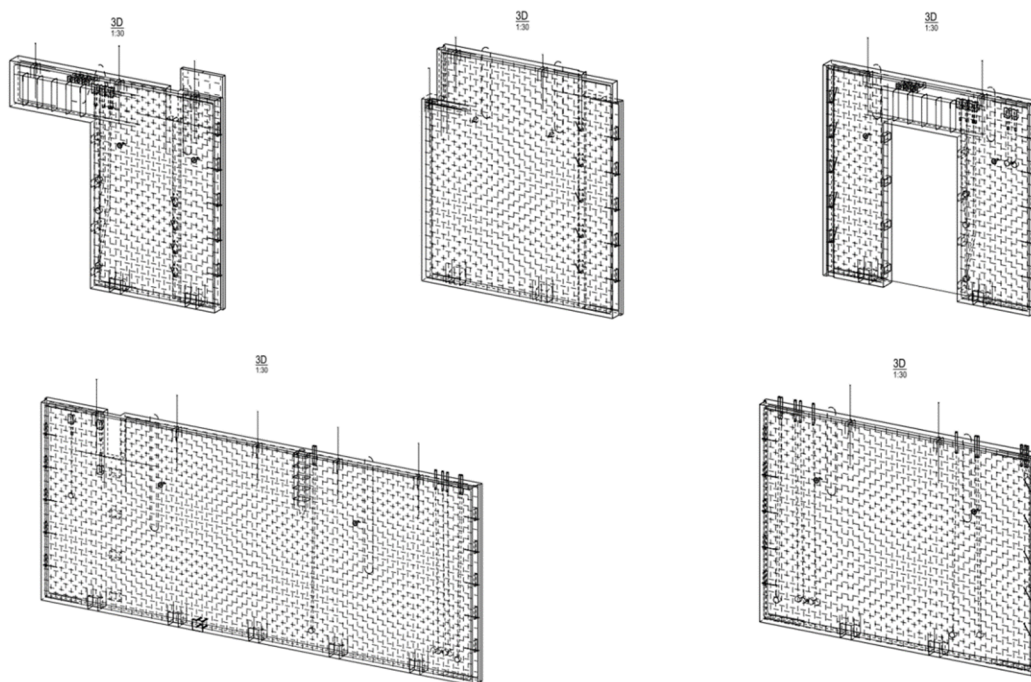
Kuva 22. PXML-tiedoston luomisen tyjärjestys Precast Production Export -työkalulla. (Leinonen 2017)

9 PXML-TIEDOSTON POHJALTA VALMISTETTUIJEN VALMISVERKKOJEN PILOTTIKOKEILU KOTKAN TEHTAALLA

9.1 Tiedostojen luominen sekä verkkojen tilaaminen

Tekla Structures -suunnitteluohjelmasta tuotettujen PXML-tiedoston pohjalta valmistettujen elementtikohtaisten verkkojen valmistusta kokeillaan ensimmäistä kertaa Suomessa Parma Oy Kotkan tehtaalla. Kokeilua varten elementtien tulee olla verkotettuja sekä mieluiten erimuotoisia. Tuotannon kanssa yhteistyössä suunnitellun pilotoinnin sopivaksi pilottikohteeksi valikoitui 5 kpl Asunto Oy Vantaan Sarastuksen 13. kerroksen väliseinäelementtejä.

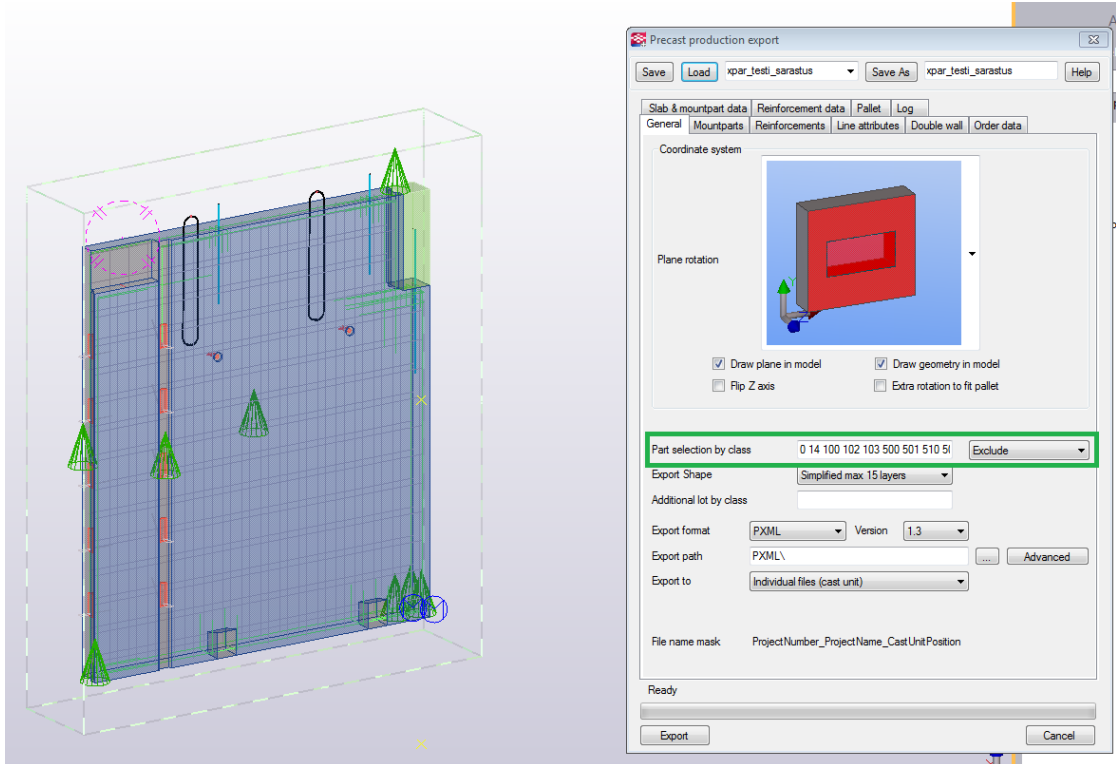
Nämä viisi väliseinäelementtiä ovat jokainen hieman erilaisia (kuva 23). Verkkojen muoto vaihtelee niissä jopa elementin sisällä etu- ja takapinnassa. Tämä kyseinen kohde sopii pilottikokeiluun oikein hyvin aikataulullisesti sekä myös elementtien haasteellisuuden takia.



Kuva 23. Pilottikokeiluun valikoituneet viisi kappaletta Asunto Oy Vantaan Sarastuksen väliseinäelementtejä. (Leinonen 2017)

Kaikki kokeiluun valikoituneet elementit ovat verkotettuja 8/150 -raudoitusverkoilla. Verkkojen lisäksi elementit sisältävät huomattavan paljon erilaisia valutarvikkeita. Tätä verkonvalmistuskokeilua varten ei näitä muita valutarvikkeita tarvita mukaan PXML-tiedostoon, joten ne rajataan pois exclude-valinnalla. Tämä poisrajaaminen tapahtuu class-määrittelyllä (kuva 24), joten jokaisen poisjätettävän valutarvikkeen class-numero määritetään kenttään välilyönnillä erotettuna ja valitaan alusvetovalikosta exclude.

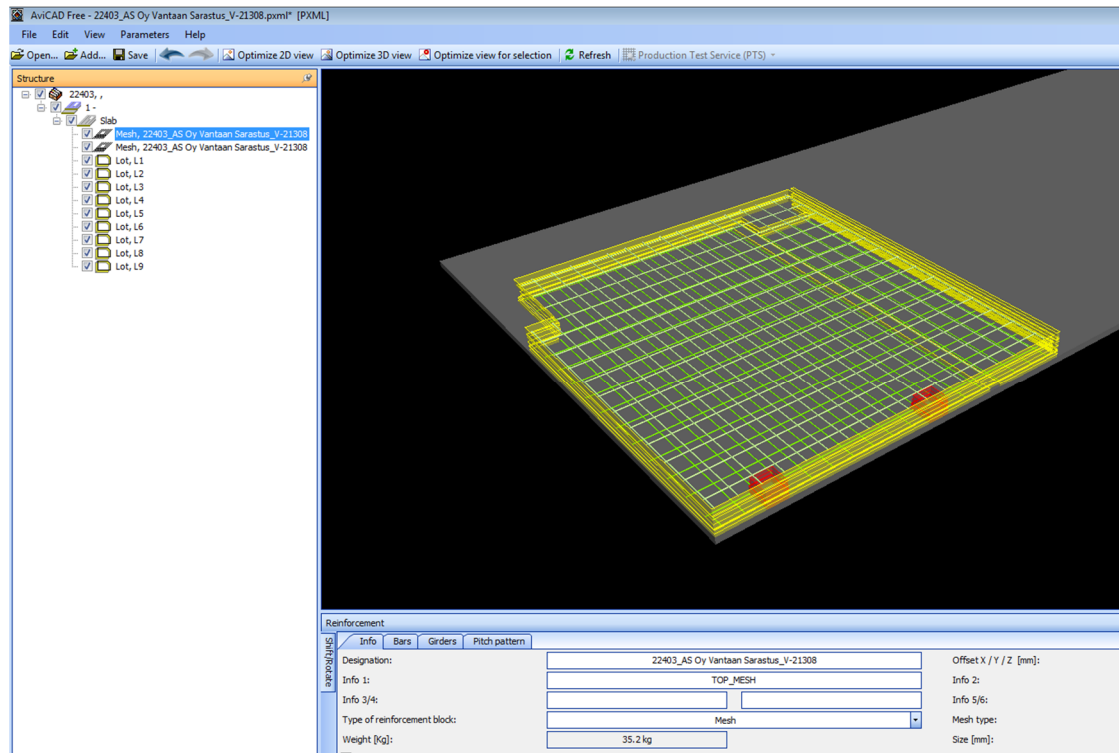
Tämä tarvikkeiden rajaaminen pois tiedostosta tekee lopputuloksesta paljon siistimmän, koska se ei sisällä hurjia määriä sub-tiedostoja ja näin ollen itse päämäärän eli verkkojen tuottaminen on helpompaa. Elementtien raudoitusverkot on mallinnettu käyttäen Mesh Bars -työkalua, joka mahdollistaa muun muassa molempien pintojen verkkojen nimeämisen eri nimisiksi, sekä tarpeen tullen myös määrittelyn eri class-määrittelyllä. Pieliteräkset on mallinnettu Edge and Corner Reinforcement -työkalulla.



Kuva 24. Ylimääräisten valutarvikkeiden rajaaminen pois class-määrittelyä käyttäen. (Leinonen 2017)

PXML-tiedoston luomisen jälkeen tiedosto löytyy sieltä, minne suunnittelija on määrittänyt sen syntyvän. Tässä tapauksessa tiedostot tuotettiin mallikansion alle. PXML-tiedoston sisältöä pystyy tarkastelemaan Progress Groupin kehittämällä AviCAD-ohjelmistolla. AviCAD on hyvin kevytrakenteinen ohjelmisto, jolla pystytään avaamaan sekä tarkastelemaan PXML-tiedostoja. [28.]

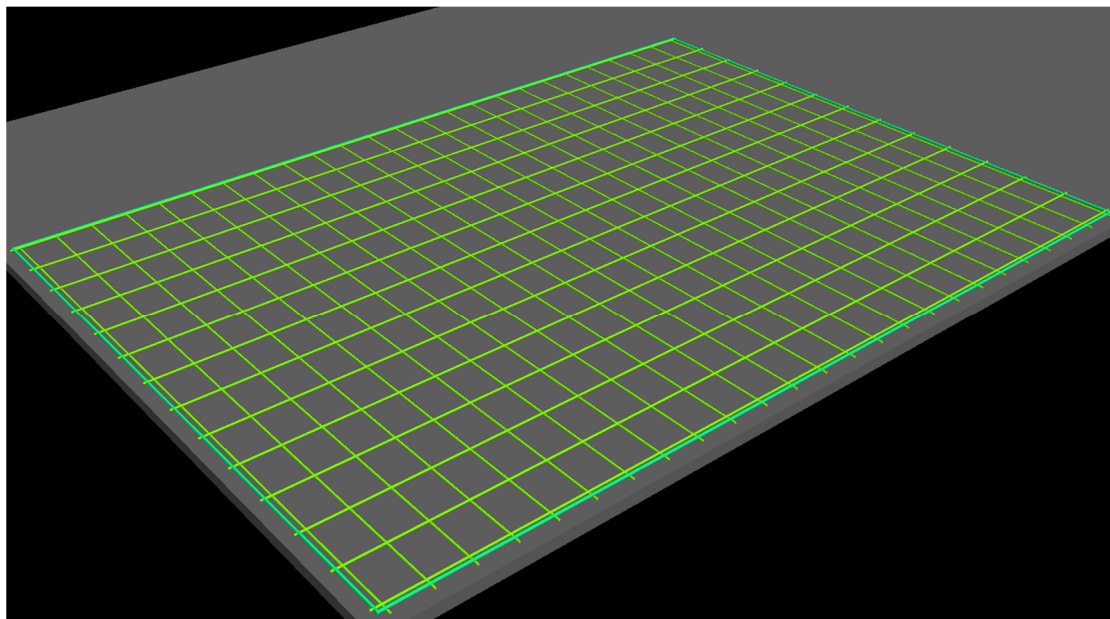
Avaamalla PXML-tiedoston AviCAD-ohjelmalla päästään tarkastelemaan tiedoston sisältämää tietoa (kuva 25). Elementtiä, sekä sen sisältämiä valutarvikkeita pääsee tarkastelemaan 2D sekä 3D -muodossa. Lisäksi rauditusosia kuten verkkoja voi tarkastella halutessaan jopa harjaterästanko kerrallaan. Ohjelmassa pystytään tarkastamaan osien tietosisällöt, sekä varmistamaan, että ne sijaitsevat oikeissa sijaintilokeroissa lopputuotteen valmistusta varten. Tässä tapauksessa verkkojen sisältämät tiedot sijaitsevat Pintoksen ohjeistamissa lokeroissa. [28;29.]



Kuva 25. Ruutukaappaus AviCAD-ohjelmistosta, jossa avattuna yksi pilottikokeilun PXML-tiedosto. (Leinonen 2017)

Pilottikokeiluun valikoituneista elementeistä neljään valmistetaan pelkät verkot, mutta alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen yhteen elementtiin valmistetaan verkot, jotka lisäksi sisältävät pieliterästen suorat osuudet (kuva 26). Pintoksella onnistuu verkon harjaterästankojen koon vaihtaminen samassa verkossa, joten verkon uloimmat teräkset ovat paksuudeltaan 10mm ja toimivat elementin pieliraudoituksena.

Tämän lisäkokeilun kohteeksi valikoitui ulkomuodoiltaan verrattain helppo elementti, koska silloin pieliraudat ovat yksinkertaisesti toteutettavissa. Normaalisti pieliteräkset toteutetaan niin, että toisen suunnan teräkset ovat päästä taivutettuja, jolloin saadaan jatkospituudet täytettyä. Taivutettuja harjateräksiä ei pystytä kuitenkaan verkonvalmistuskoneella tuottamaan, joten tässä tapauksessa pieliteräkset tulee toteuttaa suorilla harjaterästangoilla sekä erikseen asennettavilla irtokulmilla. Tarkoituksena on siis, että tehtaalle saapuessaan elementin pieliterästen suorat osuudet ovat verkossa kiinni ja elementtityöntekijän tulee asentaa ainoastaan irtokulmat täydentämään pieliraudoitusta.








Kuva 26. Ruutukaappaus lisäkokeilun kohteena olevasta verkosta, johon pieliterästen suorat tangot on lisätty. (Leinonen 2017)

Tämän jälkeen, kun kaikista halutuista elementeistä on tuotettu PXML-tiedostot, on hyvä toteuttaa pienimuotoinen tarkastus jokaisesta tuotetusta tiedostosta. Tarkastuksen kohteina voivat olla esimerkiksi tarvikkeiden sisältö sekä oikea tyyppi. Lisäksi tiedoston sisältämien tietosisältöjen tarkastaminen on hyödyllistä.

Tässä pilottikokeilussa tiedostot on nimetty moniattribuuttisella nimeämislogiikalla: projektinnumero – projektin nimi – elementtitunnus (kuva 27). Tätä samaa nimeämislogiikkaa on käytetty myös verkkojen nimessä, jotta verkkojen identifiointi useiden verkkojen nipusta olisi helpompaa. Tämä verkon nimen määrittämien on tehty manuaalisesti määrittämällä UDA-tekstinä (User Defined Attributes), koska tiedostonimen kaltainen moniattribuuttinen nimeämislogiikka ei vielä ole Precast Production Export -työkalussa mahdollista. Tämän vaihtoehdon lisääminen on kuitenkin työkalun kehityslistalla, joten tämän tyylinen nimeäminen saattaa olla tulevaisuudessa mahdollista.

Kun tiedostot on tarkastettu ja suunnittelija on varmistunut oikeasta tietosisällöstä, on seuraava vaihe toimittaa tiedostot Pintokselle tuotantoa varten. Pintoksella PXML-tiedostot käyvät vielä raudoitesuunnittelijan tarkastuksessa ennen tuotantoa.

 22403_AS Oy Vantaan Sarastus_V-11317.pxml	Progress XML
 22403_AS Oy Vantaan Sarastus_V-11318.pxml	Progress XML
 22403_AS Oy Vantaan Sarastus_V-21308.pxml	Progress XML
 22403_AS Oy Vantaan Sarastus_V-21310.pxml	Progress XML
 22403_AS Oy Vantaan Sarastus_V-21312.pxml	Progress XML

Kuva 27. Pilottikokeilun PXML-tiedostot valmiina toimitettavaksi Pintokselle, sekä nimettynä halutulla tavalla. (Leinonen 2017)

9.2 Elementtien valmistus

Pilottikokeiluun valikoituneiden elementtien verkot saapuivat lopulta tehtaalle pienten logististen haasteiden jälkeen. Jokainen verkko oli nimettynä elementtikohtaisesti (kuva 28), sekä lisäksi lapusta löytyi tieto siitä, kumpaan pintaan verkko elementissä tulee. Lapussa oli elementtitunnuksen jälkeen joko AP tai YP, tarkoittaen alapintaa sekä yläpintaa. Tämän ala- sekä yläpinnan merkinnän on määrittänyt Pintoksen raudoitesuunnittelija helpottaakseen heidän omaa tuotantoprosessia.



Kuva 28. Valokuva tehtaalle saapuneiden verkkojen lapusta, josta selviää mihin elementtiin kyseinen verkko kuuluu. (Leinonen 2017)

Kaikki pilottikokeilun elementit valmistettiin yhtenä päivänä, jotta havaintojen kerääminen oli helpompaa. Viidestä valikoituneesta elementistä neljä valmistettiin vaakavaluna ja yksi elementti pystyvalussa patterimuotissa. Lisäkokeilun kohteena ollut elementti, jonka verkkoihin oli lisätty pieliteräkset, valmistettiin pystyvaluna.

AviCAD-ohjelmalla PXML-tiedostoja tarkastelemalla oli helppo olettaa verkkojen olevan oikeankokoisia. Tämä oletus osoittautui oikeaksi ja verkot olivat jopa hieman liian mittatarkkoja. Tietomallintamalla suunniteltu elementin verkko on mitoiltaan niin tarkka, ettei se anna tuotantotyössä käytännössä mitään mahdollisuutta verkon siirtämiseen muotissa.

Tämä verkkojen suuri mittatarkkuus aiheutti hieman vaikeuksia tuotannossa, varsinkin elementin reunoihin tulevien pystysaumamuotojen sekä vaijerilenkien kohdalla (kuva 29). Elementin molempiin pintoihin tulevien verkkojen ollessa eri kokoisia riippuen reunamuodoista, ei pidempi verkko mahtunut paikoilleen reunavaarnan ollessa paikoillaan. Tästä syystä alapinnan verkoista leikattiin pieni kaistale pois, jotta verkko saatiin taipumaan reunavaarnan alle.

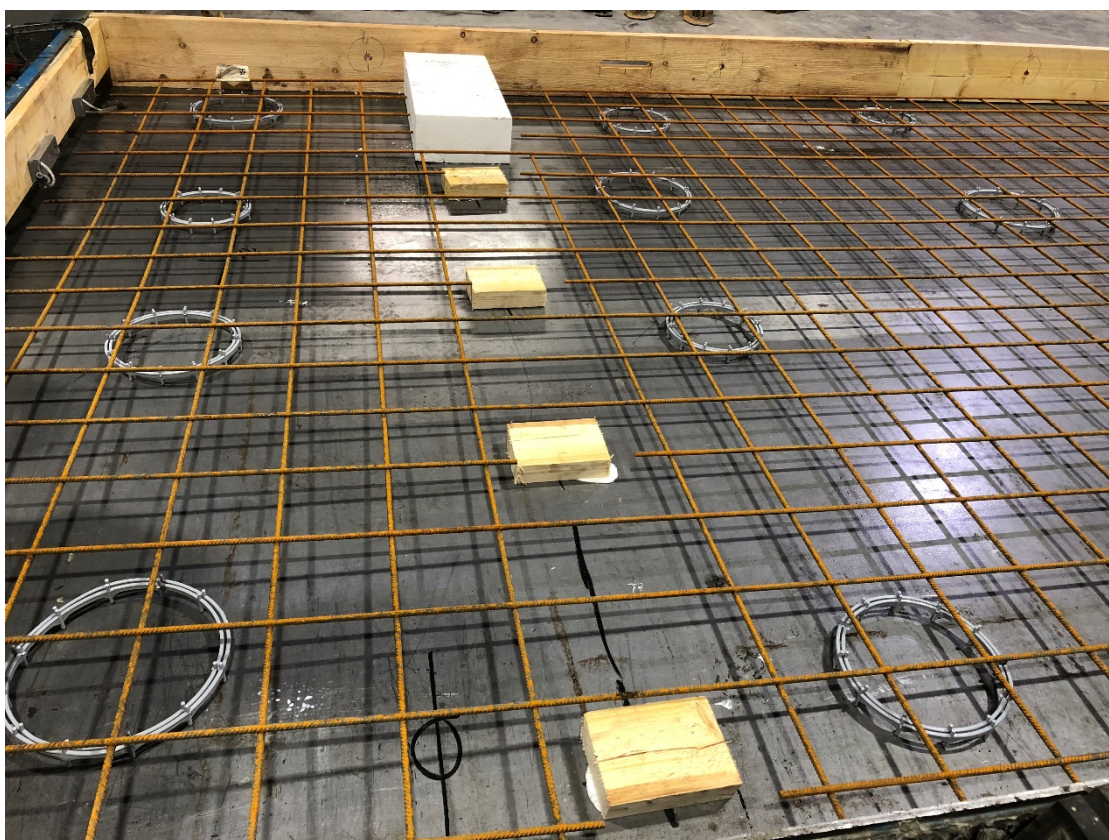
Kotkan tehtaalla elementtityöntekijöillä on tapana valmistaa elementin muotti valmiiksi reunavaarnoineen ennen raudoitustyön aloittamista. Valmisverkkoja käytettäessä tätä muottityön järjestystä tulisi muuttaa siten, että reunavaarna asennetaan paikoilleen vasta alapinnan verkon jälkeen.



Kuva 29. Valokuva mittatarkasta verkosta, joka ei mahdu reunavaarnan alle sen ollessa asennettuna muottiin ennen verkkoa. (Leinonen 2017)

Kaikki pilottikokeilussa olleet elementit pystyttiin valmistamaan valmisverkoilla ilman suurempia ongelmia. Tietomallintamisen tuominen lähemmäs tuotantoa näkyy erittäin hyvin esimerkiksi erilaisissa aukkomuodoissa, joissa verkko on oikeasta kohtaa valmiiksi aukotettu. Yhdessä elementissä on keskellä elementtiä ”puutiilet” ovenkarmien helpompaa kiinnitystä varten, joten näiden kohdalla oli verkossa jo valmiiksi aukot (kuva 30). Valmis aukko verkossa mahdollistaa virheellisen muottityön havaitsemisen visuaalisesti paremmin kuin ennen.

Elementtityöntekijät, jotka pääsivät osallistumaan kokeiluun, olivat asiasta erittäin kiinnostuneita ja kertoivat valmisverkoilla olevan potentiaalia toimia elementtituotannossa. Verkkojen erittäin tarkka mitoitus kuitenkin hankaloitti elementtityöntekijöiden mielestä raudoitustyötä. Verkkojen ollessa tässäkin tapauksessa ainoastaan betonipeitteenpaksuuden verran elementin reunoista, ei se oikeastaan jätä ollenkaan toleranssivaraa lopulliseen elementinvalmistukseen.



Kuva 30. Valokuva pilottikokeilun verkosta havainnollistamaan verkon valmiita aukotuksia. (Leinonen 2017)

Sähkörasioita ei asetettu leikkaaviksi objekteiksi verkonvalmistusta varten, koska sähkörasia on objektina niin pieni, että sen leikkaava ala on suhteellisen pieni. Sähkövarausten paikkojen leikkaaminen jätettiin elementin tekijälle itselleen hänen tietäessään varauksen tilantarpeen paremmin.

Loppujen lopuksi kokeilu onnistui erittäin hyvin ja pilotoinnin aikana saatiin arvokkaita havaintoja valmisverkkojen käyttöä varten. Samaan elementtiin tulevien erimallisten verkkojen (kuva 31) valmistus onnistui myös yllättävän hyvin. Verkkojen ollessa selkeästi laputettuja, on valmisverkkojen käyttö varsin vaivatonta.



Kuva 31. Valokuva yhdestä pilottikokeilun elementistä, jossa verkot ovat erimuotoisia elementin eri pinnoissa. (Leinonen 2017)

9.3 Lisäkokeilu: Verkot sisältäen pieliteräkset

Yhteen pilottikokeilun elementeistä liitettiin pieliterästen suorat osuudet kiinni verkkoon. Verkon ollessa paksuudeltaan 8mm ja pieliterästen ollessa 10mm paksuja ilmentää tämä automaattisen verkonvalmistuskoneen runsaita valmistusmahdollisuuksia.

Lisäkokeilun kohteeksi valikoitui muodoiltaan mahdollisimman helppo elementti, joten tämä kyseinen elementti oli viidestä se, joka valmistettiin patterimuotissa. Verkon reunoja kiersivät 10mm harjateräksestä valmistetut suorat osuudet (kuva 32), jotka vaativat ainoastaan irtokulmat vaadituilla jatkospituuksilla täydentääkseen pieliraudituksen yhtenäiseksi.



Kuva 32. Valokuva pieliteräksinä toimivista 10mm paksuista suorista harjateräksistä, jotka reunustavat verkkoa. (Leinonen 2017)

Ajatuksen pieliterästen sisällyttäminen rauditusverkkoon on hyvä, mutta toteutettuna tällä tyylillä saattaa sillä olla jopa työtä hidastava ja vaikeuttava vaikutus. Haasteeksi muodostui erityisesti hakasten asentaminen pieliterästen ympärille alavarauskoloja sekä tappeja varten.

Varsinkin patterimuotissa (kuva 33) valmisverkkojen käyttö niin, että se sisältää kiertävät pieliteräkset, lisää huomattavasti irtokulmien unohtamisen riskiä. Yläkulmien irtokulmat tulisi asentaa ylhäältäpäin vasta patterimuotin ollessa kiinni. Patterimuotissa valmistetaan kuitenkin noin kymmenen elementtiä kerralla, joten satunnaisten irtokulmien asentamisen saattaa helposti unohtua, kun se pitää tehdä jälkikäteen.



Kuva 33. Valokuva lisäkokeilun kohteena olleesta patterimuotissa valmistetusta elementistä, johon toinen verkko on jo asennettu paikoilleen. (Leinonen 2017)

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia elementtikohtaisten valmisverkkojen mahdollisuuksia tuotannossa. Työ on toteutettu suunnittelun näkökulmasta, mutta lopulliset havainnot on kuitenkin haettu tuotannon puolelta. Työn tavoitteena oli myös tuottaa selkeä vaihe vaiheelta -tyyppinen käyttöohje Precast Production Export -työkalun käyttöön Tekla Structures -suunnitteluohjelmassa, sekä ohjata omaa suunnittelua menetelmän käyttöönottoon. Kehitysprojekti on toteutettu yhteistyössä Tekla Structures -ohjelmiston kehittäjän Trimble Oy:n sekä verkkotoimittajaksi valikoituneen Pintos Oy:n kanssa.

Ajatus elementtikohtaisista valmisverkoista on Kotkan tehtaalla syntynyt CODE-projektin aikana vuonna 2016. Tarkoituksena oli vähentää teräsjetteen määrää, sekä helpottaa elementtityöntekijöiden tekemää työtä. Tämä kehitysaskel vaatii tuotesuunnittelulta valmiuksia tuottaa tietomallista enemmän tuotannossa hyödynnettävää tietoa. Tässä opinnäytetyössä onkin keskitytty PXML-tiedostojen luomiseen tietomallista, sekä pyritty löytämään ja määrittämään oikeat tietosisällöt tiedostomuodolle.

Työn aikana saatiin tuotettua tuotantokelpoiset PXML-tiedostot, joista valmistettiin raudoitusverkot pilottikokeilua varten. Pilottikokeilun aikana havaittiin, että tietomallintamalla saavutettava äärimmäinen mittatarkkuus ei jätä tuotannolle käytännössä ollenkaan toleranssivaraa itse elementinvalmistuksessa. Suuremmassa mittakaavassa toteutettuna elementtikohtaisten verkkojen pitäisi olla äärimitoiltaan hieman pienempiä, jotta valmisverkkoja olisi oikeasti helppo käyttää ja niistä olisi tuotannollista hyötyä.

Automatisoitu verkonvalmistuskone mahdollistaa todella paljon erilaisia vaihtoehtoja verkonvalmistukseen. Tässä työssä PXML-tiedoston hyödyntämisessä menttiin jopa yksi askel pidemmälle kuin alun perin oli tarkoitus. Lisäkokeiluna toteutettiin verkko, jossa pieliteräkset ovat valmiiksi verkossa kiinni. Ajatuksena tämä oli nerokas, mutta todellisuudessa tuotannossa aiheutti vain harmia. Hakasten asentaminen niin alavarauskoiloille kuin tapeille muuttuu erittäin hankalaksi kiertävien pielirautojen ollessa verkkoon kiinni hitsattuna. Kehitystyö tulee jatkumaan tämän vaihtoehdon osalta.

Pelkästään elementtiin tulevilla verkoilla nähtiin tuotannossa työntekijöiden keskuudessa potentiaalia. Näkisin myös itse valmisverkkojen käytön satunnaisissa yksittäisissä kohteissa erittäin tuotantokelpoisiksi. Jatkuvan päivittäisen tuotannon muuttamista valmisverkoilla pyöriäksi pidän kuitenkin erittäin haasteellisena monen muuttujan takia. Ulkopuolisen verkkotoimittajan vuoksi tämä sisältää runsaasti tuotannollisia sekä logistisia haasteita. Lisäksi oma tuotannon suunnittelu pitäisi olla tehtynä paljon pidemmälle tulevaisuuteen kuin se tällä hetkellä on. Valmisverkkojen käyttöönotto jatkuvassa päivittäisessä tuotannossa edellyttää myös täydellistä Parman omaa tuotesuunnittelua, koska ulkopuolisia elementtikuvia ei voida hyödyntää verkkovalmistuksessa tällä tyylillä.

Opinnäytetyön toteuttamisen kannalta erittäin hyödyllistä olivat tapaamiset Trimblen Harri Niemen kanssa sekä tapaamiset Pintoksen Saku Ailasan & Janne Lahtisen kanssa. Pystyimme sopimaan vaatimukset tiedostojen tietosäilytykselle sekä jopa kehittämään Precast Production Export -työkalua Parman omia tarpeita varten.

Opinnäytetyö on toteutettu työn ohessa ja Parma on suhtautunut opinnäytetyön tekemiseen erittäin positiivisesti mahdollistaen kaikki tarvittavat tutkimukset, sekä tapaamiset opinnäytetyöhön liittyen. Opiskelun ja työn yhteensovittaminen on muutenkin ollut varsin vaivatonta ja siihen on annettu Parmalla hyvät mahdollisuudet.

LÄHTEET

1. Parma 2017. Tietoa Parmasta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.parma.fi/tietoa-parmasta> [viitattu 24.9.2017].
2. Pintos Oy. Yritys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.pintos.fi/yritys/yritys/> [viitattu 24.9.2017].
3. Trimble inc. Tekla.com. Tietoa meistä. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti?qt-view_referenced_tabs_block=0#qt-view_referenced_tabs_block [viitattu 24.9.2017].
4. Trimble inc. About Trimble. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.trimble.com/Corporate/About_Trimble.aspx [viitattu 24.9.2017].
5. BuildingSMART Finland. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf [viitattu 24.9.2017].
6. Betoniteollisuus ry. Elementtisuunnittelu.fi. Mallintava suunnittelu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu> [viitattu 24.9.2017].
7. Harmanen, M. 2010. Betonielementtikohteiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1001-50-53.pdf> [viitattu 24.9.2017].
8. Micro Aided Design Oy. IFC-tiedonsiirto. 2013. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf [viitattu 24.9.2017].
9. Trimble Solutions Corporation. Tekla Structures. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures> [viitattu 24.9.2017].
10. BuildingSMART Finland. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. WWW-dokumentti. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/> [viitattu 24.9.2017].
11. Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset julkaistiin tänään. 2012. Tekla uutiset. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/uutiset/suomen-ensimm%C3%A4iset-kansalliset-tietomallivaatimukset-julkistettiin-t%C3%A4n%C3%A4nC3%A4n> [viitattu 24.9.2017].
12. Betoniteollisuus ry. Elementtisuunnittelu.fi. Elementtirakentamisen historia. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia> [viitattu 24.9.2017].

13. Betoniteollisuus ry. Elementtisuunnittelu.fi. Tietoa sivustosta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/tietoa-sivustosta> [viitattu 24.9.2017].
14. Betoniteollisuus ry. Elementtisuunnittelu.fi. Seinien mittasuositus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat/seinien-mittasuositus> [viitattu 24.9.2017].
15. Betoniteollisuus ry. Betonielementtien sähköasennukset. 2012. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.
16. Betoniteollisuus ry. Elementtisuunnittelu.fi. Sähköistys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat/sahkoistys> [viitattu 24.9.2017].
17. Sewatek Oy. S-sarjan palokatkoläpiviennit. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://sewatek.fi/category/s-sarja-2> [viitattu 24.9.2017].
18. Betonikeskus ry. 2011. Betonielementtien toleranssit 2011. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.
19. Karttunen, E. 2017. LEAN-päällikkö. Haastattelu 12.10.-13.10.2017. Parma Oy.
20. Modig, N. & Åhlström, P. 2017. Tätä on Lean. uusi painos. Ruotsi: Rheologica Publishing.
21. Progress Group. progressXML version 1.3. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.pxml.eu/PXML-Specification-1.3-EN.pdf> [viitattu 24.9.2017].
22. Trimble inc. Tekla Structures. Precast Production Export. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://teklastructures.support.tekla.com/2017/en/ext_precast_production_export [viitattu 24.9.2017].
23. Niemi, H. 2017. Precast product specialist. Haastattelu 25.10.2017. Trimble inc.
24. Kuhn, M. 1999. UTF-8 and Unicode FAQ for Unix/Linux. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/unicode.html> [viitattu 24.9.2017].
25. Ympäristöministeriö. 2005. Helsinki. Suomen rakentamismääräyskoelma B4. Betonirakenteet.
26. Ailanen, S. & Lahtinen, J. 2017. Myyntipäälliköt. Haastattelu 6.11.2017. Pintos Oy.
27. Suomen Betoniyhdistys. 2016. by 65 Betoninormit 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

28. Perkko, S. 2013. Tietomallinnus sairaalarakentamisen suunnittelussa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22307/Perkko.pdf?sequence=1>
29. Penttilä, H., Nissinen, S., Niemioja, S. 2006b Tuotemallintaminen rakennushankkeessa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

KUVALUETTELO

Kuva 1. Imatran Juva Oy. Tietomallinnukseen osallistuvat osapuolet. Saatavissa: <http://www.imjuva.com/tietomallinnus/>

Kuva 2. Trimble Solutions Corporation. Tekla Structures -ohjelmistolla tehty tietomalli. Saatavissa: <https://www.tekla.com/uk/products/tekla-structures>

Kuva 3. Ansion Sementtivalimo Oy. Betonielementtien käsittely- ja varastointi. Esimerkki työmaalla käännettävästä elementistä. Saatavissa: https://asv.fi/sites/default/files/betonielementtien_kasittelyohjeet.pdf

Kuva 4. Parman tyyli merkitä sähkövaraukset elementtipiirustuksiin. Joonas Leinonen 2017

Kuva 5. Väliseinäelementtien valmistustoleranssit. Betonikeskus ry. 2011. Betonielementtien toleranssit 2011. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy

Kuva 6. Seinämäisen palkin elementtipiirustus. Joonas Leinonen 2017

Kuva 7. Kuva täydestä teräsjätelavasta Parman Kotkan tehtaalla. Joonas Leinonen 2017

Kuva 8. Prosessikaavio väliseinäelementin valmistuksesta valmistusverkkojen avulla. Joonas Leinonen 2017

Kuva 9. Havainnekuva PXML-tiedoston XML-tyyppisestä sisällystä. Progress Group 2017

Kuva 10. Harjaterästankojen minimitaivutussäteet taulukkomuodossa. Ympäristöministeriö. 2005. Helsinki. Suomen rakentamismääräyskokoelma B4. Betonirakenteet. Taul. 4.1.

Kuva 11. Havainnekuva epärealistisesta ja realistisesta raudoituskomponentista taivutussädettä hyödyntäen. Progress Group 2017

Kuva 12. Havainnekuva Progress Groupin yhden tyyppisestä verkonvalmistuskoneesta. Progress Group 2017

Kuva 13. Precast Production Export -työkalun löytyminen komponenttikatalogista Tekla Structures -suunnitteluohjelmistosta. Joonas Leinonen 2017

Kuva 14. Precast Production Export -työkalu avattuna ensimmäistä kertaa ennen asetusten määrittämistä. Joonas Leinonen 2017

Kuva 15. Precast Production Export -työkalun general-välilehti avattuna, sekä sieltä määritettävät asetukset verkkotuotantoa varten. Joonas Leinonen 2017

Kuva 16. PXML-tiedoston tiedostonimen asettamisen valintaikkuna general-välilehden advanced-valinnasta. Joonas Leinonen 2017

Kuva 17. PXML-tiedoston syntypaikka mallikansion alaisuuteen sekä tiedostoniemen koostuminen selitettynä. Joonas Leinonen 2017

Kuva 18. Precast Production Export -työkalun reinforcements-välilehti avattuna, sekä sieltä valittavat asetukset. Joonas Leinonen 2017

Kuva 19. Precast Production Export -työkalun reinforcement data -välilehden asetukset, sekä kaikki mahdollisesti lisättävänä olevat tietosisällöt raudoituskomponenteille. Joonas Leinonen 2017

Kuva 20. Precast Production Export -työkalun order data -välilehden asetukset, sekä kaikki mahdollisesti lisättävänä olevat tietosisällöt tilausta koskien. Joonas Leinonen 2017

Kuva 21. Numeroinnin suorittaminen Tekla Structures 2016i -suunnitteluohjelmistossa. Joonas Leinonen 2017

Kuva 22. PXML-tiedoston luomisen työjärjestys selitettynä Tekla Structures 2016i -suunnitteluohjelmistossa. Joonas Leinonen 2017

Kuva 23. Pilottikokeiluun valikoituneet viisi kappaletta Asunto Oy Vantaan Sarastuksen 13. kerroksen väliseinäelementtejä. Joonas Leinonen 2017

Kuva 24. Ylimääräisten valutarvikkeiden rajaaminen pois PXML-tiedostosta Precast Production Export -työkalussa class-määrittelyä käyttäen. Joonas Leinonen 2017

Kuva 25. Ruutukaappaus AviCAD-ohjelmistosta, jossa avattuna yksi pilottikokeilun PXML-tiedostoista 3D-näkymässä. Joonas Leinonen 2017

Kuva 26. Ruutukaappaus lisäkokeilun kohteena olevasta verkosta, jossa lisättyä pieliterästen suorat pätkät verkon reunoihin. Joonas Leinonen 2017

Kuva 27. Pilottikokeilun PXML-tiedostot kansiossa lopullisessa muodossa valmiina Pintokselle toimitusta varten. Joonas Leinonen 2017

Kuva 28. Valokuva Kotkan tehtaalle saapuneiden verkkojen la-
pusta, mistä selviää mihin elementtiin kyseinen verkko kuuluu.
Joonas Leinonen 2017

Kuva 29. Valokuva mittatarkasta verkosta muotissa, joka ei
mahdu reunavaarnan alle sen ollessa asennettuna muottiin ennen
verkkoa. Joonas Leinonen 2017

Kuva 30. Valokuva pilottikokeilun verkosta, jossa puutiilien koh-
dalla näkyvät valmiit aukotukset verkossa. Joonas Leinonen 2017

Kuva 31. Valokuva yhdestä pilottikokeilun elementistä, jossa ver-
kot ovat erimuotoisia elementin eri pinnoissa. Joonas Leinonen
2017

Kuva 32. Valokuva pieliteräksinä toimivista 10mm paksuista suo-
rista harjateräksistä, jotka reunustavat raudoitusverkkoa patteri-
muotissa. Joonas Leinonen 2017

Kuva 33. Valokuva lisäkokeilun kohteena olleesta patterimuotissa
valmistetusta elementistä, johon toinen verkko on jo asennettu
paikoilleen. Joonas Leinonen 2017

Opinnäytetyön liitteitä ei julkaista salassapitosopimuksen vuoksi.