

Betonelementtien BIM-pohjainen tuoteosakauppa, Case väliseinäelementit

Kirjoittajat: Kristiina Sulankivi
(yhteistyössä Parma, Skanska, Finnmap, Tekla)

Luottamuksellisuus: Julkinen (13.5.2014 alkaen)



Raportin nimi		
Betonielementtien BIM-pohjainen tuoteosakauppa, Case väliseinäelementit		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
Ilkka Romo, Skanska Oy Heikki Sarin, Parma Oy Jukka Suomi, Tekla Oyj		
Projektin nimi		Projektin numero/lyhytnimi
Tietomallipohjainen tuotetiedonhallinta teollisen rakentamisen toimitusketjussa (Building Information Model Based Product Data Management in Industrialized Construction Supply Chain, BIMCON)		BIMCON
Raportin laatija(t)		Sivujen/liitesivujen lukumäärä
Kristiina Sulankivi		24/1
Avainsanat		Raportin numero
tietomalli, BIM, betonielementti		VTT-R-03335-13
Tiivistelmä		
<p>Tutkimus on osa PRE-ohjelman BIMCON-hanketta, jonka tavoitteena on kehittää tuotetietojen systemaattista hallintaa osana rakennusten tietomallipohjaista suunnittelua ja rakentamista. Tämän rajatun työn tavoitteena oli kehittää ja testata betonielementtien BIM-pohjaista tuoteosakauppaa, jossa elementtitoimittaja vastaa omien tuotteidensa suunnittelusta ja mallintamisesta. Esimerkkinä keskityttiin väliseinäelementteihin. Avainkysymys oli, miten tuoteosatoimittajan BIM-pohjainen suunnitelma yhdistetään kohteen muuhun suunnitteluun. Nykyisin rakennemallinnus tapahtuu tavallisesti yhden yrityksen sisällä, jolloin mallin jakamiseen ja yhdistämiseen on olemassa tekninen ratkaisu.</p> <p>Kehitystyön ensimmäisessä vaiheessa käytiin läpi prosessi tehtävineen, tiedonsiirtoineen ja vastuineen nk. Simulointityöpajassa ja tulos dokumentoitiin. Päähuomio oli rakennesuunnittelijan, elementtitoimittajan ja urakoitsijan välisissä tiedonsiirroissa, kun suunnitelmat jaetaan perinteisten 2D-piirustusten sijaan Tekla Structures –malleina. Toisessa vaiheessa toteutettiin uuden toimintatavan testaus todellisessa käynnissä olevassa rakennushankkeessa, joka oli yksikertainen asuinkerrostalokohde. Prosessikuvaus päivitettiin pilottihankkeen kokemusten perusteella. Tätä prosessikuvausta, Mallinnusprosessi tuoteosakaupassa, sekä saatuja kokemuksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa tietomallipohjaista tuoteosakauppaa hyödyntävissä hankkeissa.</p> <p>Tuoteosatoimittajan suunnittelu onnistuttiin pilotissa yhdistämään rakennuskohteen muuhun suunnitteluun ja pääarakennesuunnittelijan mallinnusprosessiin ilman merkittäviä ongelmia. Käytännössä tämä vaati kuitenkin eri osapuolten välisiä mallintamiseen liittyviä työskentelytapa-sopimuksia. Uusi toimintatapa edellyttää myös esim., että elementtitoimittaja pääsee mukaan hankkeeseen suunnittelun alkuvaiheessa, ja mallinnuksen tehokas hyödyntäminen, että piirustuksia tuotetaan vasta kun rakennesuunnitelmat ovat malli-muodossa valmiit. Pilotissa elementtitoimittaja teki aiempaa itsenäisemmin väliseinäelementtien suunnittelun, ja jakoi suunnitteluprosessin aikana muille osapuolille piirustusten sijaan malleja, mikä vaikutti suunnittelun ja mallinnuksen työjärjestykseen. Uutta oli myös se, että tuotantomalli koottiin urakoitsijan käyttöön kahdesta erillisestä rakennemallista, joita olivat pääarakennesuunnittelijan malli ja elementtitoimittajan väliseinämalli.</p> <p>Kuvatulla toimintamallilla saavutettavissa olevia hyötyjä ovat mm. tuotannon näkökulman parempi huomioon ottaminen suunnittelussa ja tehokkaampi suunnitteluprosessi, jossa piirustusten turhaa tuottamista ja jakelua on eliminoitu, sekä tarvetta suunnitelmamuutoksille erityisesti hankkeenkin lopussa on perinteistä selvästi vähemmän. Tunnistetut jatkokehitystarpeet liittyvät pääasiassa työkaluihin, erityisesti mallin jakamiseen ja yhdistämiseen sekä päivityksiin yli organisaatorajojen, mutta myös toimintatavan soveltuvuutta monimutkaisempiin hankkeisiin tulisi testata.</p>		
Luottamuksellisuus	luottamuksellinen (mahdollisesti julkinen RYM Oy:n PRE-ohjelman päättyessä)	
Tampere 12.5.2014		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Kristiina Sulankivi, tutkija	Markku Kiviniemi, erikoistutkija	Iiro Salkari Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot		
VTT, PL 1000, 02044 VTT, info@vtt.fi		
Jakelu (asiakkaat ja VTT)		
Skanska, Parma Oy, Finnmap Consulting, RYM Oy:n PRE-ohjelman osapuolet, VTT arkisto		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

Alkusanat

Tutkimus on osa BIMCON-hanketta, jonka tavoitteena on kehittää tuotetietojen systemaattista hallintaa osana rakennusten tietomallipohjaista suunnittelua ja rakentamista. BIMCON (Building Information Model Based Product Data Management in Industrialized Construction Supply Chain) kuuluu laajaan RYM Oy:n johtamaan Built Environment Process Re-engineering (PRE) –tutkimusohjelmaan. BIMCON-veturiyhtiönä toimii Skanska ja hankkeen muut osapuolet ovat Parma Oy, Ruukki Construction Oy, Saint-Cobain Weber Oy, Tekla Oyj, VTT ja Aalto-yliopisto. Tämän tutkimuksen ohjaukseen ovat osallistuneet Skanska ja Parma.

Betonielementtien osalta BIMCON-projektissa on tavoitteena tehostaa BIM-pohjaista tiedonsiirtoa ja tiedon hyödyntämistä. Tähän betonielementtien tietomallipohjaista tuoteosakauppaa koskevaan rajattuun kehitystyöhön ovat osallistuneet Parmasta Markku Räsänen ja Antti Paatero, Skanskasta Marjo Peltomäki ja Juha-Matti Kujanpää, Finnmap Consulting Oy:stä Ilkka Wirkkala ja Tommi Hokkanen, Teklasta Sampo Pilli-Sihvola ja VTT:ltä Kristiina Sulankivi.

Kiitokset kaikille työhön osallistuneille ja erityisesti pilottirakennushankkeen suunnittelijoille ja Skanskan projektihenkilöille suunnittelutiedon jakamisesta avoimesti ja hyvässä yhteistyössä kehitystarkoituksiin.

Tampere 12.5.2014

Kristiina Sulankivi

Sisällysluettelo

Alkusanat	2
Sisällysluettelo.....	3
1. Johdanto.....	4
1.1 Tausta	4
1.2 Tavoite ja rajaukset.....	4
1.3 Tutkimusmenetelmät.....	5
1.4 Käytetyt termit.....	5
2. Pilotti.....	6
2.1 Pilotin perustiedot	6
2.2 Testauksen haasteet.....	6
2.3 Pilotin mallipohjaisen prosessin pääperiaatteet.....	7
3. Tulokset	9
3.1 Mallinnusprosessi tuoteosakaupassa.....	9
3.2 Muutokset perinteiseen toimintatapaan nähden.....	17
3.3 Hankkeeseen osallistuneiden kokemuksia ja yleisnäkemyksiä	18
3.4 Tietomallipohjaisen tuoteosakaupan hyödyt.....	19
3.5 Jatkokehitystarpeet.....	19
4. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	21
Lähdeviitteet.....	22

1. Johdanto

1.1 Tausta

Betonielementtien tarjouskyselyt ja hankinta tapahtuvat pääasiassa tilaajan suunnitelmilla, eli esim. rakennuttaja tai perustajaurakoitsija hankkii elementtisuunnittelun rakennesuunnitteluun erikoistuneelta insinööritoimistolta. Elementtikaupan tarjousvaiheessa elementtisuunnittelua ei tyypillisesti ole tehty loppuun asti valmiiksi, mutta silti käytännön ongelmana tuotevalmistajan näkökulmasta on se, että suunnitelmat on viety liian pitkälle huomioimatta tuotannon näkökulmaa ja valmistajakohtaista detaljien vakiointia.

Tuoteosakaupassa elementtitoimittaja vastaa omien tuotteidensa projektikohtaisesta suunnittelusta kohteen muiden suunnittelijoiden antamalla lähtötiedoilla. Kehitystyöhön osallistunut elementtitoimittaja on jo usean vuoden ajan toimittanut väliseinä-, hissikuilu- ja porrastaso-elementtejä tuoteosakauppana, ja sen hyötyinä nähdään esim. tehokkaampi suunnittelu sekä tehokkaampi ja turvallisempi elementtien valmistus ja työmaa-asennus. Tietomallipohjaisessa tuoteosakaupassa elementtitoimittaja vastaa myös omien tuotteidensa mallintamisesta, sekä rakennushankkeen päättyessä näitä koskevan tuotetiedon toimituksesta osaksi kohteen toteumatietoja (as-built-tieto).

Tietomallintaminen on lisääntynyt rakennesuunnittelussa nopeasti, mutta rakennuskohteen mallinnus tehdään tavallisesti yhden yrityksen sisällä. Elementtitoimittajallakin oli hieman aiempaa kokemusta BIM-pohjaisesta elementtisuunnittelusta, mutta suunnitelmat on toimitettu aiemmin muille osapuolille vain piirustuksina. Piirustusten tuottaminen on suunnittelutoimistoissa puolestaan koettu kohtuuttoman työlääksi nykyisessä prosessissa, ja mallintamisen yleistyessä turhasta piirustustuotannosta halutaan päästä eroon.

Pääurakoitsijan näkökulmasta ongelmana on ollut, että tietomalleihin siirtymisen myötä rakennesuunnittelutoimiston elementtisuunnitelmat voidaan toimittaa elementtien valmistajalle tietomallina, mutta elementtitoimittajat eivät pysty hyödyntämään näitä tarjouslaskennassaan tai elementtien valmistuksessa. Osasyynä tähän ovat vielä nykyisin suunnittelutoimistokohtaisesti vaihtelevat mallinnuskäytännöt, eli samoja mallinnusperiaatteita ei järjestelmällisesti noudateta, minkä tuloksena mallista ei saada automatisoidusti tai edes luotettavasti ulos tietoa eri käyttötarkoituksiin. Osaltaan tilannetta on tullut korjaamaan hiljattain julkaistut mallinnusohjeet (BEC 2012, YTV 2012).

1.2 Tavoite ja rajaukset

Tavoitteena oli kehittää ja testata betonielementtien BIM-pohjaista tuoteosakauppaa, jossa elementtitoimittaja vastaa omien tuotteidensa suunnittelusta ja mallintamisesta. Avainkysymys oli, miten tuoteosatoimittajan (Parma) BIM-pohjainen suunnitelma yhdistetään kohteen muuhun suunnitteluun eli arkkitehti-, pääraakenne- ja talotekniikkasuunnitteluun.

Työssä ei kehitetty mallinnusohjelmia, vaan sovellettiin olemassa olevia työkaluja mahdollisimman tehokkaasti. Myöskään kaupallista ja hankintateknistä näkökulmaa ei käsitelty (esim. miten ja missä vaiheessa elementtitoimittaja antaa hintatarjouksen elementtien suunnittelusta ja valmistuksesta).

1.3 Tutkimusmenetelmät

Kehitystyön ensimmäisessä vaiheessa järjestettiin BIM-simulointi-työpaja, jossa oli tavoitteena määrittellä ja sopia hankkeen eri osapuolten tehtävät, tiedonsiirrot ja vastuut tietomallia hyödyntävässä BIM-pohjaisessa väliseinien tuoteosakaupassa, sekä tehdä tarpeen mukaan rajattuja tiedonsiirron testauksia. Työhön osallistuivat urakoitsijan, elementtitoimittajan, päärakennesuunnittelijan sekä ohjelmatalon ja tutkimuslaitoksen edustaja. Kehitystyöpaja toteutettiin ja sen tulos dokumentoitiin, jotta tietomallipohjaisten ohjelmien ja tiedonsiirtojen toimivuus todellisessa käynnissä olevassa rakennushankkeessa voitaisiin varmistaa mahdollisimman pitkälle ennen varsinaista pilotointia.

Kehitystyön toisessa vaiheessa toteutettiin uuden toimintatavan testaus todellisessa käynnissä olevassa rakennushankkeessa. Projektin suunnittelijat ja urakoitsijan projektihenkilöstö ovat tehneet kaikki mallinnukset ja tiedonsiirrot osana normaalia projektityöskentelyä. Pilotin seuranta, palautteen kerääminen sekä kokemusten raportointi on toteutettu BIMCON-kehityshankkeen puolesta.

1.4 Käytetyt termit

BIM (Building Information Model): Suomeksi: rakennuksen tietomalli, on rakennusta ja rakennusprosessia koskevien tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Pelkistetysti tämä tarkoittaa rakennuksen ja sen sisältämien rakennusosien geometrian esittämistä kolmiulotteisesti, sekä esim. rakennusosien tunnistetiedon ja ominaisuustiedon sekä aikataulutiedon liittämistä näihin 3D-osiin.

IFC (Industry Foundation Classes): Kansainvälinen ja jatkuvasti kehitettävä rakennusalan avoin tiedonsiirtostandardi, jonka avulla tietomalli-pohjaisia suunnitelmia voidaan siirtää eri ohjelmien välillä, ja esim. yhdistää eri mallinnusohjelmilla suunniteltuja osasuunnitelmia päällekkäiseen tarkasteluun tai lähtötiedoiksi seuraavaan suunnittelutehtävään.

Natiivi-malli: Mallinnusohjelman omaan ohjelmakohtaiseen tallennusmuotoon tallennettu tietomalli. Esimerkiksi arkkitehtimallinnusohjelman Revit natiivi-muoto on *.rvt ja ArchiCAD:in *.pln ja erityinen arkistomuoto *.pla. Rakennemallinnusohjelman Tekla Structures natiivi-muoto on puolestaan *.db1.

Phase ja Phase Manager: Tekla Structures-mallinnusohjelman Phase Manager –toimintoa käytetään Phase'ien hallintaan. Phase puolestaan tarkoittaa suoraan suomeksi käännettynä vaihetta, ja Phase'ja käytetään mallin osien jaotteluun eri vaiheisiin esimerkiksi asennusjärjestystä vastaten (esim. kerroksittain ja lohkoittain). Käytännössä suunnittelijat mallintavat esimerkiksi pilarit, palkit, laatat, väliseinät, ulkoseinät jne. kerroksittain ja mahdollisesti myös lohkoittain omille Phase'ille, minkä jälkeen Phase-numeroa voidaan hyödyntää esimerkiksi osien valinnassa mallista (filteröinnissä), kopioinnissa, listauksissa (raporteissa) ja piirustustuotannossa. Numeron lisäksi Phase'lle annetaan yleensä nimi, joka kuvaa sen käyttötarkoitusta, esim. 1. kerroksen pilarit. Käytännössä Phase'ja käytetään Teklassa pitkälle samaan tapaan kuin tasoja/CAD-kuvataseja käytetään joissain muissa mallinnusohjelmissa.

Tuoteosakauppa: Tuotetoimittaja vastaa valmistamiensa tuotteiden projektikohtaisesta suunnittelusta. Tuoteosakauppa sisältää joissain tapauksissa suunnittelun ja valmistuksen lisäksi myös työmaa-asennuksen.

2. Pilotti

2.1 Pilotin perustiedot

Rakennushanke:

Pilottina toiminut rakennushanke on Skanskan oma asuntokohde As oy Järvenpään Sävel. Kyseessä on melko yksinkertainen 5-kerroksinen kerrostalo (vrt. Kuva 1). Samaan kortteliin on toteutettu aiemmin useita samantyyppisiä asuinkerrostaloja.



Kuva 1. Visualisointi rakennuskohteesta (Lähde: Skanska).

Pilottiin osallistuneet osapuolet ja käytetyt ohjelmat:

Kohteen tilaaja ja urakoitsija: Skanska, mallipohjaisina ohjelmina käytössä Solibri ja Tekla.

Päärakennesuunnittelija: Finnmap Consulting Oy, rakennemallinnus Tekla Structures 17.0 mallinnusohjelmalla.

Elementtitoimittaja: Parma, joka vastasi betoniväliseinäelementtien toimituksesta tuotesakauppana. Toimitukseen sisältyi vastuu väliseinäelementtien tietomallipohjaisesta suunnittelusta ja valmistuksesta. Mallinnustyökaluna oli Tekla Structures 17.0. Parman vastuulla oli väliseinien lisäksi myös hissikuiluelementit, portaat ja porrashuoneen massiivilaatat, mutta kehitystyössä keskityttiin väliseinäelementtien tarkasteluun.

Muu pilotissa käytetty data:

Arkkitehti ei suunnitellut kohdetta mallintaen, ja tästä syystä arkkitehtisuunnitelmat olivat käytettävissä vain 2D-piirustuksina. Talotekniikka sen sijaan suunniteltiin mallintamalla ja toimitettiin muiden osapuolien käyttöön IFC-muodossa.

2.2 Testauksen haasteet

Ennen varsinaista pilotointia BIM-pohjaisen tuotesakaupan suurimmaksi riskiksi ja haasteeksi tunnistettiin se, että kohteen mallipohjaista rakennesuunnittelua tehdään kahdessa eri organisaatiossa. Nykyisin rakennemallinnus tapahtuu tavallisesti yhden yrityksen sisällä, jolloin Tekla-mallin jakamiseen on olemassa tekninen ratkaisu (multi-user malli). Työkalut eivät tällä hetkellä tue hyvin suunnittelun jakamista osiin ja mallien yhdistämistä yli organisaatorajojen. Urakoitsija tarvitsee kuitenkin yleensä kaikki rakenteelliset osat yhdessä mallissa yhdenmukaisesti numeroiteineen ja yksilötunnisteineen. Päärakennesuunnittelijan ja elementtitoimittajan Tekla-malleista koottua yhdistettyä rakennemallia käytetään mm. BIM-pohjaiseen tuotannosuunnitteluun.

Pilotissa elementtitoimittajan Tekla-mallin yhdistäminen päärakennemalliin ajateltiin tarpeelliseksi suunnittelun aikana kahdessa päävaiheessa, jolloin urakoitsija saa käyttöönsä ensin alustavan rakennemallin laskentaan ja alustavaan tuotannosuunnitteluun, ja myöhemmin valmiin rakennemallin työmaalle esim. asennusten suunnitteluun ja seurantaan. Osamallien “manuaalisen” yhdistämisen onnistumiseksi teknisistä haasteista huolimatta, tehtiin ennen pilotointia yksityiskohtaisia sopimuksia esimerkiksi osien nimeämistä, tunnistamista, numerointia ja Phase’ien käyttöä koskien (Part names, identifiers, numbering, Phase management). Silti suunnittelijoiden Tekla-mallin päivittymiseen tunnistettiin liittyvän ongelmana vielä se, että urakoitsijan tallentamaa tietoa voi hävitä, jos aiempaa versiota on jo käytetty tuotannosuunnitteluun. Nykyisillä työkaluilla toimittaessa suunnittelijoiden mallien päivittyminen aiheuttaa uudelleen tekemistä kuten mallin osien uudelleen jäsentelyä Teklan luokittelutyökalulla (Model organizer) urakoitsijan mallipohjaisessa tuotannosuunnittelussa. Koska hankkeessa oletettiin päästävän lukumääräisesti pienellä määrällä mallipäivityksiä, urakoitsija ei pitänyt tätä kuitenkaan esteenä mallipohjaisen tuoteosakaupan testaukselle.

Toimintatapoihin liittyvänä merkittävimpänä haasteena pidettiin ennen testausta yhteistyön toteuttamista ja työnjakoa elementtitoimittajan ja päärakennesuunnittelijan välillä. Joidenkin rakenteiden osalta ja myös eri osapuolten vastuulla olevien elementtien välisiä liitoksia koskien on etukäteen sovittava työnjaosta ja käytettävistä suunnitteluratkaisuista. Lisäksi elementtitoimittajalla ei ollut aiempaa kokemusta täysin mallipohjaisesta varausten suunnittelusta, joten myös reikäkierron koordinointiin, tiedonsiirtoon ja eri osapuolten väliseen kommunikointiin liittyi joitain kysymyksiä ennen pilottitestausta.

2.3 Pilotin mallipohjaisen prosessin pääperiaatteet

Pilotointia varten BIM-pohjaisen tuoteosakaupan prosessi mietittiin ja kuvattiin etukäteen. Päähuomio kuvauksessa oli rakennesuunnittelijan, elementtitoimittajan ja urakoitsijan välisissä tiedonsiirroissa, kun suunnitelmat jaetaan Tekla-natiivimalleina. Mallipohjaisen prosessin pääperiaatteet, joita todellisessa käynnissä olevassa rakennushankkeessa päätettiin noudattaa ja testata olivat:

- Rakennesuunnittelija tekee alustavan rakennemallin, jossa ei ole ollenkaan/minkäänlaisia väliseiniä.
- Elementtitoimittaja tekee väliseinien elementtijaon perustuen arkkitehtisuunnitelmiin.
- Väliseinien suunnittelu tapahtuu mallintaen Tekla Structures –ohjelmalla (TS 17.0), noudattaen sovittuja käytäntöjä, kuten osien nimet Parma-alkuisia ja mallinnus sovituille Phase’ille.
- Väliseinä-mallien julkaisu tapahtuu kahdessa vaiheessa:
 1. Alustava väliseinämalli (“raakamalli”): väliseinien elementointi sisältäen 3D-päägeometrian koko rakennuksen osalta
 2. Väliseinämalli: myöhemmin varsinainen väliseinä-malli sisältäen tarkan elementtisuunnittelun kuten raudoitukset, kaikki liitososat, sähkökomponentit ja muut mahdolliset varusteet ja varaukset
- Päärakennesuunnittelija yhdistää elementtitoimittajan mallintamat osat omaan malliinsa kyseisissä vaiheissa, ja julkaisee yhdistetyn Tekla-mallin.
- Urakoitsija saa yhdistetyn rakennemallin BIM-pohjaiseen tuotannosuunnitteluun päärakennesuunnittelijan kautta.

- Elementtitoimittaja mallintaa LVI-varaukset ja sähköt vastuullaan oleviin elementteihin (tuoteosakauppana hankittuihin elementteihin), perustuen talotekniikkasuunnittelijoiden IFC-malleihin ja tarvittaessa myös piirustuksiin.
- Päärakennesuunnittelija vie varaukset muihin rakenteisiin, ja on vastuussa varaussuunnittelun koordinoinnista kuten perinteisessäkin prosessissa.
- Eri suunnittelualojen mallit yhdistetään IFC-muodossa törmäystarkasteluun
- Piirustukset tulostetaan mallista vasta kun BIM-pohjainen suunnittelu on tehty valmiiksi. Elementtitoimittaja tuottaa piirustukset vastuullaan olevista elementeistä ja päärakennesuunnittelija muut.

Uudelle prosessille asetettiin lisäksi seuraavanlaisia aikataulutavoitteita:

- Elementtitoimittaja mukaan hankkeeseen noin 6 kk ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia
- Väliseinäsuunnittelun lähtötiedot tuoteosatoimittajalle 12 viikkoa ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia
- Suunnitelmat malli-muodossa valmiiksi 6 viikkoa ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia (yhdistetty Tekla-malli). Tämän jälkeen on aikaa tuottaa tarvittavat piirustukset.

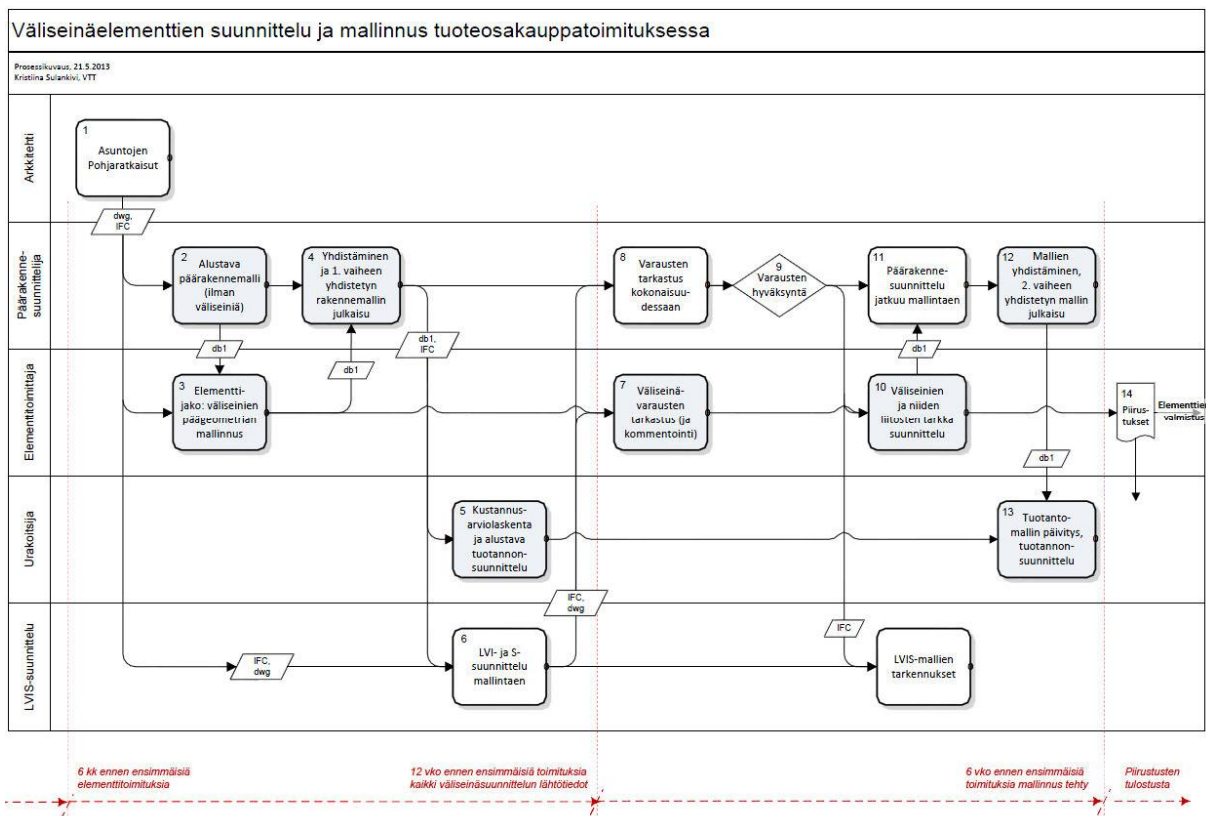
Niin kutsutussa Simulointityöpajassa luonnosteltu prosessi tehtävineen, tiedonsiirtoineen ja vastuineen dokumentoitiin ja kuvaus päivitettiin pilotin jälkeen todellisessa hankkeessa saatujen kokemusten perusteella. Tämä prosessikuvaus, jota voidaan käyttää ohjeistuksena tai lähtökohtana tulevissa hankkeissa on esitetty tutkimuksen päätuloksena luvussa 3.1 *Mallinnusprosessi tuoteosakaupassa*.

3. Tulokset

3.1 Mallinnusprosessi tuoteosakaupassa

Kunkin osapuolen tehtävät, vastuut ja tiedonsiirrot BIM-pohjaisessa väliseinäelementtien suunnitteluprosessissa on esitetty seuraavassa prosessikaaviossa (vrt. Kuva 2). Tulos kuvaa kehityshankkeessa määritellyn ja Pilotti-hankkeen kokemusten perusteella korjatun toimintaprosessin, jota voidaan käyttää pohjana ja soveltaa tulevissa tuoteosakauppa sisältävissä hankkeissa.

Tiedonsiirrot on kuvattu kaaviossa tiettyyn tehtävään tarvittavina lähtötietoina sekä tuloksina, joita muut osapuolet jatkohyödyntävät. Käytännössä tietomallien ja muidenkin hankkeen dokumenttien jakelu tapahtui kuitenkin rakennushankkeen projektipankin välityksellä (ja lisäksi suunnitteluprosessiin liittyvää tietoa on vaihdettu luonnollisesti myös perinteiseen tapaan esim. suunnittelukokouksissa ja sähköpostin välityksellä). Prosessikaavio löytyy suuremmassa koossa raportin liitteenä (Liite 1).



Kuva 2. Mallinnusprosessi väliseinäelementtien BIM-pohjaisessa tuoteosakaupassa.

Pelkistetysti väliseinien mallinnusprosessi eteni Pilotti-hankkeessa seuraavasti: Elementtitoimittaja vastasi väliseinien rakennesuunnittelusta ja mallinnuksesta alusta asti. Ensimmäisessä vaiheessa tehtiin väliseinäjako mallintamalla niiden päägeometria ja pystyliitokset arkkitehtisuunnitelmien pohjalta koko rakennusta koskien. Päärakennesuunnittelija yhdisti väliseinät omaan malliinsa, jossa ei ollut vielä minkäänlaisia väliseiniä, sekä tarkisti yhteensopivuuden ja julkaisi ensimmäisen vaiheen yhdistetyn rakennemallin. Vasta talotekniikkasuunnittelun jälkeen tehtiin tarkempi väliseinäelementtien suunnittelu (varustelu). Tällöin elementtitoimittaja mallinsi varaukset vastuullaan oleviin väliseinäelementteihin ja päärakennesuunnittelija muihin rakenteisiin, sekä liitti toisen kerran

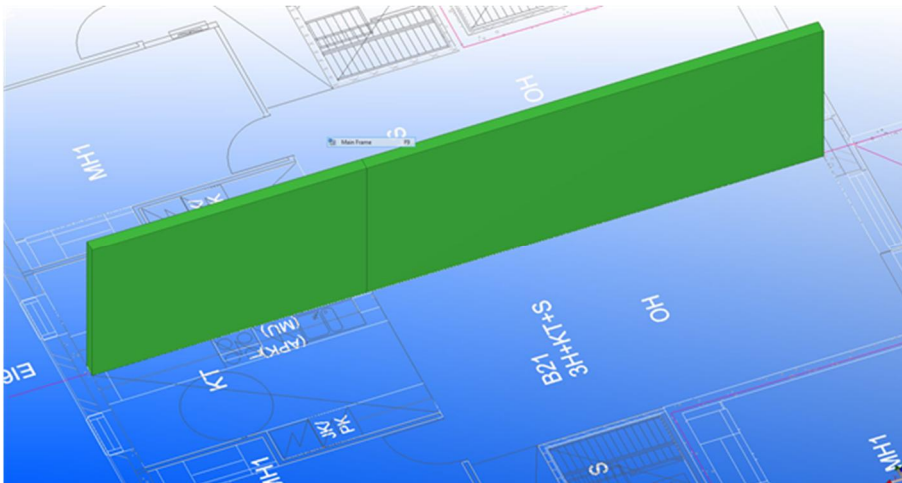
osamallit yhteen ja julkaisi 2. vaiheen yhdistetyn mallin urakoitsijan käyttöön. Urakoitsijan törmäystarkastelun ja työmaan kommenttien perusteella tehtiin vielä yksi korjauskierros osamalleihin, ja sen jälkeen julkaistiin viimeinen, vaiheen 3. yhdistetty rakennemalli. Valmiista mallista tuotettiin perinteiset elementtipiirustukset elementtituotantoa ja työmaata varten sekä viranomaiselle toimitettavaksi. Elementtitoimittaja antoi vastuullaan oleville elementeille elementtitunnukset (piirustuksiin tulevat elementtitunnukset Prefix+numero), mutta varsinaisia yksilötunnisteita (ACN-numerointi) ei annettu, koska niille ei käytännössä ilmennyt tarvetta tässä hankkeessa.

Tarkemmin kuvattuna BIM-pohjainen väliseinäelementtien mallinnusprosessi etenee vaiheittain seuraavasti (numerointi viittaa prosessikaavioon, Kuva 2. tai Liite1):

1. Arkkitehti suunnittelee huoneistopohjat, ja toimittaa hyväksytyt suunnitelmat 2D-dwg-muodossa ja IFC-mallina hankkeen muille osapuolille
 - Arkkitehdin IFC-muotoista mallia voidaan hyödyntää rakennesuunnittelussa visuaaliseen tarkasteluun ja mallinnuksen apuna. Pilotissa arkkitehti ei kuitenkaan mallintanut, joten muut osapuolet saivat arkkitehtipohjat käyttöönsä vain 2D-muodossa.
 - IFC-muotoisen mallin lisäksi arkkitehdiltä voidaan tarvita malli myös natiivi-muodossa esim. pääurakoitsijan määrälaskentaan, ja myös se toimitetaan jos näin on sovittu.
2. Rakennesuunnittelija tekee alustavan rakennemallin, jossa ei ole ollenkaan väliseinäelementtejä, ja julkaisee sen muiden käyttöön
 - Väliseinille varataan sekä päärakennesuunnittelijan että elementtitoimittajan rakennemalliin tietyt Phaset (periaatteessa suunnittelijan malliin luomia "tasoja"), jolloin niitä voidaan hyödyntää elementtitoimittajan mallintamien osien kopioinnissa päärakennemalliin, ja eri suunnittelijoiden vastuulla olevat osat on myös helpompi eritellä toisistaan.
 - Tässä tapauksessa, kun päärakennesuunnittelijan Tekla Structures -malli oli jo ulkoseinien osalta pitkällä ennen kuin elementtitoimittaja aloitti vastuullaan olevien väliseinien suunnittelun ja mallinnuksen, toimitti päärakennesuunnittelija alustavan rakennemallinsa elementtitoimittajan suunnittelun pohjaksi.
 - Toinen esille nousut vaihtoehto, jota kannattaa tulevaisuudessa harkita (esim. jos elementtisuunnittelijan pitää aloittaa suunnittelutyö samaan aikaan päärakennesuunnittelijan kanssa), on laatia mallien kohdistukseen ja yhteisten kirjastojen jakamiseen ensin "koordinaatiomalli".
 - Nk. koordinaatiomallin laadinta: Rakennesuunnittelija luo mallinnuksen pohjaksi Tekla -aloituspohjan ennen kuin kumpikaan osapuoli alkaa mallintaa. Tällä varmistetaan, että eri organisaatioissa tapahtuvat mallinnukset perustuvat alusta asti samaan koordinaatistoon, joka on sama kuin myös arkkitehdillä.
 - Kun elementtitoimittaja ottaa suunnittelun pohjaksi tyhjän koordinaatiomallin, niin päärakennesuunnitelma voidaan liittää elementtitoimittajan malliin IFC-referenssinä siinä vaiheessa, kun se on käytettävissä. Tätä yhteiseen nk. koordinaatiomalliin perustuvaa mallinnusta ei kuitenkaan testattu pilotissa, ja yksi tähän liittyvä kysymys on, pitääkö molempien osapuolien mallintamat osat yhdistää ifc:n sijaan natiivi-muodossa samaan malliin siinä vaiheessa, kun suunnittelu etenee päärakennesuunnittelijan osien ja väliseinien välisten liitosten suunnitteluun.

3. Elementtitoimittaja tekee väliseinien elementtijaon ja julkaisee 1. vaiheen mallinsa

- Arkkitehtisuunnitelmien ja alustavan päärakennemallin lisäksi elementtitoimittaja sai suunnitteluun seuraavat lähtötiedot päärakennesuunnittelijalta ja urakoitsijalta: tiedot rakennejärjestelmästä, elementit/paikallavalut, elementtien suurin sallittu paino, suunnittelu-aikataulu ja hissikuilun suunnitteluun tieto hissitoimittajasta. Lisäksi jo suunnittelun aloituspalaverissa oli sovittu elementtejä koskevat detaljit.
- Elementtijaon sisältävä ensimmäinen väliseinämalli sisältää betonielementtirakenteisten väliseinien päägeometrian Teklan Concrete Panel – mallinnustyökalulla mallinnettuna ja oviaukkoineen koko rakennuksen osalta. Periaate on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3). Väliseinäjako tehtiin koko rakennusta koskien (eikä esim. yhdelle tyyppikerrokselle), koska 1. vaiheen malli piti toimittaa kokonaisuudessaan muiden käyttöön.
- Pilotissa elementtitoimittaja (Parma) lisäsi malliinsa jo tässä vaiheessa myös väliseinien pystyliitokset. Liitosten lisäämistä ei pidetty pilotissa välttämättömänä, mutta kun liitostyyppit olivat tiedossa ja suunnitteluun riittävästi aikaa, tuntui niiden lisääminen tässä vaiheessa luontevalta. Koska Tekla-mallinnukseen käytettävät liitoskomponentit määrittelevät myös saumamuodot eli tekevät liitettäviin elementteihin reunamuodot, olisi jo 1. vaiheen mallista ollut mahdollista saada väliseinäelementtien pinta-ala tiedot melko tarkasti. (Vain myöhemmin ne suunniteltavia pieniä reikiä ja varauksia lukuun ottamatta tarkasti oikein.)
- Tavoiteprosessissa väliseinien päägeometria mallinnetaan Concrete Panel- eli betoniseinä-työkalulla. Pilotti-hankkeessa väliseinien mallinnus tapahtui kuitenkin aiemmin laaditulla ja käytetyllä Tekla Custom component'illa (mallinnuskirjaston komponentti), joissa seinän mallinnus oli tehty BEC 2012 mallinnusohjeiden vastaisesti palkki-työkalulla (Concrete beam). Todettiin, että jatkossa elementtitoimittajan on tarve mallintaa väliseinät seinätyökalulla eli Concrete Panel'eina.



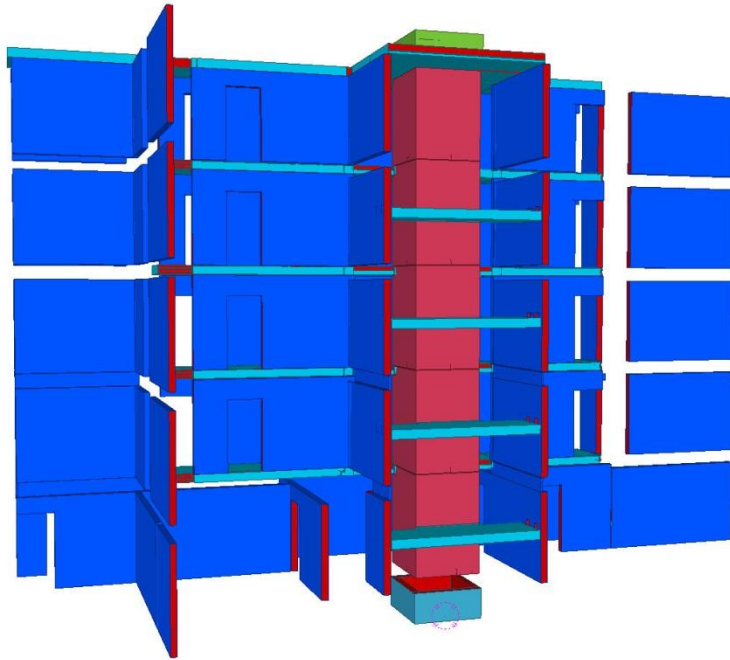
Kuva 3. Elementtijaon mallinnus Tekla Structures'issa (periaatekuva VTT).

- Elementtitoimittaja aloitti mallinnuksen yrityksen omaan Tekla-aloituspohjaan ("aloitusmalliin"), johon kopioitiin päärakennesuunnittelijan alustava Tekla-malli (db1, db2, materiaalit ja profiilit). Näin omat mallinnustyökalut, päärakennesuunnittelijan mallin sisältö, ja lisäksi myös koordinaatisto suhteessa päärakennesuunnittelijaan saatiin alusta asti haltuun.
- Elementtitoimittaja lisäsi itse väliseinäelementtien Phase't Tekla-malliinsa ja numeroi ne yhdessä sovitulla tavalla kerroksittain niin, että rakennuksen yhden kerroksen väliseinät mallinnettiin Phase'ille 23200xx, missä xx = kerros (Kellarikerrokselle xx = 00, ja yhteensä väliseinille varattiin 7 Phasea 2320000-2320006).

- Väliseinien elementtijako eli päägeometrian mallinnus perustuu arkkitehdin suunnitelmiin. Pilotissa 2D-dwg-pohjiin, joita käytettiin Teklassa 2D-referenssipiirustuksina.
- Edellisten seurauksena elementtitoimittajan väliseinä-malli sisälsi pilotissa väliseinien lisäksi myös rakennesuunnittelijan osat kuten ulkoseinäelementit, mutta näitä käytettiin vain väliseinäsuunnittelun apuna ja ajantasainen yhdistetty rakennemalli jaettiin urakoitsijan (Skanska) käyttöön päarakennesuunnittelijan (Finnmap) kautta.
- Elementtitoimittajan vastuulla olevien betonielementtien nimeämisessä sovittiin noudatettavan seuraavaa nimeämistapaa pääosille (esim. väliseinille pääosa on Concrete Panel):
 - PARMA_VÄLISEINÄ
 - PARMA_MASSIIVILAATTA
 - PARMA_HISSIKUILU
- Elementtitoimittaja antoi väliseinille elementtitunnukset jo ensimmäisen vaiheen mallissaan (Tekla Structures'in Prefix-kirjaintunnus + numero). Näin koska Piloti-hankkeessa numerointia todettiin tarvittavan elementeille alusta asti. Elementtien Prefix'ien numerointi tehtiin manuaalisesti eli lisäämällä kunkin elementin numeron eteen miinusmerkki. Yleisesti ottaen ohjelmistotalo (Tekla) ei suosittelen pakotettua numerointia, mutta pilotissa tämä oli välttämätöntä, kun Prefix ja numerointi haluttiin alusta asti ja kun väliseinistä on vasta päägeometria olemassa, niin isolle joukolle elementtejä voisi tulla sama elementtitunnus automaattisessa numeroinnissa (jotka sitten muuttuisivat myöhemmin, kun elementtejä suunnitellaan tarkemmin).

Vaihtoehtoinen tapa numeroida elementit jo tässä vaiheessa olisi ajaa Teklassa ACN-numerointi, jolla elementit saavat ohjelman antaman yksilöllisen tunnisteen, ja antaa perinteiset elementtitunnukset väliseinille vasta myöhemmin kun malli on valmis ja siitä aletaan tuottamaan piirustuksia. Pilotissa jäi kuitenkin testaamatta, saadaanko elementtitoimittajan alkuperäiset ACN-tunnisteet säilymään, kun väliseinämallin elementit yhdistetään päarakennesuunnittelijan malliin)

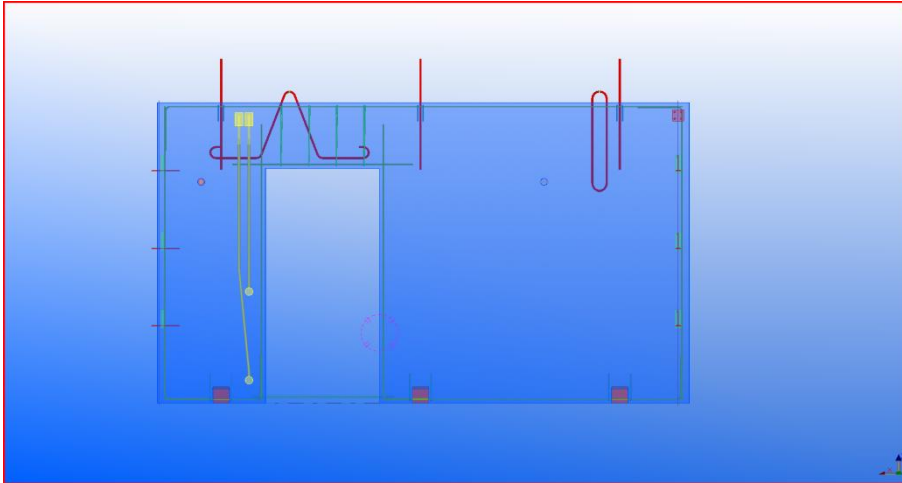
- Ennen 1. vaiheen väliseinämallin toimitusta muille osapuolille, elementtitoimittaja käsitteli sen vielä päarakennesuunnittelijan laatiman ohjeistuksen ja sovelluksen avulla niin, että elementtitunnukset (Prefix + numero) saadaan säilymään väliseinäelementeillä muuttumattomina myös kopioitaessa ko. elementit päarakennesuunnittelijan yhdistettyyn rakennemalliin.
- Elementtitoimittajan 1. vaiheen mallinnukset on esitetty seuraavassa mallinäkyssä (Kuva 4).
- Päarakennesuunnittelija jatkaa elementtitoimittajan suunnittelun kanssa rinnakkain suunnittelua ja mallinnusta muilta osin.



Kuva 4. Elementtitoimittajan (Parma) Teklalla suunnittelemat ja mallintamat elementit pilottihankkeen 1. vaiheessa, eli väliseinäjako ja päägeometria koko rakennusta koskien.

4. Päärakennesuunnittelija yhdistää väliseinämallin rakennemalliinsa ja kommentoi väliseinäjakoa tarvittaessa, sekä julkaisee alustavan yhdistetyn rakennemallin natiivi -ja IFC-muodossa.
 - Päärakennesuunnittelija liittää elementtitoimittajan julkaisemasta alustavasta (1. vaiheen) mallista väliseinät omaan malliinsa sovittujen Phase'ien avulla kerroksittain. Tärkeimmät tiedot väliseinäelementtimallissa ovat rakennesuunnittelijalle tässä yhteydessä: Phase-numero, osien nimet ja Prefix.
 - Pilottikohteessa päärakennesuunnittelijan ja elementtitoimittajan välillä ei käytännössä ollut tarvetta toisen osapuolen suunnitelmien kommentointiin. Osittain tämä johtuu siitä, että kohde oli yksinkertainen ja osittain siitä, että oli malli tiedon välityksessä ja kommunikoinnin tukena. Elementtitoimittajalle riitti rakennesuunnittelijalta malli ja detaljipiirustukset. Esimerkiksi väliseinien liittyminen ulkoseiniin nähtiin mallista, kun ne olivat väliseinäsuunnittelun alkaessa jo päärakennesuunnittelijan mallissa.
5. Urakoitsijan kustannusarviolaskenta ja alustava tuotannosuunnittelu
 - Elementtien kappalemäärät ja päägeometrian sisältävää alustavaa rakennemallia voidaan käyttää urakoitsijan kustannusarviolaskentaan ja alustavaan tuotannosuunnitteluun.
 - Urakoitsija saa mallin kokonaisuudessaan päärakennesuunnittelijan kautta, kun rakennesuunnittelija on yhdistänyt väliseinä-mallin elementit omaan rakennemalliinsa.
6. LVI- ja Sähkösuunnittelu mallintaen
 - Talotekniikkasuunnittelijat tekevät varausten suunnittelun arkkitehtimallin ja alustavan rakennemallin pohjalta.
 - LVI-varaukset ja sähköt julkaistaan ja toimitetaan muiden osapuolien käyttöön IFC-malleina ja dwg-muodossa.

7. Elementtitoimittaja tarkistaa väliseiniin kohdistuvat varaukset ja kommentoi tarvittaessa
 - Elementtitoimittaja tarkistaa väliseiniin kohdistuvat suunnitellut varaukset liittämällä talotekniikan IFC-mallit referenssinä omaan Tekla-malliinsa, ja kommentoi tarvittaessa pääarakennesuunnittelijalle tai talotekniikkavarauksia koskien suoraan talotekniikkasuunnittelijoille, jos havaitsee ongelmia tai haluaa esittää toiveita väliseiniin suunniteltuihin varauksiin.
 - Vaihtoehtoinen toimintatapa olisi, että pääarakennesuunnittelija yhdistää talotekniikan IFC-mallit päärakennemalliin ja jakaa tämän myös elementtitoimittajan käyttöön, tai varaukset käydään läpi yhteisessä suunnittelukokouksessa.
8. Pääarakennesuunnittelija tarkastaa varaukset omalla vastuullaan olevien osien, sekä kokonaisuuden kannalta
 - Rakennesuunnittelija koordinoi reikävaraussuunnittelua edelleen myös tuoteosakaupassa ja hyväksyy eri suunnittelijoiden varaukset.
 - Käytännössä pilotissa myös urakoitsija tarkisti reikävarauksilla varustetun mallin työmaatoteutuksen näkökulmasta.
9. Pääarakennesuunnittelija hyväksyy varaussuunnitelmat
10. Väliseiniä ja niiden liitosten tarkka suunnittelu Teklalla mallintaen, ja 2. vaiheen väliseinämallin julkaisu natiivi-muodossa (Varsinainen elementtisuunnittelu raudoituksineen ja varusteluineen sekä puuttuvat liitokset).
 - Elementtitoimittaja jatkaa väliseiniä ja niiden liitosten suunnittelua, kun elementteihin tulevat varaukset on tiedossa.
 - Pilotissa Parma mallinsi LVI-varaukset ja sähköt väliseiniin omilla Tekla-komponenteillaan.
 - LVI-suunnittelijan IFC-mallissa on 3D-putket sekä läpivientaihiot, jotka määrittelevät minkä kokoinen ja muotoinen reikävaraus tiettyyn kohtaan seinää tarvitaan. Tämän perusteella elementtisuunnittelija mallintaa varsinaisen reikävarauksen.
 - Sähkösuunnitelmia käytettiin sen sijaan 2D-dwg referenssinä mallinnukseen. 2D-sähkösuunnitelman perusteella osoitetaan paikka esim. sähköpistokkeelle, joka lisätään väliseinämalliin Tekla-komponenttina (tässä tapauksessa Parman omalla Tekla-komponentilla). 2D-sähkösuunnitelman lisäksi voidaan hyödyntää IFC-muotoista 3D-sähkösuunnitelmaa, josta ilmenee melko tarkasti esim. katkaisijoiden ja pistorasioiden 3D-geometria. Seuraavassa kuvassa on esimerkki 2. vaiheen valmiiksi suunnitellusta ja mallinnetusta väliseinäelementistä (Kuva 5).



Kuva 5. Yksittäinen väliseinäelementti Teklassa (suunnittelu ja mallinnus Parma).

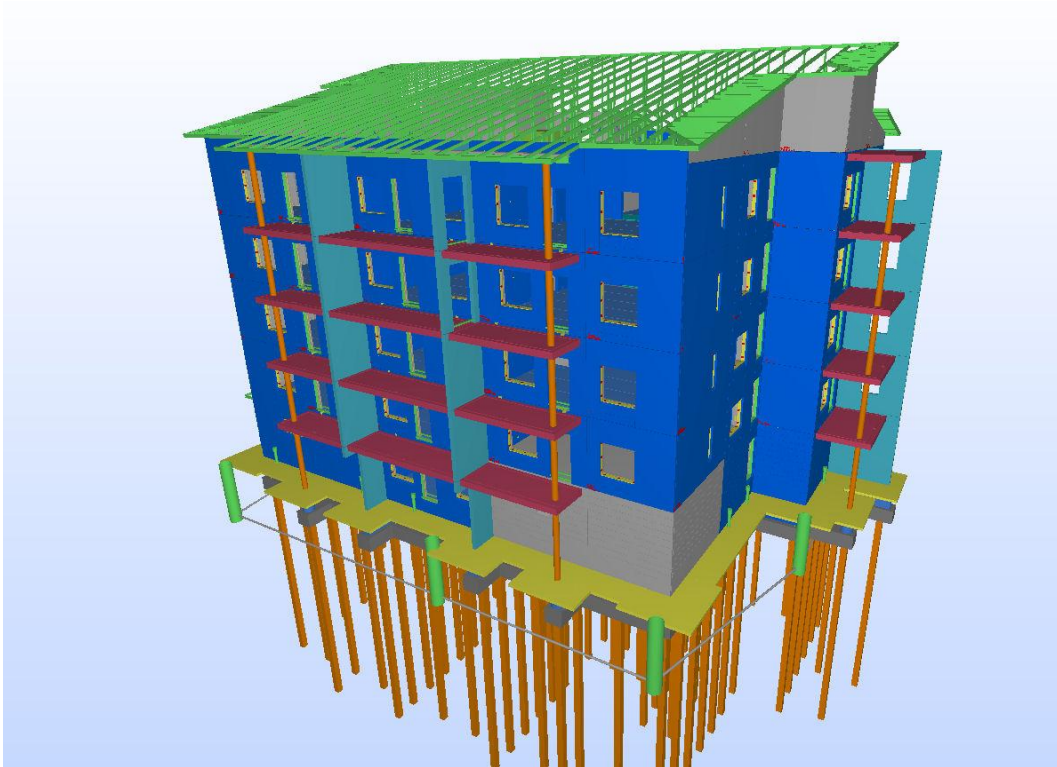
- Elpo-hormit (betonirunkoiset talotekniikkaelementit) pitää ottaa erityisesti huomioon väliseinäsuunnittelussa.
- Arkkitehdin IFC-mallia voitaisiin hyödyntää suunnitelmien tarkistamiseen ja yhteensovittamiseen tarkastamalla esim. keittiöiden kohdalla pistorasioiden ja katkaisijoiden sijainnit. Pilottihankkeessa arkkitehtimallia ei kuitenkaan ollut käytettävissä.
- Liitosten ja varustelukomponenttien lisääminen 1. vaiheen väliseinämallin elementteihin koettiin työlääksi nykyisillä mallinnustyökaluilla. Kaikki osat menevät periaatteessa suoraan oikealle Phase'ille (väliseinille kerroksittain varatuille ja numeroiduille tasoille), jos tarpeeksi huolellisesti muistaa tarkistaa, että oikea Phase on aktiivisena, kun osia mallintaa. Käytännössä Phase'n vaihto jatkuvasti kesken työskentelyn on kuitenkin erittäin hankalaa, kun esim. tietyn seinälinjan osien mallinnus on meneillään. (Linjan eri elementit on mallinnettu kerroksittain omille Phase'illeen, ja tietyn elementin varustelu pitää mallintaa samalle Phase'ille kuin pääosa on mallinnettu). Jotta kaikki halutut objektin siirtyvät oikein kopioitaessa elementtitoimittajan mallintamat osat a päärakennesuunnittelijan malliin Paste Special-komennolla, on niiden oltava tarkasti oikeilla phasella, ja kuitenkin jopa komponenttien sisällä olevia osia on mahdollista mallintaa eri phase'ille.

11. Päärakennesuunnittelu jatkuu mallintaen

- LVI-varaukset ja sähköt mallinnetaan päärakennesuunnittelijan toimesta samaan tapaan kuin edellä väliseinäsuunnittelua koskien on kuvattu, eli Tekla-komponenteilla omalla suunnitteluvastuulla oleviin rakenteisiin.

12. Päärakennesuunnittelija yhdistää "valmiit" osamallit, ja julkaisee 2. vaiheen yhdistetyn rakennemallin natiivi- (db1) ja IFC-muodossa.

- Päivitetyt väliseinämallin yhdistäminen päärakennesuunnittelijan malliin joudutaan nykyisillä ohjelmilla tekemään käytännössä tuhoamalla ensin vanhat väliseinät niille varatuilta tasoilta ja kopioimalla tilalle uudet päivitettyt osat elementtitoimittajan mallista vastaavilta Phase'ilta. Seuraavassa kuvassa on esitetty näkymä 2. vaiheen yhdistettyyn malliin (Kuva 6).



Kuva 6. Päärakennesuunnittelijan ja elementtitoimittajan valmis yhdistetty rakennemalli (Finnmapin yhdistämä malli IFC-muodossa Solibri Model Checker – ohjelmassa).

- Käytännössä julkaistiin vielä 3. malli, joka sisälsi urakoitsijan kommenttien perusteella tehtyjä korjauksia, jotka koskivat pääasiassa LVIS-varusteiden sijainteja.
- Koska suunnittelijoiden 2. vaiheen malli eli valmis ehdotus sisältää työmaatoteutuksen kannalta jo kaiken suunnittelutiedon, tarkastellaan tätä mallia rakennettavuuden kannalta tarkasti. Tämän seurauksena voi olla mieluummin sääntö kuin poikkeus, että käytännössä 2. vaiheen mallin katselmoi johtaa 3. vaiheen mallin tekemiseen.

13. Tuotantomallin päivitys ja mallipohjainen tuotannosuunnittelu

- Urakoitsija saa valmiin mallin kokonaisuudessaan rakennesuunnittelijan kautta tuotannosuunnitteluun ja käyttöön työmaalle, kun päärakennesuunnittelija on yhdistänyt elementtitoimittajan valmiin väliseinämallin omaan rakennemalliinsa.
- Viimeistään tässä vaiheessa elementeillä pitää olla ID:t (yksilötunnisteet, Teklan ACN-tunnukset), mikäli mallia käytetään esim. elementtiasennusten suunnitteluun.
- Pilotti-hankkeessa ACN-numerointia ei kuitenkaan tehty elementeille, koska urakoitsija ei sitä vaatinut. Syynä tähän oli, että samaan kortteliin oli toteutettu jo useampia samantyyppisiä kerrostaloja, joissa asennusten suunnitteluun oli käytetty mallia, eikä mallin hyödyntämisestä erikseen tässä kohteessa nähty saatavan enää lisäarvoa.
- Silloin kun jo alustavaa (1. vaiheen) yhdistettyä rakennemallia hyödynnetään alustavaan tuotannosuunnitteluun, ja tässä yhteydessä tehdään esim. mallin osien jäsentely Teklan Model Organizer -työkalulla, niin päivitystilanteessa urakoitsijan tallentamaa tietoa häviää nykyisillä ohjelmaversioilla toimittaessa ja jäsentelyt joudutaan tekemään uudelleen. Tämä on selkeä ongelma rakennemallin hyödynnettävyydessä työmaalla yleisesti, eli silloinkin kun yksi suunnittelutoimisto vastaa rakennesuunnittelusta kokonaisuudessaan. Mallien päivittyminen aiheuttaa ylimääräistä työtä urakoitsijalle, joka hyödyntää mallia omiin tarkoituksiinsa esimerkiksi työmaalla.

14. Elementtipiirustukset

- Kun malli on kokonaisuudessaan valmis, elementtitoimittaja voi tuottaa ja julkaista elementtipiirustukset vastuullaan olevien elementtien osalta tehtaan ja työmaan käyttöön.
- Hankeaikataulu tai hankkeen koko voivat käytännössä pakottaa tuottamaan piirustuksia valmiiksi suunniteltujen elementtien osalta vaiheittain jo aikaisemmassa vaiheessa, eli ennen kuin elementtisuunnittelu ja -mallinnus on koko rakennuksen osalta saatu päätökseen.
- Vastaavasti päärakennesuunnittelija tuottaa piirustukset vastuullaan olevista rakenteista ja kokonaisuutta koskevat taso- ym. piirustukset.

3.2 Muutokset perinteiseen toimintatapaan nähden

Kaikilla pilottiin osallistuneilla osapuolilla oli aiempaa kokemusta tietomallintamisesta ja mallien hyödyntämisestä talonrakennushankkeissa. Uudessa tietomalliin ja eri osapuolien varhaiseen yhteistyöhön perustuvassa toimintatavassa tunnistettiin kuitenkin seuraavanlaisia eroja aiempiin toimintatapoihin nähden:

- Elementtitoimittaja (Parma) suunnitteli väliseinät itsenäisesti alusta asti arkkitehtisuunnitelmien perusteella. Aiemmin, niissäkin kohteissa, joissa Parma on vastannut myös suunnittelusta, on päärakennesuunnittelijalta tullut vähintään luonnosmaiset seinäsuunnitelmat. Usein törmätään siihen, että väliseinäsuunnittelu on viety elementtitoimittajan näkökulmasta liian pitkälle, ennen kuin on päästy vaikuttamaan suunnitteluun tuotannon näkökulmasta.
- Päärakennesuunnittelija (Finnmap) toimitti lähtötiedot malli-muodossa elementtitoimittajalle (Parmaan). Aiemmin rakennesuunnitelmia on käytetty vain 2D-muodossa väliseinäsuunnittelun ja mallintamisen lähtötietoina.
- Muut osapuolet käyttävät elementtitoimittajan (Parman) mallia. Aiemmin muille osapuolille on toimitettu vain mallista tuotettuja piirustuksia.
- Urakoitsijan (Skanska) Tekla-tuotantomalli on tuotettu osittain Parmassa, osittain Finnmapissa. Aiemmin yksi suunnittelutoimisto on vastannut rakennemallinnuksesta.
- Mallinnus ja yhdistämiset tehdään useaan kertaan suunnitteluprosessin aikana. Aiemmin elementtitoimittaja on tehnyt mallinnuksen ”kerralla valmiiksi”. Tällöin työjärjestyskin on voinut olla erilainen. Esim. kun yksi kerros on suunniteltu ja mallinnettu kokonaan valmiiksi, voidaan sitä kopioida muihin kerroksiin. Kun muut tarvitsevat alustavan mallin ja esim. sen elementtimääriä, on päägeometria mallinnettava ensin koko rakennuksen osalta, ja vasta seuraavassa vaiheessa elementit suunnitellaan ja mallinnetaan tarkasti eli varustellaan.
- Reikävarauksien suunnittelu tehdään täysin mallipohjaisesti. Tästä elementtitoimittajalla ei ollut aiempaa kokemusta.
- Piirustukset tulostettiin vasta sitten, kun mallinnus oli kokonaan valmis. Aiemmin piirustuksia on liikkunut suunnittelun aikana osapuolelta toiselle, mikä on vienyt aikaa varsinaiselta suunnittelutyöltä. Lisäksi perinteisessä toimintatavassa piirustuksia on myös tarve korjata ja päivittää todennäköisemmin.

3.3 Hankkeeseen osallistuneiden kokemuksia ja yleisnäkemyksiä

Pilotointiin osallistuneiden suunnittelijoiden yleisnäkemys testauksesta oli, että kyseessä oli melko yksinkertainen kohde, jossa ei ollut merkittäviä ongelmia. Kokonaisuutena hanke meni hyvin ja uudesta toimintatavasta jäi positiivinen kuva. Teknisesti kaikki tuntui periaatteessa onnistuvan. Mallit pystyttiin tuottamaan ja yhdistämään jo nyt niin, että elementtitoimittajan osallistuminen malli-pohjaiseen suunnitteluun ”ei häiritse” suunnitteluprosessia ja mallien jatkohyödyntämistä. Molemmat suunnitteluun osallistuneet osapuolet (elementtitoimittaja ja päärakennesuunnittelija) totesivat kuitenkin, että tähän vaikutti se, että kyseessä oli yksinkertainen kohde ja rakenteet.

Jossain vaiheessa pilotissa päärakennesuunnittelijan yhdistäessä osamalleja malliin tuli ylimääräisiä osia, mutta tämä huomattiin ja korjattiin ajoissa, eikä tästä aiheutunut merkittäviä ongelmia. Monimutkaisemmassa kohteessa voi nousta esiin uudenlaisia ongelmia. Esimerkiksi vaikeampia liitoksia ja enemmän tarvetta myös toisen suunnitteluosapuolen ratkaisujen kommentointiin. Joka tapauksessa pilottiin osallistuneet yritykset ovat valmiita toimimaan jatkossakin samalla periaatteella ja testaamaan BIM-pohjaista tuotesakauppaa myös monimutkaisempiin kohteisiin.

Urakoitsija ei hyödyntänyt yhdistettyä rakennemallia tässä kohteessa niin paljon, kuin monimutkaisemmissa hankkeissa on tapana hyödyntää esim. työmaa-asennusten suunnitteluun. Yleisvaikutelma kuitenkin oli, että suunnittelijoilla on uudessa toimintatavassa vielä paljon hankekohtaisesti sovittavia asioita, kun mallinnustyökalut eivät tällä hetkellä tue hyvin suunnittelun jakamista osiin ja mallien yhdistämistä. Mallista työmaalle tuotetuissa elementtiluetteloissa ei kuitenkaan esiintynyt ongelmaa aiempiin hankkeisiin nähden. Luettelossa näkyy tunnistettavasti päärakennesuunnittelijan vastuulla olevien osien lisäksi elementtitoimittajan suunnittelemat väliseinät, johtuen elementtien sovitusta nimeämistavasta.

Tavoiteprosessia määriteltäessä asetettiin aikataulutavoitteeksi saada elementtisuunnitelmat malli-muodossa valmiiksi 6 viikkoa ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia. Tämä toteutui pilottihankkeessa.

3.4 Tietomallipohjaisen tuoteosakaupan hyödyt

Uudella toimintatavalla voidaan saavuttaa seuraavanlaisia hyötyjä eri osapuolien näkökulmasta sekä rakennushanketta kokonaisuutena ajatellen:

- Vähemmän piirustusten tuottamista suunnittelutyön aikana, kun tieto siirretään muille osapuolille suunnitteluvaiheessa mallina. Tämä vapauttaa suunnittelijoiden aikaa varsinaiseen suunnittelutyöhön, eli suunnitteluratkaisujen ja detaljien pohdintaan. Piirustuksia tulostetaan vasta lopussa, kun suunnitelmat ovat valmiit mallina. Näin ei ole myöskään tarvetta yleensä muuttaa ja päivittää suunnitelmadokumentteja, eikä piirustuksia hyödyntävillä osapuolilla tarvetta käyttää aikaa viimeisen piirustusversion etsimiseen ja varmistamiseen.
- Virheettömämpi suunnittelu ja vähemmän virheitä ja muutoksia loppuvaiheessa, kun elementtitoimittajan osaaminen hyödynnetään alusta asti. Tehtailla on omia mieltymyksiä valmistuksen ja käytettävien osien suhteen. Rakennesuunnittelutoimistot puolestaan tekevät luonteeltaan ”yleistä” suunnittelua niin, että kuka tahansa toimittaja voi valmistaa rakenteet. Tuoteosakaupassa suunnitelmien muokkaaminen lopussa tuotannon/valmistajan toiveiden mukaan jää pois päärakennesuunnittelijan tehtävistä.
- Pienentää päärakennesuunnittelijan työmäärää, kun elementtitoimittaja suunnittelee osansa. Toisaalta voi riippua myös suhdanteista onko työmäärän vähentyminen hyöty vai haitta, mutta yleisesti ottaen esim. elementtien sähköistys on tehtävä, joka siirtyy ja myös luontevammin sopii elementtitoimittajalle.
- Vähemmän tarvetta lisätietojen kyselyyn päärakennesuunnittelijan ja elementtitoimittajan välillä, kun suunnittelun tukena on BIM-pohjainen havainnollinen suunnitelma.
- Tehokkaampi elementtien valmistusprosessi, kun tuotannon näkökulma on huomioitu suunnittelussa.
- Tuotetoimittajalla on parempi mahdollisuus kehittää tuotteitaan ja liiketoimintaansa kuten uusia palveluja.
- Elementtitoimittajan näkemyksen mukaan myös elementtiasennuksien turvallisuus työmaalla paranee, ja on lopulta myös edullisempaa asiakkaalle, jos elementtitoimittaja pääsee suunnittelemaan elementtijaon ja detaljit, vaikka kustannushyötyjä on vaikea todentaa.
- Määrät saadaan elementtitoimittajan tarpeisiin varmasti oikein suoraan mallista, kun käytettävissä on omien suunnittelijoiden mallipohjainen suunnitelma.

3.5 Jatkokehitystarpeet

Hanke oli yksinkertainen ja testausta todettiin tarvittavan monimutkaisemmissakin hankkeissa, jolloin esiin voi nousta uudenlaisia haasteita. Kuvatussa pilotissa kaikki tunnistetut kehitystarpeet liittyivät kuitenkin pääasiassa BIM-pohjaisiin työkaluihin (Teklan nykyiseen toiminnallisuuteen):

- Tarvitaan työkalu mallinnuksessa käytettävien Phase’ien hallintaan niin, että kaikki elementin varusteet (Cast unit’in objektit) saataisiin automaattisesti tai ainakin nykyistä helpommin samalle Phase’lle.

- Suurempana tai pidemmän aikavälin tarpeena on saada mallin jakaminen toimimaan luotettavasti yli organisaatorajojen, mm. koska Phase'ien käyttö (vaihtelu) jatkuvasti työskentelyn aikana on erittäin työlästä. Tähän on ollut kehitteillä ja mallinnusohjelmassa käytössäkin niin kutsuttu Model Sharing –toiminto, mutta tätä ei olla vielä saatu toimimaan luotettavasti.
- Kokemusta tarvitaan myös monimutkaisemmista kohteista, ja myös yhteistyöstä muiden toimijoiden kanssa, jotta tiedetään ovatko tulokset ja toimintatavat yleistettävissä.
- Elementtien numerointia ja erityisesti yksilötunnusteiden (ACN-numeroinnin) hallittavuutta ja toimivuutta pitäisi testata, koska näitä tullaan tarvitsemaan vaativammissa kohteissa. (Pilotissa ei hyödynnetty elementtitunnusteita muuhun kuin piirustustuotantoon, koska urakoitsija ei tarvinnut yksilötunnusteita. Kun kyseessä oli helppo kohde ja urakoitsija on toteuttanut samaan kortteliin jo useamman samantyyppisen kerrostalon, mallipohjaisesta tarkasta tuotannosuunnittelusta ei nähty olevan tässä kohteessa enää hyötyä.)
- Suunnittelijat eivät toimittaneet niin kutsuttuja Tietomalliselosteita mallien mukana, kun toimittivat niitä muiden käyttöön projektipankkiin. Yleisten tietomallivaatimusten mukaisesti (YTV 2012) ja myös pilotin suunnittelijoilta tulleen palautteen mukaan ne olisivat kuitenkin hyödyllisiä ja seuraavissa hankkeissa tähän kannattaa kiinnittää huomiota.

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Työssä kehitettiin, testattiin ja kuvattiin betonielementtien BIM-pohjaisen tuoteosakaupan prosessi, keskittyen väliseiniin esimerkkinä. Päähuomio oli rakennesuunnittelijan, elementtitoimittajan ja urakoitsijan välisissä tiedonsiirroissa, kun suunnitelmat jaetaan Tekla Structures –malleina. Tuoteosatoimittajan suunnittelu onnistuttiin yhdistämään rakennuskohteen muuhun suunnitteluun ja päärakennesuunnittelijan mallinnusprosessiin ilman merkittäviä ongelmia.

Tuoteosatoimittajan tietomalli-pohjainen suunnitelma pystytään jo nykyisillä mallinnusvälineillä yhdistämään muuhun suunnitteluun, mutta käytännössä tämä vaatii vielä paljon eri osapuolien välisiä työskentelytapa-sopimuksia. Esimerkiksi osien nimeämisestä on sovittava projektikohtaisesti, jotta mallit pystytään yhdistämään ja eri osapuolien vastuulla olevat rakenteet erittelemään Tekla-mallissa. Jatkokehitystarpeet liittyvätkin pääasiassa työkaluihin, erityisesti mallin jakamiseen/yhdistämiseen ja päivityksiin yli organisaatorajojen.

Uuden prosessin keskeisiä pääperiaatteita ovat mm: 1) elementtitoimittaja tulee mukaan hankkeeseen riittävän aikaisessa vaiheessa (noin 6 kk ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia) ja 2) tekee tuoteosakauppana toimitettavien elementtien suunnittelun alusta asti, 3) mallinnus ja mallien yhdistämiset tapahtuvat kahdessa päävaiheessa, joista ensimmäinen on päägeometrian sisältävä alustava malli koko rakennuksesta, ja toinen valmis elementtimalli sisältäen väliseinät varusteluineen ja liitoksineen tarkasti suunniteltuina, 4) päärakennesuunnittelija koordinoi varaussuunnittelua ja kokoaa yhdistetyn rakennemallin muiden, esim. pääurakoitsijan käyttöön, sekä 5) piirustuksia tuotetaan vasta kun suunnitelmat ovat malli-muodossa valmiit (vähintään noin 6 viikkoa ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia).

Kaikilla pilottiin osallistuneilla osapuolilla oli aiempaa kokemusta tietomallintamisesta. Elementtitoimittaja oli jo aiemmin myös toimittanut väliseiniä suunniteltuina eli tuoteosakauppana. Testatussa uudessa BIM-pohjaisessa tuoteosakaupassa elementtitoimittaja teki kuitenkin aiempaa itsenäisemmin väliseinäelementtien suunnittelun, ja suunnitteluprosessin aikana päärakennesuunnittelija ja elementtitoimittaja jakoivat muille osapuolille piirustusten sijaan malleja. Mallipohjaisuus vaikutti elementtisuunnittelun työjärjestykseen. Utta oli myös se, että tuotantomalli koottiin urakoitsijan käyttöön kahdesta erillisestä rakennemallista, joita olivat päärakennesuunnittelijan malli ja elementtitoimittajan väliseinämalli.

Uuden toimintatavan tavoitteena on hyödyntää tietomallintamista sekä elementtivalmistajan osaamista siirtämällä BIM-pohjaista elementtisuunnittelua päärakennesuunnittelijalta elementtitoimittajalle. Tällä toimintamallilla saavutettavissa olevia hyötyjä ovat mm. tuotannon näkökulman parempi huomioon ottaminen suunnittelussa ja tehokkaampi suunnitteluprosessi, jossa piirustusten turhaa tuottamista ja jakelua on eliminoitu, sekä tarvetta suunnitelmamuutoksille erityisesti hankkeenkin lopussa perinteistä selvästi vähemmän.

Rakennushankkeissa tehdään jatkossa enemmän mm. tuoteosatoimittaja-kohtaista itsenäistä tietomallisuunnittelua, jolloin käytännössä myös erillisiä malleja tulee rakennushankkeisiin lisää. Rakennusosien ja järjestelmien mallinnus myös tarkentuu ja erityisesti osien tietosisältö kasvaa. Tämän tuloksena malleista saadaan tarkempi geometriatieto ja enemmän rakennustuotteisiin liittyvää ominaisuustietoa.

Lähdeviitteet

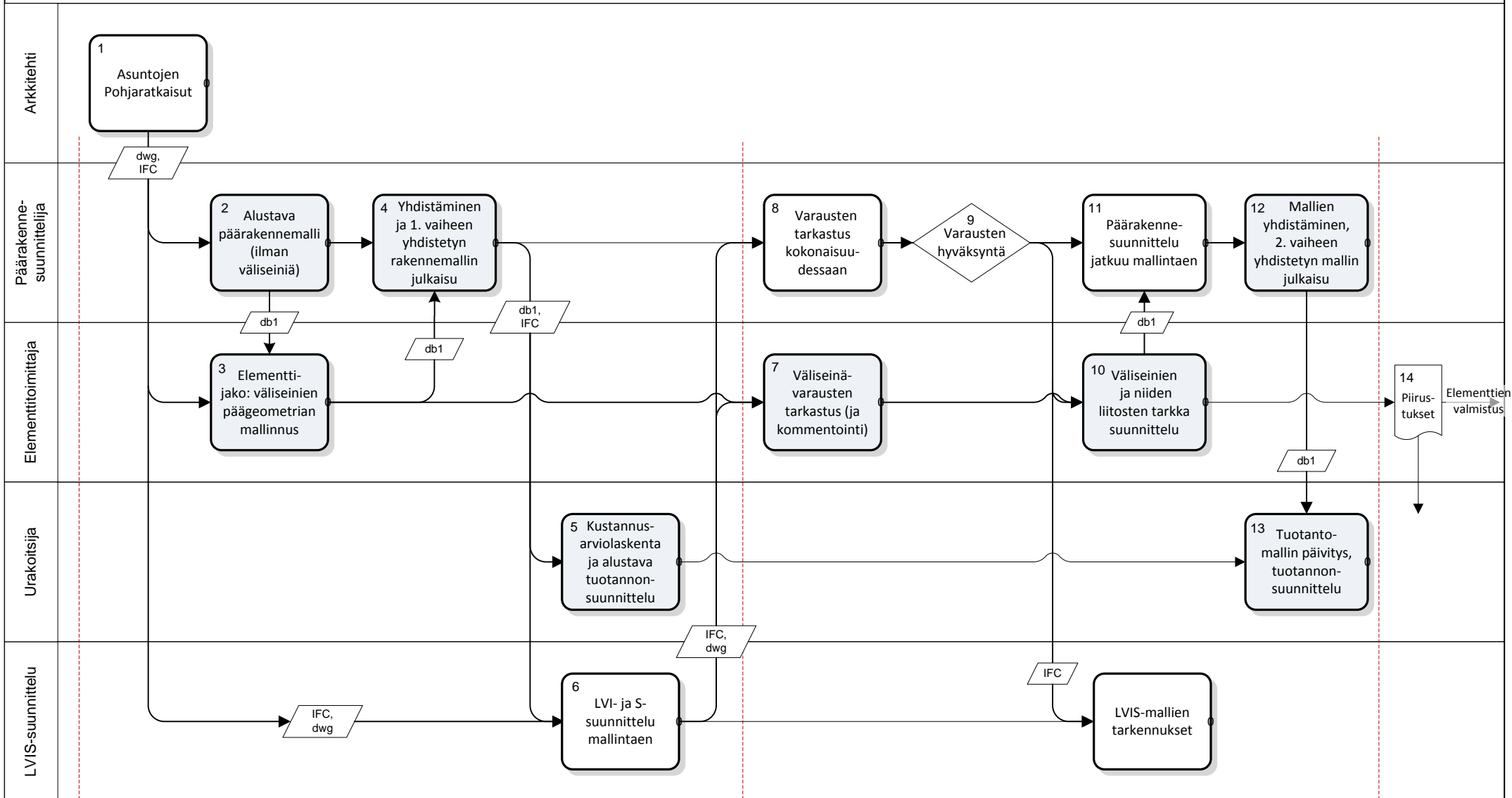
Raportti perustuu lähes kokonaan pilotti-rakennushankkeen dataan (suunnittelutietoon) sekä projektihenkilöiden kanssa käytyihin keskusteluihin. Lisäksi raportissa viitataan seuraaviin lähteisiin:

BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje. Betoniteollisuus ry 2012. Saatavilla on-line <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>. 38 s.

YTV 2012. Yleiset tietomallivaatimukset, 13 osaa. Saatavilla <http://buildingsmart.fi/8>

Väliseinäelementtien suunnittelu ja mallinnus tuotesakauppatoimituksessa

Prosessikuvaus, 21.5.2013
Kristiina Sulankivi, VTT



6 kk ennen ensimmäisiä elementtitoimituksia

12 vko ennen ensimmäisiä toimituksia
kaikki väliseinäsuunnittelun lähtötiedot

6 vko ennen ensimmäisiä toimituksia mallinnus tehty

Piirustusten tulostusta