

MALLINTAMISEN HYÖDYNTÄMINEN RUNKOAIKATAULUN
LAADINNASSA KERROSTALOKOHOITESSA

Hannu-Pekka Polojärvi
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Rakennustekniikka		40	+	
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Talon- ja korjausrakentaminen	Syksy 2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Peab Oy	Hannu-Pekka Polojärvi			
Työn nimi				
Mallintamisen hyödyntäminen runkoaikataulun laadinnassa kerrostalokoh- teessa				
Avainsanat				
Mallintaminen, aikataulu, laadinta, valvonta, rakentaminen				

Rakentamisessa runkoaikataulun laadinta ja sen valvonta on keskeinen asia kohteen toteutusvaiheen onnistumiselle. Tietomallintamisen mahdollisuudet ja kynnykset ovat vielä monelle rakennusalanammattilaisellekin vieraita, joten tässä opinnäytetyössä tutkittiin mallintamisen hyödyntämistä kerrostalon runkoaikataulun laadinnassa. Työssä käsiteltiin myös aikataulutusta, aikataulun valvomista ja mallintamista.

Perehtymällä mallintamiseen sekä aikataulun laadintaan luotiin opinnäytetyölle pohja. Mallintamalla esimerkkikohde Tekla Structures -ohjelmistolla tutkittiin konkreettisesti, mitä hyötyjä saadaan ja mitä haittoja aiheutuu rakennusprojektin läpiviemisestä tietomallin avulla.

Esimerkkikohteen tietomallin käyttäminen työmaalla rakennusaikana ei valitettavasti onnistunut niin kuin alunperin suunniteltiin, vaan tietomallia hyödynnettiin kuvitteellisissa tilanteissa. Opinnäytetyössä saatiin kuitenkin avatua niin tietomallintamisen tarjoamia mahdollisuuksia kuin sen asettamia haasteitakin rakennushankkeen läpiviennin työkaluna. Työssä todettiin, että tietomallintamisen avulla voidaan helpottaa kerrostalon runkovaiheen läpiviemistä, mutta sen tuomat haasteet nousevat suuriksi.

Degree Programme	Thesis	Number of pages	+ appendices
Civil Engineering	B.Sc.	40	+
Line	Date		
Housebuilding and Renovating	Autumn 2011		
Commissioned by	Author		
Peab Ltd	Hannu-Pekka Polojärvi		
Thesis title			
Exploitation of Building Information Modeling in Framework Timetable of Apartment Building			
Keywords			
Building Information Modeling, timetable, framework			

Since even many construction professionals are unfamiliar with the opportunities and obstacles in building information modelling, this thesis investigated the exploitation of BIM in the framework timetable of apartment building. The paper also discussed schedule monitoring, scheduling theory, and modelling in general.

The groundwork for the thesis was laid out through acquainting with modelling and the establishing of schedules. By modelling the target example of the target with Tekla Structures software, a concrete examination of the benefits and disadvantages of completing a construction project was achieved.

Unfortunately, the use of the data model of the example of the target on site during construction did not succeed as originally planned, and, thus, the model was used in imaginary situations. The thesis did, however, open up both possibilities offered by BIM and challenges posed by the use of modelling as a tool in completing a construction project. The research results show that building information modelling can ease to process of building the framework of an apartment building, but the challenges it brings do, however, rise high.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 TIETOMALLINTAMINEN	8
2.1 Tietomalli, tuotemalli vai 3D-malli	8
2.2 Suomalaisen mallintamisen historia	9
2.3 Tietomallintaminen suunnittelussa	9
2.4 Tietomallintamisen hyödyntäminen tuotannossa	11
2.4.1 Tuotannon suunnittelu ja ohjaus	12
2.4.2 Määrälaskenta	12
2.4.3 Tietomalli ja työturvallisuus	13
2.5 Tietomallinnuksen lisäarvot ja haasteet	14
2.5.1 Lisäarvot	14
2.5.2 Haasteet	14
3 AIKATAULUN LAADINTA JA VALVONTA	16
3.1 Aikataulusuunnittelun perusteet	16
3.2 Aikataulusuunnittelun vaiheet	17
3.3 Aikataulun valvonta	19
4 AS OY OULUN TULLIKARTANO	21
4.1 Betonirungon toteutus	24
4.2 Projektin organisaatio	24
5 MALLINTAMISEN HYÖDYNTÄMINEN ESIMERKKIKOHTEESSA	25
5.1 Kohteen mallintaminen	26
5.2 Tietomallin aikataulutuksen perusteet	28
5.3 Tehtävien hallinta	29
5.4 Tehtävien syöttäminen Task Manageriin	29
5.5 Riippuvuudet	30
5.6 Model Organizer	31
5.7 Asennusjärjestyksen luominen	31
5.8 Aikataulun valvominen tietomallin avulla	33
5.9 Rakennettavuuden tarkastelu	34

5.10 Tietomallin hyödyntäminen työmaalla	34
6 POHDINTA	37
LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Rakennustyömaan aikataulun laadinnan onnistuminen on suuressa roolissa rakennushankkeen onnistumisen kannalta, joten aikataulujen laatimisen ja valvonnan kehittämiseksi on tarve. Onnistunut aikataulun laadinta vaatii vankkaa kokemusta työmaiden johtamisesta sekä huolellista eri osakohteiden ja ongelmakohtien tarkastelua. Tietotekniikka on helpottanut aikataulujen laadintaa ja valvontaa jo joitakin vuosia aikatauluohjelmien löydettyä tiensä työmaille, mutta tietomallinnusohjelmat ovat olleet vasta kokeiluvaiheessa.

Tiedon määrän ja tarpeen kasvaessa 3D-suunnittelu ja tietomallintaminen tarjoavat vastauksen rakentamisen prosessin kehittämiseen. Lisäämällä aikataulut neljänneksi ulottuvuudeksi tietomalliin saadaan tehokas ja havainnollinen työkalu rakennushankkeen läpivientiin. Perinteisistä toimintatavoista poikkeava tietomallintamisen kautta toimiminen vaatii oman ammattitaitonsa ja kohtaa varmasti haasteita ennen kuin se löytää oman paikkansa suomalaisessa rakennuskulttuurissa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia aikataulun laadinnan ja valvonnan tehostamiseen tietomallintamisen antamien mahdollisuuksien kautta. Käsiteltävänä osa-alueena ovat myös tietomallintaminen yleisellä tasolla sekä taustaa aikataulun laadintaan ja valvontaan.

Työssä on tarkastellaan Tekla Structures 17 -ohjelmiston hyödyntämisen mahdollisuuksia aikataulun laadinnassa ja valvonnassa mallintamalla esimerkkikohde. Pohdinnan kohteena on myös tietomallintamisen tuominen työmaaolosuhteisiin; siitä aiheutuvien ongelmien ja sen antamien mahdollisuuksien vaikutus rakennushankkeen läpiviemisessä.

2 TIETOMALLINTAMINEN

Tietomallintaminen (BIM, Building information modeling) tarjoaa uudenlaisen työkalun helpottamaan suunnittelua, rakentamista ja rakennuksen tietojen hallitsemista. Suunnitteluvaiheessa tietomallintaminen tehostaa rakenneratkaisujen ja järjestelmien analysointia sekä nopeuttaa päätöksentekoa. Rakennusvaiheessa voidaan kokonaistuottavuutta parantaa hyödyntämällä mallia hankinnassa ja tehtäväsuunnittelussa. Parhaimmillaan mallia ja sen tietosisältöä hyödynnetään käyttöönottovaiheen jälkeen koko rakennuksen elinkaaren ajan kytkemällä se kiinteistönpidon tietojärjestelmiin. (FMC Group. 2011.)

2.1 Tietomalli, tuotemalli vai 3D-malli

Tieto-, tuote- ja 3D-mallintaminen mielletään usein niin yleiskeskusteluissa sekä myös asiantuntijakielessä samaksi asiaksi, vaikka tarkkaan ottaen asia ei ole näin. Rakennuksen geometrinen 3D-mallintaminen kuvaa rakennuksen muotoa, materiaaleja sekä värejä, ja sitä käytetään visualisoimaan tai havainnollistamaan rakennusta. Rakennuksen tuotemallintaminen tai täsmällisemmin sanottuna tietomallintaminen, joka luonnehtii terminä osuvasti kaikkia suunnitelmiin ja rakennukseen liittyviä tietoja, tarkoittaa kokonaisvaltaista mallintamista sisältäen tietoa rakennuksen ominaisuuksista, aikatauluista ja suunnitelmista. Tuotemalli on suomalaiselle rakennusalalle 20 vuoden aikana vakiintunut termi, mutta asiakokonaisuutta luonnehtii täsmällisemmin termi tietomalli. (Freese – Penttilä - Rajala 2007.)

2.2 Suomalaisen mallintamisen historia

Tietokoneaika oli aluillaan 1960-luvun puolivälissä, jolloin joukko suomalaisia insinööritoimistoja yhdisti voimansa ja perusti Teknillinen laskenta Oy:n eli Teklan. Aluksi yhtiön toiminta perustui atk-konsultointiin, laskentapalveluihin, kurssitoimintaan ja ohjelmistojen kehitystyöhön. Kilpailevien osakasyhtiöiden matka reikäkorteista tuotemallinnukseen tuotti lopulta mallintamiseen kykenevän rakennesuunnittelu- ja tietomalliohjelmiston Tekla Structuresin (kuva 1). Mukana kehitystyössä on ollut myös Rakennusteollisuuden keskusliitto ja sittemmin Rakennustiedon ProIT-hanke (2003-2005), joiden tavoitteena on ollut ohjeistaa tuotemallintamista ja siirtää teoreettisia oppeja toimiviksi käytännöiksi rakennusosalalle. (Freese ym. 2007; Tekla Oy. 2011.)



KUVA 1. Teklan ohjelmistolla suunniteltu Holmenkollenin suurmäki (Cisionwire 2011)

2.3 Tietomallintaminen suunnittelussa

Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteena on, että rakennuksen tietomalli toimii rakennuksen virtuaalimallina, jonka avulla analysoidaan suunnitelma-
ratkaisut ja niiden toimivuus eri vaihtoehtoinen. Tietomallin avulla rakennuksen tiedot ovat hallittavissa nopeasti havainnollisessa muodossa. Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin suunnitteluvaiheessa, joten tietomallin tarjoama mahdollisuus optimoida ne niin suunnittelijan, tilaajan, rakentajan kuin käyttäjän kannalta tarjoaa merkittävän edun. Tietomal-

lintaminen tarjoaa nimenomaan lisäarvon hankkeen kaikille osapuolille yhteen sovittamalla suunnitelmat ja vähentämällä suunnitteluvirheitä. (Rakennusteollisuus RT ry, Finnmap Consulting Oy 2004.)

Arkkitehti hyödyntää mallintamisen tarjoamaa visuaalista puolta suunnitellaan rakennuksen ulkoasua käyttämällä suunnittelussa esimerkiksi ArchiCAD-ohjelmaa. Rakennesuunnittelija asettaa arkkitehdin piirtämän mallin referenssi-pohjaksi Tekla Structures -ohjelmistoon, ja mitoittaa sen pohjalta rakenteet, liitokset ja muut tarvittavat rakennusosat. Rakennesuunnittelijan tekemää tietomallia voidaan vielä hyödyntää taloteknisessä suunnittelussa yhdistämällä malliin LVI-suunnittelijan MagiCAD-ohjelmistolla tekemät talotekniset suunnitelmat ja tutkia talotekniikan toimivuutta törmäystarkastelun avulla. Suunnitteluprosessin aikana suunnittelijat vaihtavat malleja keskenään ja pystyvät näin ollen reagoimaan nopeasti mahdollisiin ongelmiin tilanteisiin. Mallia käytetään myös suunnittelijoiden laskelmien ja piirustusten dokumentointiin, josta saadaan ulos tarvittavat kuvat ja asiakirjat. (Petäjäjärvi 2011b.)

Suunnittelu mallintamalla on kalliimpaa kuin perinteinen 2D-suunnittelu, mutta tietomalli säästää usein projektin kokonaiskustannuksia ennaltaehkäisemällä suunnitteluvirheitä sekä sen tarjoamalla eduilla työmaalla. Aikataulusuunnittelun kannalta tehtävä ”palikkamalli” vaatii kerrostalokohteessa kokeneelta käyttäjältä vain noin kaksi päivää, mutta se ei sisällä yksityiskohdita, kuten liitoksia ja raudoituksia. Jos mallintamiseen sisällytetään liitokset, raudoitukset ja muut yksityiskohdat sekä rakennesuunnittelu, prosessi vaatii kerrostalokohteessa ammattilaiselta aikaa 500-1 000 tuntia. Tekla-ohjelmiston käyttö vaatii rakennesuunnittelijalta noin puoli vuotta päivittäistä käyttöä ennen kuin sen käyttäminen on sujuvaa. Tietomallista saatava hyöty on merkittävästi kiinni käyttäjien ammattitaidosta niin suunnittelutoimistoissa kuin työmaillakin. (Petäjäjärvi 2011a.)

2.4 Tietomallintamisen hyödyntäminen tuotannossa

Tuotannon valvonnan tarkoituksena on kerätä tietoa toteutuneesta tuotannosta ja verrata sitä suunniteltuun. Valvonnassa tehtyjen havaintojen perusteella estetään ennalta poikkeamat suunnitelmien mukaisesta toiminnasta, ja tarvittaessa palautetaan tuotanto tarvittavin toimenpitein suunnitelmien mukaiseksi. Ennalta tehdyt työsuunnitelmat, toteutusedellytysten olemassaolon varmistaminen, ongelmien ennakointi sekä tehtäväsuunnitelmat kriittisten toimintojen osalta varmistavat, että tuotanto on suunnitelmien mukaista. (Kankainen – Sandvik 1999, 36.)

Tietomalli havainnollistaa työmaan tuotannon etenemistä erilaisin visuaalisin keinoin, ja sen avulla tuotantoa voidaan myös suunnitella eteenpäin esimerkiksi hyödyntämällä mallia muottikierron suunnittelussa. Tietomallista nopeasti saatava ja luotettava määrätieto auttavat aikataulusuunnittelussa ja sen ohjauksessa. Mallin havainnollisuus helpottaa ongelmakohtien ratkaisemista tai työjärjestyksen suunnittelua kaikkien ymmärtämällä tavalla, vaikka työmaalla työntekijöiden kanssa kannettavalta tietokoneelta. Tietomallin tarjoamat mahdollisuudet tulevat parhaiten esiin vaikeasti toteutettavien rakennusosien tai tilojen töiden yhteensovittamisessa ja koordinoinnissa. (Mäki – Rajala - Penttilä 2009.)

Keskeisimpänä tietomallin hyötynä rakentajalle on rakennusosien, teknisten komponenttien ja niiden ominaisuuksien saaminen luettelomaisina määrätietoina automaattisesti mallissa olevista suunnitelmista. Mallin avulla voidaan myös simuloida rakennuksen toteutusprosessi ennen kuin rakentaminen on aloitettu ja näin analysoida suunnitteluratkaisuja ja niiden toimivuutta etukäteen. Tietomallintaminen ei tule poistamaan piirustusten tarvetta nyt eikä tulevaisuudessa, vaan rakennushankkeen tietoja tullaan käsittelemään sekä tietomallimuodossa että piirustuksiksi tulostettuna eri tarpeisiin. (Penttilä – Nissinen – Niemioja 2006, 18.)

2.4.1 Tuotannon suunnittelu ja ohjaus

Rakentaja pystyy hyödyntämään päivittäin ja viikoittain tietomallissa olevia tietoja esimerkiksi työnsuunnittelussa ja toteumaseurannassa, asennusjärjestyksen simuloinneissa sekä vaihtoehto- ja tarjousvertailussa. Toteutettuja ja rakennettuja kohtia voidaan helposti verrata mallin visuaalisiin suunnitelmiin. Erilaisten luettelomaisten tietojen, kuten mitta-, määrä- ja kustannustietojen poiminen tuotannon suunnittelun tarpeisiin onnistuu tietomallin avulla. Tietomallin sijainti- ja mittatietoa voidaan hyödyntää niin työmaalla kuin elementtienvalmistuksessa tehtaalla. Kaikkia näitä toimintoja rytmittää aikataulukutus (4D), jota voidaan hyödyntää kokonaisvaltaisessa aikatauluttamisessa, työn etenemisen seurannassa sekä tuotannon ja työmaan johtamisessa. (Penttilä 2006, 15-16.)

2.4.2 Määrälaskenta

Tietomallintaminen mahdollistaa vaivattoman, nopean ja laadukkaan määrälaskennan. Mallin käyttäminen jo tarjous- ja urakkalaskentavaiheessa nopeuttaisi tarjouslaskentaa, ja sen tarkemman määrälaskennan myötä urakkatarjoukset olisivat keskenään vertailukelpoisimpia. Tietomallin avulla tehdyn tarjouslaskennan avulla urakoitsijan riskit voisivat pienentyä niin tarjousvaiheessa kuin toteutusvaiheessa vähentyneinä lisä- ja muutostöinä. Oikeinlaadittu, tarkka ja kattava malli vähentäisi työmaan toteutuksen aikana materiaalien käsin laskemisesta aiheutuvaa työmäärää. Tietomallintamisen hyödyntäminen määrälaskennassa vaatii kuitenkin aina riittävän tarkan mallin. (Mäki ym. 2009.)

Mallipohjainen määrälaskenta antaa nopeutensa ansiosta mahdollisuuden tutkia laskennassa useampia vaihtoehtoja hankkeen tarpeiden mukaan. Luotettavan määrälaskennan takaamiseksi on kuitenkin selvitettävä, mitkä mallin osista on laskettu riittävällä tarkkuudella ja minkä osien osalta on turvauttava käsin laskentaan. Tietomallin lähdeaineiston versionhallinta on suunnittelijoiden ja pääsuunnittelijan vastuulla, mutta laskijan on aina syytä tarkistaa, vastaavatko mallin antamat tiedot esimerkiksi rakennusselostusta,

sekä epäillä mahdollisia puutteita virheiden välttämiseksi. (Senaattikiinteistöt 2007.)

2.4.3 Tietomalli ja työturvallisuus

Rakennusalan edelleen korkea tapaturmataajuus vaikuttaa aina työmaan toimintaan aiheuttaen välillisiä ja välittömiä kustannuksia. Turvallisuuden hallinnassa keskeisiä keinoja ovat turvallisuusasenteeseen ja riskinottoon puuttuminen, turvallisuuden seuranta, yhteiset pelisäännöt ja turvallisuusohjeet sekä riskiarviointi ja turvallisuussuunnittelu. Turvallisuussuunnittelun saaminen kattavasti mukaan tietomallipohjaiseen suunnittelu-rakentamisprosessiin palvelisi myös turvallisuustarpeita.

Rakennushankkeen turvallisuuden suunnittelu tietomallin avulla tarjoaa perinteistä havainnollisemman työmaa-alueen käytön suunnitelman sekä tukee kommunikointia ja viestintää edistään turvallisuutta. Turvallisuuden suunnittelun ja hallinnon kytkeminen osaksi rakennushankkeen 4D-tuotannonsuunnittelua mahdollistaa paremman turvallisuuden hallinnan tuotantoprosessin aikana sekä turvallisuusjärjestelyjen visualisoinnin rakennushankkeen eri ajan hetkinä.

Toimiva työmaan aluesuunnitelman laadinta vahvistaa rakennustyön tehokkuutta ja suorituskykyä. Tietokonelaskennan avulla voidaan luoda useita työmaasuunnitelmia, joista analysoidaan optimaalisin. Mallin avulla voidaan visualisoida kulkureitit ja niiden vaaranpaikat paremmin. Rakentamisessa putoaminen korkealta aiheuttaa eniten tapaturmia, joten siihen on kehitetty atk-pohjaisia keinoja putoamisvaarojen tunnistukseen ja hallintaan. Automaattinen malli tunnistaa projekti aikataulusta vaarallisia toimintoja, määrittelee vaarallisia alueita ja ehdottaa torjuntatoimenpiteitä. Havainnollisuuden avulla osapuolet ymmärtävät ja osallistuvat ratkaisuihin paremmin. (Sulankivi – Mäkelä - Kiviniemi 2009.)

2.5 Tietomallinnuksen lisäarvot ja haasteet

Rakennushankkeessa käytettävät tietokoneohjelmat ovat vain välineitä ha-
luttuun lopputulokseen pääsemiseksi rakennushankkeessa, joten mallinta-
mista kannattaa ennen kaikkea tarkastella sen tarjoamien mahdollisuuksien
ja lisäarvojen kannalta. Lisäarvojen tuottaminen voi edellyttää suunnittelijoilta
enemmän suunnittelutyötä verrattuna normaaliin tehtävänmäärittelyyn, mutta
tuotemallipohjaisesta suunnittelusta tuotantovaiheessa parhaassa tapauk-
sessa hyötyvät useat osapuolet. Oleellista on, että tietomallia käytetään ra-
kennushankkeen kaikissa vaiheissa: suunnittelussa, rakentamisessa, raken-
nuksen käytössä sekä ylläpidossa. (Penttilä 2006, 13.)

2.5.1 Lisäarvot

Kolmiulotteinen tietomalli parantaa oleellisesti suunnitelmien havainnollisuut-
ta ja ymmärrettävyyttä, erityisesti monimutkaisten ja teknisesti vaativien
suunnittelussa ja toteutuksessa. Yhteensovittamalla eri osapuolten suunni-
telmat vältetään ristiriitoja ja varmistetaan LVIS-tekniikan yhteensopivuus ra-
kenteiden kanssa. Suunnitteluvirheet vähenevät, koska ne havaitaan ja kor-
jataan nopeasti jo suunnitteluvaiheessa eri suunnittelijoiden tehdessä mallia
yhtäaikaisesti. Suunnittelun yhtäaikaisuuden ansiosta kokonaissuunnitteluai-
ka tehostuu eri osapuolten välillä. (Penttilä 2006, 13-14.)

2.5.2 Haasteet

Uusien mahdollisuuksien hyödyntäminen tuo mukanaan myös haasteita (ku-
va 2), joiden ylittäminen edellyttää pitkäjänteistä kehitystoimintaa ja yhteis-
työtä hankeosapuolten välillä. Tuotemallintamisen leviäminen vaatii yrityksil-
tä IT-osaamisen kohottamista, jotta tietomallipohjaisia työ- ja toimintatapoja
päästään hyödyntämään. Ohjelmistoissakin on vielä kehittämisen varaa,
koska suurien tiedostojen avaamisen ja käsittely voi olla liian hidasta tai oh-
jelmistojen versioiden tiheä päivittyminen aiheuttaa

yhteensopivuusongelmia aikaisempien versioiden kanssa. (Penttilä 2006, 17; Mäki ym. 2009.)



KUVA 2. Tietomallinnukseen liittyvät haasteet (Mäki ym. 2009)

Rakennushankkeeseen osallistuvien tahojen määrä on niin suuri, että hankkeen tehostaminen vaatii kaikilta osapuolilta kykyä toimia tietomallipohjaisesti. Resurssien puute aiheuttaa mallintamiseen siirtymisen vaiheittain; arkkitehti ja rakennesuunnittelija käyttävät mallia, rakentajan ja työmaan toimiessa vielä piirustusten pohjalta ja dokumenttikeskeisesti. Näin mallista saatava kokonaisyöty jää saavuttamatta verrattuna, jos rakennushankkeen mallinnus tehdään yhteiseen tietomalliin tai tietomallipohjaiseen tietokantaan, jota käytetään rakennushankkeen kaikissa vaiheissa. (Penttilä 2006, 17.)

Tietomallintaminen koetaan vielä vieraana, ja sen käyttäminen vaatii opetteluja ja tietoteknistä kiinnostusta. Epätietoisuus ja selkeät näytöt mallintamisen hyödyistä pitää asenteet varautuneina, ja pahimmillaan tietomallintamisen nähdään teettävän ylimääräistä työtä ilman vastaavaa hyötyä. (Mäki ym. 2009)

3 AIKATAULUN LAADINTA JA VALVONTA

3.1 Aikataulusuunnittelun perusteet

Aikataulu asettaa tavoitteet koko hankkeelle ja yksittäisille työtehtäville sekä työvoiman käytölle. Tavoitteet koskevat tehtävien aloittamista ja päättämistä aikataulun mukaisesti. Aikataulun valvonta edellyttää jatkuvaa, ajantasalla olevaa kokonaisuuden ja yksittäisten tehtävien tilanteen tuntemista ja vertaamista suunnitelman mukaiseen tilanteeseen sekä tarvittaessa reagointia aikataulun kiinniottamiseksi. (Kankainen - Sandvik 2002, 14.)

Aikataulusuunnittelun prosessi alkaa hankesuunnitteluvaiheessa alustavan aikataulun laatimisella ja tarkentuu hankkeen edetessä tarkasti määritellyiksi tehtäväkohtaisiksi aikatauluiksi. Aikataulusuunnittelussa tarkemman tason tavoitteet määrittyvät karkeamman suunnitelman pohjalta. Yleisaikataulu luo raamit, mutta tarkentuva aikataulu- ja tehtäväsuunnittelu varmistaa hankkeen tavoitteiden täyttymisen. (Aikatauluteoriaa. 2010.)

Rakennuttajan hyväksymä päätoteuttajan laatima yleisaikataulu on työmaatoteutuksen perusta. Sen laatiminen edellyttää riittäviä teknisiä suunnitelmasiikirjoja ja rakennuttajan laatimaa alustavaa yleisaikataulua, jossa esitetään eri rakennusvaiheiden keskeisimmät tehtävät, hankinnat ja välitavoitteet. (Aikatauluteoriaa. 2010.)

Rakentamisvaiheikatalu saa lähtötietonsa yleisaikataulusta, ja se laaditaan tietylle rakentamisvaiheelle tai ajanjaksolle. Mitoittamalla tärkeimpien työvaiheiden resurssit tehollisten työmenekkien, tehtävien limitysten ja vaihtoehtolaskelmien avulla on tarkoituksena varmistaa yleisaikataulun saavuttaminen. Rakentamisvaiheikataulun laatiminen on työmaan vastuulla, ja se on työ-

maan keskeinen ohjausväline tarkkuutensa ja yleisyytensä vuoksi. (Mäki - Koskenvesa 2007, 28.)

Rakentamisvaihe aikataulu antaa puitteet viikkoaikataulun laadintaan, jonka tarkoituksena on varmistaa lyhyellä aikajänteellä työn tavoitteiden toteutuminen, resurssien tehokas käyttö sekä riittävyys. Viikkoaikataulut laaditaan 1–3 viikoksi eteenpäin tavoitteiden ja resurssien perusteella, esimerkiksi tietty rakenne ja sen valmius tietyssä päivänä. Onnistunut suunnitelman mukainen tuotanto vaatii vapaan työkohteen, suunnitelmat, koneet, kaluston, materiaalit ja tekijät sekä riittävän ajan kyseisen työn tekemiseen. (Mäki - Koskenvesa 2007, 31.)

3.2 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Aikataulusuunnittelu alkaa perehtymällä suunnitelma- ja urakka-asiakirjoihin sekä tavoitearvioon ja keskustelemalla työmaan tulevan johdon kanssa. Työmaan johdon kanssa selvitetään kokonaisrakennusaika ja välitavoitteet, tekniset vaatimukset, tuotanto-olosuhteet ja tuotantotekniset ratkaisut sekä työvoiman käytön periaatteet ja aliurakkana tehtävät työt. Osallistumalla mahdollisimman isolla panoksella työmaan aikataulusuunnitteluun hankkeen johtaminen helpottuu työmaajohdon kannalta. (Kankainen - Sandvik 2002, 16.)

Aikataulusuunnittelua varten on tunnettava työtehtävien kesto, johon vaikuttavat suoritemäärä, työsaavutus ja työryhmän koko. Suoritemäärä on toiminnan määrällinen aikaansaannos, esimerkiksi tehty muottimäärä neliöinä, rauditusmäärä kiloina tai elementtiasennusten määrä kappaleina. Työsaavutus on aikayksikössä tuotettujen suoritteiden määrä (m²/h, kg/h tai kpl/h). Työryhmän työsaavutuksesta käytetään käsitettä tuotantonopeus ja sen käänteislukua sanotaan työmenekiksi, joka on aika joka tarvitaan yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen. Työmenekin aikayksikkönä käytetään työntekijätuntia. (Kankainen - Sandvik 2002, 6.)

Rakennustyön aikataulusuunnitteluun tarvittavat tiedot työsaavutuksista, työmenekeistä ja kapasiteeteista sekä työryhmän koosta saadaan tavoitearviosta, tiedostoista ja kokemuksen perusteella. Työnaikaisen valvonnan ja ohjauksen onnistumisen edellytys on, että aikataulun oltava työmaajohtamisen kannalta toimiva. Aikataulun toimivuuden edellytyksiä ovat seuraavat:

- Aikataulutehtäviksi on valittava toteutuksen kannalta keskeiset tehtävät niin omista töistä kuin aliurakatöistä.
- Kaikki aikataulutehtävät on mitoitettava. Oikeat perusteet saadaan esimerkiksi Ratu-työmenekeistä ja -saavutuksista.
- Tehtäville on varattava riittävä toteusaika, mutta ei liian nopeaa mitoitusta, jottei tule turhia häiriöitä ja odotusta.
- Kullekin tehtävälle on varattava riittävä kokonaisaika yhdessä osakohteessa niin, ettei kaikkia työvaiheita ole käynnissä samassa paikassa yhtäaikaan.
- Aikataulutehtävät on suunniteltava riittävän suurina kokonaisuuksina, jotta ohjaus on mahdollista.
- Tehtävien väliset riippuvuudet on hallittava. Ongelmakohtat on kartoitettava, on oltava riittävästi vapaita työkohteita ja resurssien käyttö on oltava hallinnassa.
- Aikataulu on esitettävä niin, että sillä on mahdollista valvoa tuotantoa. (Mäki – Koskenvesa 2007, 19.)

Aikataulusuunnittelun vaiheiden järjestys ei ole kiinteä, vaan suunnittelun edetessä huomattujen puutteiden vuoksi joudutaan suunnittelussa usein palaamaan taaksepäin. Aikataulusuunnittelun vaiheet riippuvat hankkeen laajuudesta ja teknisestä vaikeudesta, kokonaiskeston kireydestä sekä aliurakointiasteesta ja työvoiman käyttöperiaatteesta. Tavanomaisten talonrakennuskohteiden aikataulusuunnittelun vaiheet ovat

- rakennusaikataulun kireyden tarkistus
- tehollisen rakennusajan laskeminen
- kohteen jakaminen osakohteisiin ja työjärjestyksen valinta
- tehtäväluettelon teko
- aikataulun teko
- resurssilaskenta ja aikataulun tarkistus. (Kankainen - Sandvik 2002, 16.)

3.3 Aikataulun valvonta

Aikataulua valvotaan keräämällä tietoa toteutuneesta tuotannosta ja vertaamalla sitä suunniteltuun. Jatkuvan valvonnan ja tehtyjen havaintojen perusteella työmaanjohto ohjaa tuotantoa estääkseen ennalta poikkeamat suunnitelman mukaisesta toiminnasta ja palauttaa tuotannon suunnitelmien mukaiseksi.

Varmistamalla toteutusedellyksien olemassaolo, ennakoimalla tulevat ongelmat sekä tekemällä tehtäväsuunnitelmat kriittisistä varmistetaan suunnitelmien mukainen toiminta. Keinoja tuotannon palauttamiseksi suunnitelmien mukaisiksi ovat resurssien määrien, tehtävien työsisältöjen ja aloitusajankoh- tien muuttaminen.

Ennakoimalla tulevan toiminnan ongelmat ja häiriöt sekä niiden seuraukset pyritään vähentämään ongelmien haitallisia vaikutuksia. Ennakoivassa ohjauksessa selvitetään potentiaaliset uhkatekijät keskeisimmistä rakennusvaiheista ja etsitään niihin ratkaisu ongelman torjumiseksi tai varaudutaan sen seurauksiin. Kokemus aikaisempien tilanteiden analysoinnista auttaa potentiaalisten ongelmien syiden arvioinnissa. (Kankainen - Sandvik 2002, 36.)

Kun työmaalla syntyy eroja suunnitellun ja toteutuneen aikataulun välillä, on välittömästi selvitettävä erojen syyt ja vaikutukset edeltävään ja seuraavaan tehtävään, koko tuotantoon sekä työvoiman käyttöön ja kaluston tarpeeseen. Tehtävien aikataulupoikkeamat ilmenevät siten, että tehtävien aloitukset viivästyvät tai ne aloitetaan liian aikaisin. Myös tuotantonopeuksien poikkeaminen suunnitelluista, osakohteiden valmistumisen myöhästyminen, tehtävien työsisällön muuttuminen ja virheelliset määrät ovat merkkejä poikkeamisesta aikataulusta. (Kankainen - Sandvik 2002, 45.)

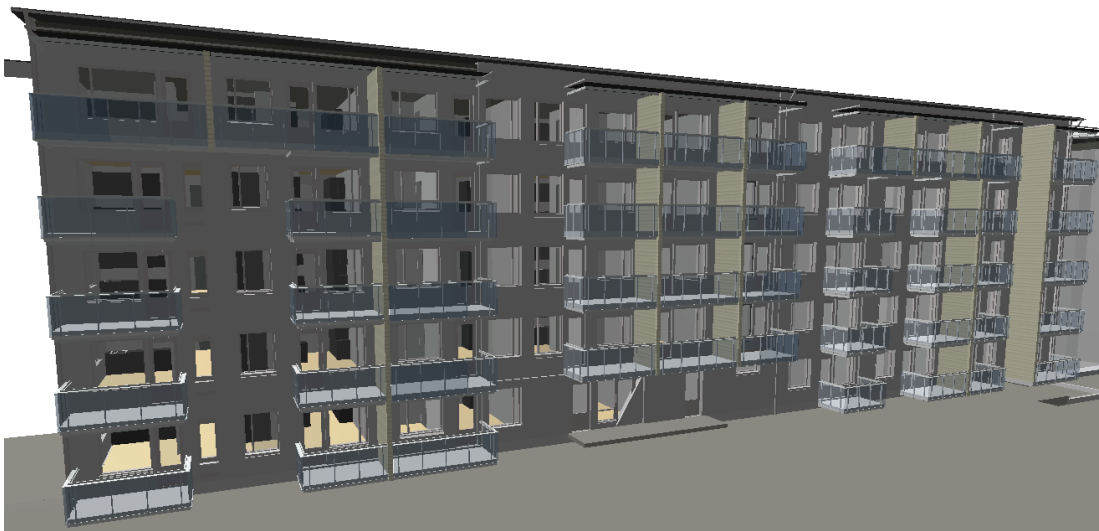
Poikkeamien tyypillisiä syitä ovat materiaalityömitusten häiriöt, kaluston puuttuminen, aliurakoitsijoiden ongelmat, virheelliset työmenetelmät, työmaan huono järjestys ja työvoiman poissaolot. Syyt selvitetään päättelemällä valvontatiedoista, havainnoimalla työmaalla tai kyselemällä työmaanjohtolta. Poikkeamien korjaamiseksi tehdään kiinniottosuunnitelma projektin työnjohdon palaverissa, pää- ja aliurakoitsijoiden työmaakokouksissa tai laatupiireissä. (Kankainen - Sandvik 2002, 45.)

Ohjaustoimenpiteillä korjataan projekti oikeaan suuntaan. Mahdollisia toimenpiteitä ovat työkunnan koon säätäminen, tehtävän mitoituksen korjaaminen, tehtävän sisällön muuttaminen, toimitusten valvonnan tarkentaminen, työvälineiden hankinta sekä työnjärjestelyn ja työmenetelmien muuttaminen ja tehostaminen. (Kankainen - Sandvik 2002, 45.)

Tuotannon valvonta on ensisijaisesti urakoitsijan tehtävä, mutta myös rakennuttajan on osallistuttava valvontaan. Näin rakennuttaja tuntee työmaan tilanteen ja pystyy hoitamaan velvollisuutensa ajoissa, kuten suunnitelmien oikea-aikaisen toimittamisen, lisä- ja muutostöiden tilaamisen ja sivu-urakoiden sekä hankintojen koordinoimisen. (Aikatauluteoriaa. 2010.)

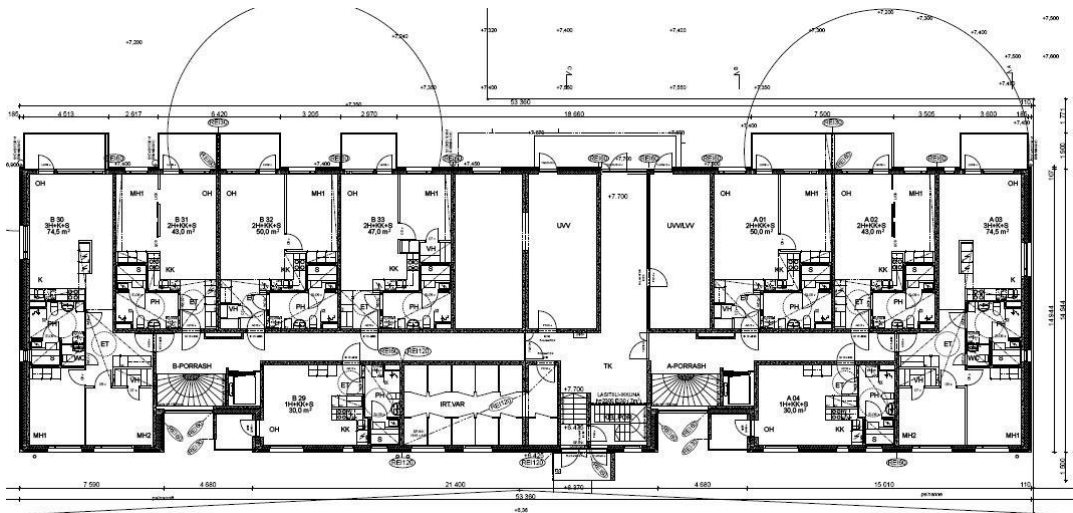
4 AS OY OULUN TULLIKARTANO

As Oy Oulun Tullikartano (kuva 3) on viisikerroksinen asuinkerrostalokohde, joka on kolmas useasta Oulun Etelätullin alueelle Peab Oy:n toimesta rakennettavista kohteista. Kohteen paalutus aloitettiin heinäkuun alussa 2011, ja rakentaminen on tarkoitus saada päätökseen marraskuussa 2012. Oulussa Etu-Lyötyssä sijaitsevalle Etelätullin alueelle rakennetaan tulevaisuudessa viisi-, kuusi-, ja kahdeksankerroksisia asuintaloja, joissa on 750 uutta korkeatasoista asuntoa sekä liiketiloja. (Etelätulli. 2010.)



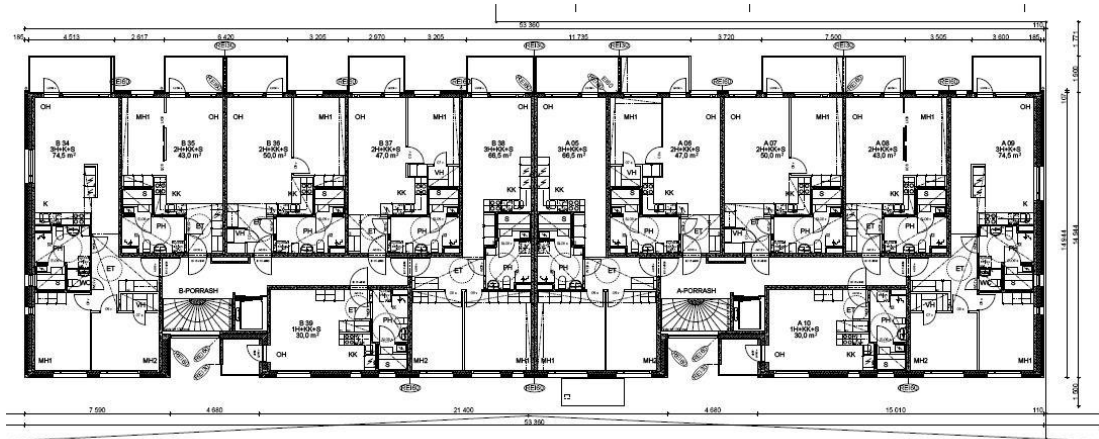
KUVA 3. ArchiCad-ohjelmistolla suunniteltu kohde (Karjalainen 2011b)

Tullikartano on 57 asuntoa, kaksi porraskäytävää ja kaksi hissiä sisältävä, keskeltä rakennusta liikuntasaumalla erotettu yli 50 metriä pitkä asuinkerrostalo. Kohde sisältää viiden asuntoja sisältävän kerroksen lisäksi kellarin, joka on pituussuunnassa koko talon mittainen ja leveyssuunnassa vähän alle puolet ylempien kerrosten leveydestä. Kellarista on suora kulku autohalliin, jonka päälle kerrostalo osittain rakentuu. Autohallin rakentaminen aloitetaan yhtä aikaa kellarin rakentamisen kanssa elokuussa 2011, ja se yhdistyy jo rakennettuun kahden aikaisemman kohteen autohalliin. Ensimmäinen kerros (kuva 4) poikkeaa varastotiloiltaan ylemmistä kerroksista, jotka ovat huoneistojen osalta samanlaisia. (Karjalainen 2011b.)



KUVA 4. Ensimmäisen kerroksen pohjakuva (Karjalainen 2011b)

Toisesta kerroksesta viidenteen pohjaratkaisut ovat samanlaisia huoneistojen osalta (kuva 5). Ne kuitenkin poikkeavat hieman ensimmäisestä kerroksesta.



KUVA 5. Pohjakuva toisesta kerroksesta viidenteen (Karjalainen 2011b)

As Oy Tullikartanossa (kuva 6) on yhteensä 57 asuntoa, varastotilaa, kuivaushuone ja lämmönjakuhuone sekä sähkötekniset tilat. As Oy Tullikartanon käytetty rakennusoikeus on yhteensä 3 785 m², josta huoneistoalaa on yhteensä 2 924,5 m² sekä kellarikerroksen tilat. Asuinhuoneistot kohteessa ovat kooltaan 30 m²:n yksiöistä 74,5 m²:n tilaviin kolmioihin. Jokaisesta huoneistosta löytyy nykypäivän vaatimusten mukaisesti parveke sekä sauna. (Karjalainen 2009a, 3; Etelätulli. 2010.)



KUVA 6. As Oy Tullitornin julkisivukuva pohjoiseen (Karjalainen 2011b)

4.1 Betonirungon toteutus

As Oy Tullikartanon huoneistojen väliset seinät, kellari, hissikuilu ja porraskäytävän välipohjat toteutetaan paikallaan valurakenteisena. Elementteinä tulevat päätyjen kantavat seinät, parvekkeet, portaat, pilarit ja palkit sekä välipohjat. Välipohjana toimii ontelolaatta, jonka paksuus on 320 mm, ja sen päällä valetaan 70 mm paksu pintalaatta. Huoneistojen väliset seinät ovat paikallaan valettua teräsbetonia, jonka vahvuus on 180 mm tai 200 mm. (Karjalainen 2011a, 14-15.)

Seinät valetaan käyttäen suurmuotteja. Suurmuotit asennetaan tarkasti paikalleen, minkä jälkeen seinä raudoitetaan ja siihen asennetaan tarvittavat varaukset sekä sähkörsiat. Suurmuottien nosto tapahtuu torninosturilla.

4.2 Projektin organisaatio

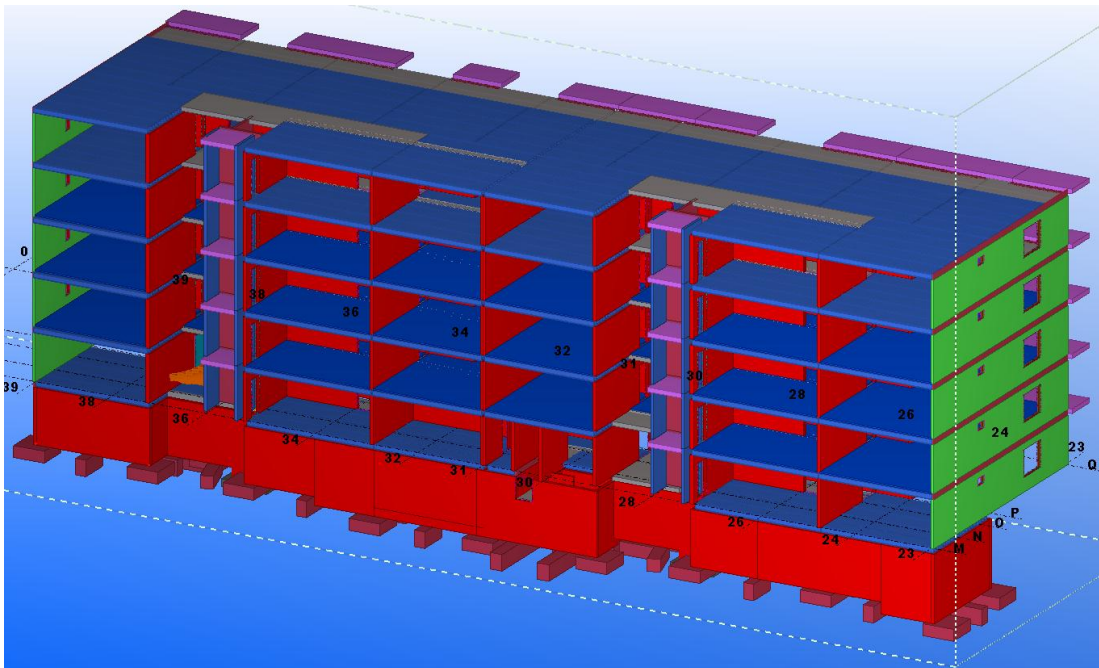
As Oy Tullitornin rakennuttajana toimii Peab Oy yhdessä Sato-rakennuttajat Oy:n kanssa. Peab Oy toimii kohteen pääurakoitsijana. Sato puolestaan varmistaa laadun huolehtimalla työmaan valvonnasta.

Kohteen on suunnitellut Arkkitehtitoimisto Veli Karjalainen Ky, ja pääsuunnittelijana toimii arkkitehti Veli Karjalainen. Kohteen rakennesuunnittelusta vastaa Ramboll Oy.

Työmaalla toimii täysipäiväisesti vastaava mestari ja työmaamestari. Työmaata rakentamisessa tukevat rakennuspäällikkö, projektipäällikkö, tuotantoinsinööri sekä hankintainsinööri.

5 MALLINTAMISEN HYÖDYNTÄMINEN ESIMERKKI-KOhteESSA

Esimerkkikohteen As Oy Tullikartanon rungon (kuva 7) mallintamiseen käytettiin Tekla Structures 17 -ohjelmaa. Pohjatietona tietomallintamisesta oli Oulun seudun ammattikorkeakoulun tarjoama kolmen opintopisteen peruskurssi, jossa käytettiin edellä mainittua ohjelmaa. Tavoitteena oli mallintaa niin sanottu palikkamalli esimerkkikohteenä olevasta kerrostalosta ilman raudoituksia ja yksityiskohtia. Mallista löytyvät kuitenkin kerrostalon runkoai-kataulun laadinnassa tarvittavat pääosat; anturat, paikalla valetut osat, onte-lolaatat sekä rakennuksessa käytetyt elementit.

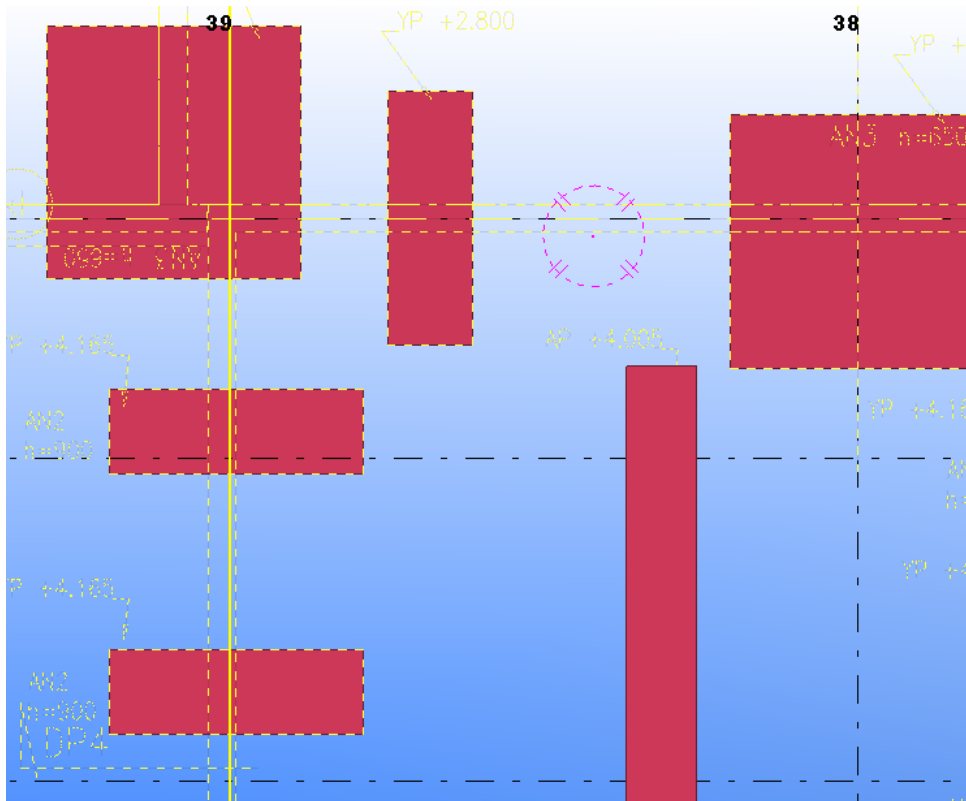


KUVA 7. Betonirungon osat mittatarkasti paikoillaan

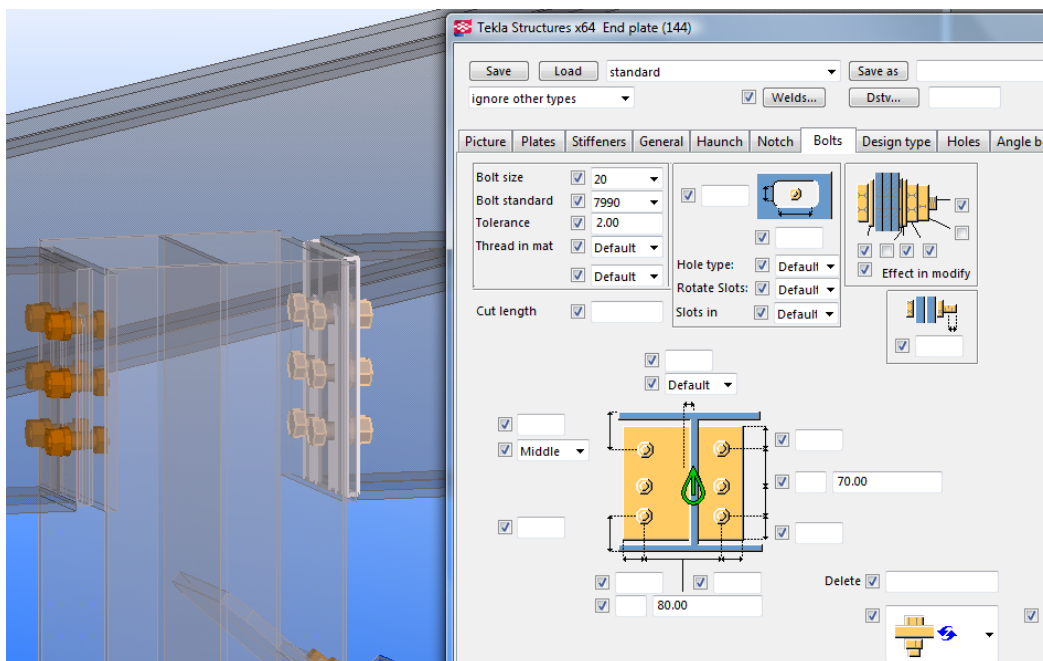
5.1 Kohteen mallintaminen

Projekti aloitettiin tutustumalla kohteeseen arkkitehdin ja rakennesuunnittelijoiden piirustusten pohjalta. Erityisesti rakenteet kellarin osalta vaativat huolellisesta perehtymistä pohjatietojen kerrostalorakentamisesta ollessa vielä alkutekijöissä. Aikaisempaa kokemusta löytyi rakennusmiehenä ja työnjohdoharjoittelijana vain pientalo- ja luhtitalokohteissa. Kohteen arkkitehti oli käyttänyt suunnittelussa Archicad-ohjelmaa, joten koko rakennuksen hahmottaminen helpottui sillä tehdyn mallin avulla. Archicad on kuitenkin pääasiassa rakennussuunnittelijan visualisointiin käyttämä työkalu, joten pääosin mallin tekemiseen käytettiin rakennesuunnittelijan AutoCad-ohjelmistolla tekemiä rakennekuvia.

Siirtämällä nämä kaksiulotteiset pohjakuvat referenssipohjiksi (kuva 8) Teklan koordinaatistoon oikeassa mittakaavassa on helppo piirtää anturat, seinät ja laatat oikealle paikalleen. Referenssipohjan siirtäminen tapahtuu valitsemalla ylävalikosta File, josta löytyy komento Insert Reference Model. Rakennusosien piirtäminen ja tietomallin käyttäminen sujuu jo lyhyen harjoittelun jälkeen jouhevasti. Haastavaa ohjelmalla piirtämisessä on erilaisten liitosten, kuten teräsrakentamisessa käytettävien pulttiliitosten saaminen halutunlaisiksi ja toimiviksi. Teklan peruskurssin harjoitustyössä (kuva 9) opeteltiin mallintamaan myös liitoksia ja raudoituksia, mutta opinnäytetyössä käytettävässä esimerkikohteessa niitä ei mallinnettu.



KUVA 8. AutoCad-ohjelmistosta siirretty referenssipohja



KUVA 9. Pulttiliitoksen mallintamista

Tässä kohteessa kerrokset kellaria lukuun ottamatta ovat hyvin samanlaisia, joten sen mahdollistama kerrosten kopioiminen nopeutti työtä merkittävästi. Kokonaisuutena esimerkkikohteen mallintaminen kesti 45 tuntia. Koko projektin aikana on pidettävä huolta, että eri osien numerointi tapahtuu numerointisuosituksen mukaan (kuva 10). Numerointi luo pohjan sille, että sekä käyttäjä ja ohjelmisto tunnistavat mallista löytyvät rakennusosat. Tämä on tärkeää rakennusosien valmistuksessa, kuljetuksessa ja pystytyksessä.

KUORIRAKENTEET	CLADDING STRUCTURES	102-						
POIMULEVY	CORRUGATED_SHEET	102	CS1	CSP1	CSP1	Poimulevy	Corrugated sheet	
FASETTI	FACET	103	LA1	LAP1	LAP1	Rannila Fasetti	Facet (Rannila)	
KASETTI	CASSETTE	104	CA1	CAP1	CAP1	Rannila Liberta	Liberta (Rannila)	
SW_PANEELI	SW_PANEL	105	SP1	SP1	SP1	Rannila Panel 3Lock	Panel 3Lock (Rannila)	
KASETTI	CASSETTE	106	LT1	LT1	LT1	Rannila Casetti	Casette (Rannila)	
ORSI	FURLIN	107	PU1	PUP1	PUP1	Teräselementti Kvatro	Kvatro (Teräselementti)	
NORDICON	NORDICON	108	NO1	NOP1	NOP1	C-, H- tai Z-orsi	Cold rolled purtin	
PELTI	SHEET	109	FL1	FLP1	FLP1	TC-, TU-, tai TUL- Nordicon	TC, TU or TUL purtin (Ruukki Nordicon)	
K_POIMULEVY	BEARING_SHEET	110	CS1	CSP1	CSP1	Kantava poimulevy	Load bearing corrugated sheet	
SW_PANEELI	SW_PANEL	111	CE1	CEP1	CEP1	Teräselementti Kvatro	Kvatro panel (Teräselementti)	

Runkoelementit	Name	Class	Cast Unit	Part	Plate	Rakenneosa	Structure	BETONIELEMENTTI / CONCRETE ELEMENT
	Framework elements	201-209		Prefix and start number				Oletusosa / default profile
PILARI	COLUMN	201	P1			Suorakaidepilari	Rectangle beam	380*380
PILARI	COLUMN	202	P1			Pyöreä pilari	Round column	D380
SUORAKAIDEPALKKI	RECTANGLE_BEAM	203	JK1			Jännebetonipalkki, suorakaide	Rectangle beam, prestressed	780*380
SUORAKAIDEPALKKI	RECTANGLE_BEAM	204	K1			Suorakaidepalkki	Rectangle beam	780*380
LEUKAPALKKI	GNATHIC_BEAM	205	JK1			Jännitetty leukapalkki	Gnathic beam, prestressed	RCL300*600-400*150
LEUKAPALKKI	GNATHIC_BEAM	206	K1			Leukapalkki	Gnathic beam	RCL300*600-400*150
MATALALEUKAPALKKI	LOW_GNATHIC_BEAM	207	JK1			Matalaleukapalkki	Gnathic beam, low height	RCDL280*375*580*100*100
HI-PALKKI	RIDGE_I-BEAM	208	HI1			HI-palkki	Ridge I-beam	
I-PALKKI	I-BEAM	209	I1			I-palkki	I-beam	

KUVA 10. Ote numerointisuosituksesta

5.2 Tietomallin aikataulutuksen perusteet

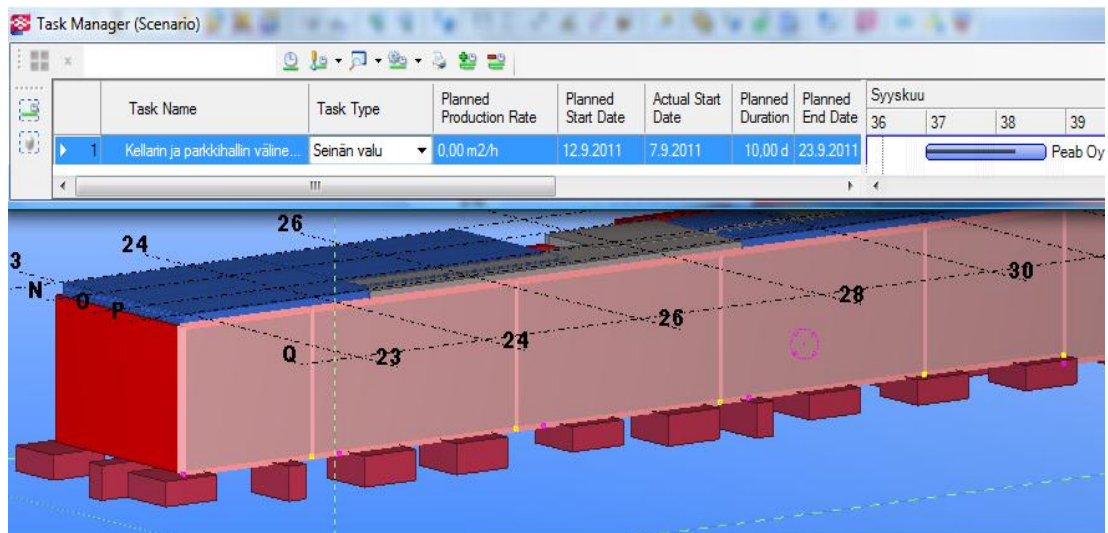
Teklalla luodaan aikataulu aivan kuten millä tahansa aikataulusohjelmistolla. Etuna on mahdollisuus käyttää 3D-mallia apuna aikataulun teossa ja seurannassa luoden näin tietomalliin neljännen ulottuvuuden. Monimutkaisissa kohteissa havainnollisuuden avulla voidaan helpommin miettiä eri valu- ja asennusjärjestyksiä. Lopputuloksena saadaan jana-aikataulu, josta nähdään tehtävien aloitus- ja lopetuspäivämäärät, tehtävien eteneminen, riippuvuudet ja muu tarvittava tieto. Paikka-aikataulua ei pysty tekemään ainakaan vielä Teklalla, mutta rakennusosien sijainnit löytyvät luonnollisesti tietomallista itsestään.

5.3 Tehtävien hallinta

Aikataulus Tekla-ohjelmistossa tapahtuu tehtävien hallinta –työkalun (Task Manager) avulla, joka löytyy valitsemalla ylävalikosta Tools. Tehtävien hallinta on työkalu urakoitsijoille, aliurakoitsijoille ja projektipäälliköille, jonka avulla rakennusprojektin aikataulua hallinnoidaan sen eri vaiheissa. Tehtävien hallinta toimii projektin varastointi- ja hallintapaikkana, joka yhdistettynä 3D-mallin havainnollisuuteen on tehokas työkalu.

5.4 Tehtävien syöttäminen Task Manageriin

Aikataulua lähdettiin tekemään tilanteesta, jossa paalut on paalutettu ja paa-luanturat valettu paikoilleen. Avaamalla Tehtävien hallinta saadaan lisättyä ensimmäinen tehtävä (kuva 11), joka on kellarin ja parkkihallin välisen seinän tekeminen. Kohtaan tehtävän tyyppi (Task Type) valitaan työvaihe ja sen työ-teho, joka voi olla asennustyössä kpl/h ja seinien valussa tunnissa tehtävien seinäneliöiden määrä. Halutessaan työtehon voi asettaa nolaksi ja syöttää pelkästään tehtävän aloitus- ja lopetuspäivämäärän. Tehtävätyyppejä voi luoda tehtävien hallinnan General settings and actions -valinnan alta. Tehtävät näkyvät jana-aikataulussa, jossa tummempi viiva janan sisällä kuvaa tehtävän etenemisen. Valitsemalla tehtävän valikosta näkyvät sen sisältämät rakennusosat valittuina 3D-näkymässä.



KUVA 11. Tehtävien hallintaa tietomallissa

Lisätessä Task Typeä tulee määrittää, mille kentille tieto viedään eri osilta: valittaessa INSTALL_PLAN- ja INSTALL_ACTUAL-kentät tieto kulkee molempiin suuntiin Task Typen määrittämisen ja Status-välilehden välillä. Task Managerin Task Typen työmenekin avulla määritetyt päivämäärät korvaavat käsin syötetyt tiedot.

5.5 Riippuvuudet

Työvaiheiden välillä voi olla riippuvuus. Esimerkiksi seinän valaminen on riippuvainen siitä, että antura on valmis tietyn määrän päiviä ennen valupäivää. Riippuvuudet näkyvät jana-aikataulussa nuolina aikataulussa olevien palkkien välillä, ja ne saadaan eri tehtävien välille vetämällä tehtävänä toisen päälle tai valitsemalla Task Information -valikosta välilehti Dependencies. Teklassa on neljä erityyppistä riippuvuutta, joita käytetään sen mukaan vaatiiko, työvaihe edellisen työvaiheen valmistumisen tai aloittamisen vai onko työvaiheet aloitettava yhtä aikaa.

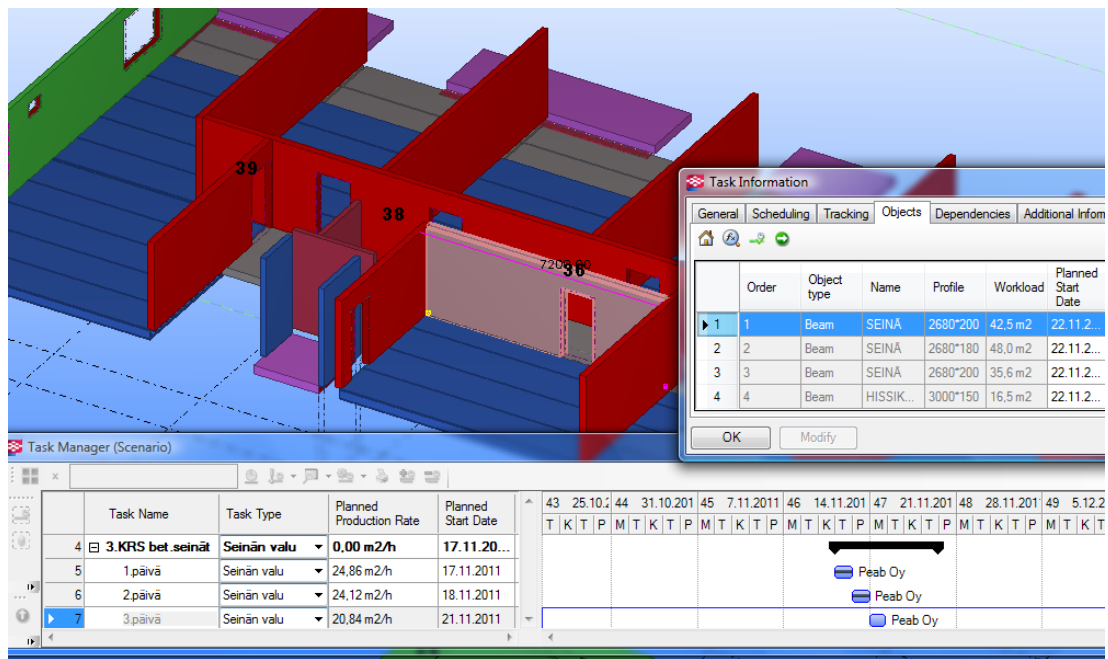
5.6 Model Organizer

Myös Model Organizerin saa avattua Tools-valikosta. Sen avulla voidaan valita, piilottaa tai näyttää eri alueita tai rakennusosia mallissa. Eri rakennusosien löytäminen ja valitseminen tietomallista on helpointa käyttämällä Teklasta löytyviä filttäreitä, joilla voidaan jättää tai poistaa osia nimen tai jonkin muun ominaisuuden avulla. Jos Model Organizeriin on syötetty kaikki rakennuksen eri osat aikatauluttaminen Task Managerilla helpottuu, koska eri osat löytyvät mallista helposti. Model Organizer helpottaa myös asennusjärjestysten suunnittelussa sekä mahdollistaa ryhmittelyn esimerkiksi hankintojen perusteella.

5.7 Asennusjärjestyksen luominen

Asennusjärjestyksien kuten seinien valujen tai elementtiasennuksen luominen suoritetaan tehtävien hallinnan avulla. Kenttiin syötetään osien nimet, aloitus- ja lopetuspäivämäärät, työn tyyppi sekä halutessaan muita tietoja, kuten työn valmiusprosentti. Aikatauluttamalla kerroksen betoniseinien valamisjärjestyksen päivän tarkkuudella saadaan samalla muottienkiertosuunnitelma, jota hallitaan valitsemalla kyseinen päivä, jolloin sen päivän aikana valettavat seinät näkyvät mallissa valittuina (kuva 12).

Tekla ilmoittaa seinien tilavuudet ja pinta-alat, joten betonimassan tilaaminen nopeutuu ja yksikköhintaurakan seuraaminen helpottuu. Isossa kohteessa aikataulu voidaan ositella vielä työryhmiin, jolloin saadaan selville, mikä työryhmä valmistele mitkäkin seinät. Tehtävien pohjalta voidaan tehdä myös kustomoituja näkymiä ja kokonaisvaltaisia 4D-simulaatioita päivämäärien perusteella.



KUVA 12. Seinien valun suunnittelua yhden päivän tarkkudella

Syöttämällä aikataulut Teklan tietomalliohjelmistoon on aikataulua helppo seurata tarkasti, kun jokaiselle pilarille, palkille ja laatalle löytyy suunniteltu ja toteutunut aikataulu. Parhaimman hyödyn aikataulusta saa, jos pää- ja aliurakoitsijat käyttävät samaa ajan tasalle päivitettyä tietomallia. Näin esimerkiksi elementtitehtaalla voidaan ohjata tuotantoa sen mukaan, miten rungon pystytys etenee.

Rekisteröitymällä Teklan kotisivuilla pääsee käsiksi Extranettiin, josta voi ladata lisäosia ja työkaluja ilmaiseksi. Extranetistä löytyy aikataulutukseen, aikataulunhallintaan ja rakentamisen simuloimiseen lisäosa Installation Sequence. Sen avulla voidaan simuloida rakennuksen asennusjärjestys perustuen tietomallista löytyvien osien sijaintiin, aikatauluun ja ominaisuuksiin.

Peruskäyttö on helppoa; avataan Installation Sequence, valitaan objektit tietomallista haluamassaan järjestyksessä, valitaan simulaation nopeus ja käynnistetään simulaatio. Tällä periaatteella on tietenkin työläs simuloida koko rakennus, mutta joitain tiettyjä yksityiskohtaisia asennusjärjestyksiä näin voi simuloida. Isomman kokonaisuuden simuloiminen tapahtuu syöttä-

mällä ohjelmaan arvot, jotka poimivat aikataulun Task Manageriin luodun aikataulun pohjalta. Tämän ominaisuuden käyttäminen vaatii vähän enemmän harjoitusta.

Tämän lisäosan hyötyä on vaikea nähdä päivittäisessä työmaakäytössä, vaan ennemminkin esittelyvälineenä kokouksissa ja muissa tilaisuuksissa. Simuloimalla rakentamisprosessi asiakkaalle saadaan luotua ainakin mielikuva rakennusprosessista kokonaisuutena. Extranetistä löytyy myös muita ilmaiseksi ladattavia lisäosia niin suunnitteluun kuin työmaakäyttöönkin.

Teklan aikataulutusta sovellusta Task Manageria ei voi pitää niin toimivana ja monipuolisena kuin paljon käytettyä Planet-aikatauluohjelmista. Etuna on kuitenkin 3D-mallin tuoma havainnollisuus, jonka avulla voidaan esimerkiksi tarkistaa, että kaikki tarvittavat osat on varmasti aikataulutettu. Valitsemalla kaikki aikataulutetut työvaiheet tehtävien hallinnasta näkyvät niihin liittyvät objektit mallissa valittuina. Tämän jälkeen käyttämällä valintaa, joka näyttää vain valittuina olevat osat, jäävät näkyviin osat, joita ei löydy aikataulusta.

5.8 Aikataulun valvominen tietomallin avulla

Vähintään yhtä tärkeää kuin aikataulun laatiminen on sen seuraaminen, päivittäminen ajan tasalle ja reagoiminen mahdollisiin viivästyksiin ja ongelmiin. Päivittämällä aikataulua ja valmiusprosentteja riittävän aktiivisesti rakennusprojektin hallinta helpottuu sekä tieto hankkeen etenemisestä on kaikkien osallisten saatavilla nopeasti.

Aikataulun seuraaminen tapahtuu tehtävien hallinnan avulla, ja yksinkertaisimmillaan se onnistuu vain tarkastelemalla tehtäviä ja jana-aikataulua. Automaattinen valinta mallista kannattaa pitää päällä, jolloin valitsessa tehtävän tehtävien hallinnasta se automaattisesti valitsee kyseisen tehtävään liittyvät rakennusosat myös mallista.

Valmiusprosenttien aktiivisella täyttämällä helpotetaan aikataulun seuranta. Valitsemalla valmiusprosenttikentän ja syöttämällä siihen arvioidun val-

miusprosenttiluvun ilmestyy jana-aikataulun janan sisään prosenttia kuvaava tummempi viiva. Näin on helpompi verrata eri työvaiheiden etenemistä päivämäärään. Valmiusprosenttien ollessa ajantasalla on helppo ilmoittaa niitä muille osapuolille esimerkiksi työmaakokouksessa.

Planet-aikatauluohjelmistosta tuttua tilanneviivaa Teklalla ei ole mahdollista piirtää. Tehtävien hallinnassa on erikseen kentät suunnitelluille ja toteutuneille aloitus- ja lopetuspäivämäärille. Tehtävien viivästyessä päivittämällä nämä kentät ajantasalle ilmestyy jana-aikatauluun suunnitellun aikataulun sinisen palkin lisäksi keltainen palkki, joka kuvaa toteutunutta aikataulua.

5.9 Rakennettavuuden tarkastelu

Rakennettavuuden tarkastelun kannalta on oleellista se, onko malli arkkitehdin piirtämä ei-detaljoitu malli, josta nähdään rakennuksen muodot ja joitain määrätietoja, vai detaljoitu rakennemalli, josta nähdään kaikki liittymät ja raudoitukset sekä niiden määrät ja materiaalit. Liittymien tarkastelu voi olla 2D-kuvista joissain tilanteissa haastavaa, mutta tietomallin avulla voidaan liittymää tarkastella 3D-ympäristössä sekä ottaa paperille leikkauksia mistä kohdasta tahansa.

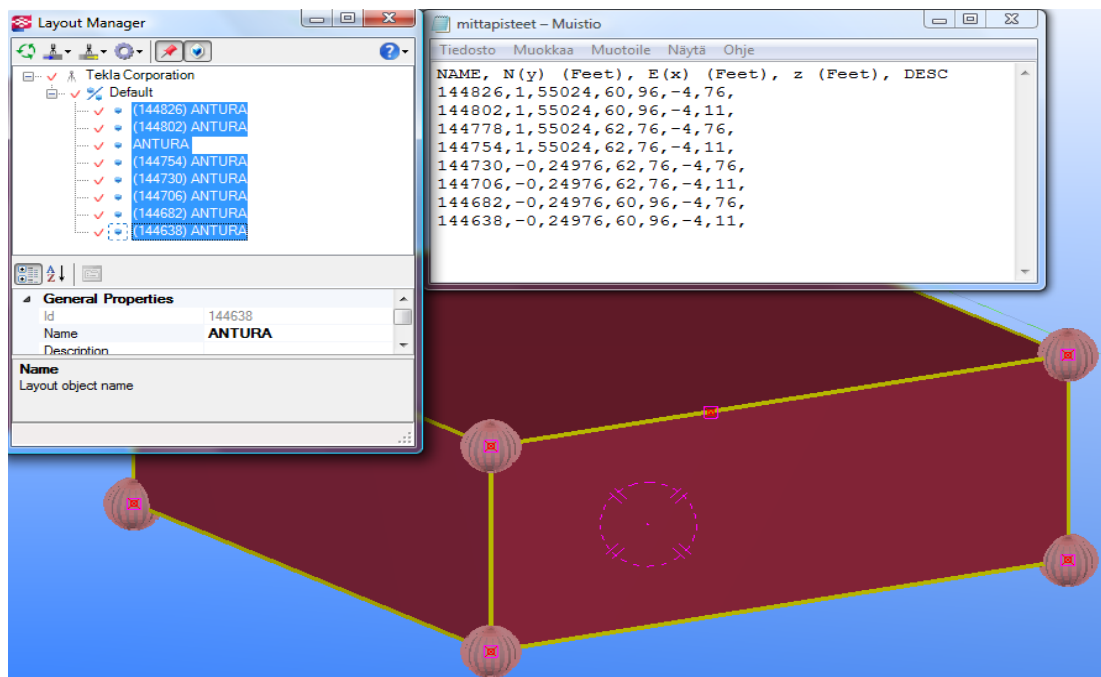
IV-konehuone on usein haastavin osa talotekniikan sovittamisessa niin, etteivät eri talo- ja rakennetekniikan osat törmää toisiinsa. Jos tietomalliin on mallinnettu myös talotekniikka, helpottuu tällaisten osien suunnittelu huomattavasti, ja lisäksi näin saadaan karsittua mahdolliset suunnitteluvirheet, kuten osien törmäykset keskenään. Törmäystarkastelu voidaan suorittaa Törmäystarkastelun hallinnan (Clash Check Managerin) avulla, joka löytyy Tools-valikosta.

5.10 Tietomallin hyödyntäminen työmaalla

Hyvin tehty rakennemalli antaa työmaakäytössä paljon muuta tietoa aikataulujen lisäksi. Detaljien tarkastelun lisäksi olennaisia toimintoja työmaalla päivittäisessä käytössä ovat korko- ja määrätietojen sekä raudoitusten tarkaste-

lu. Huolellisesti mallinnetut elementit ja teräsrakenteet auttavat niin asennusvaiheessa työmaata kuin tehdasta niitä valmistettaessa. Jo pelkkä mahdollisuus tarkastella kokonaisuutta 3D-näkymässä helpottaa kokonaisuuden sisäistämistä.

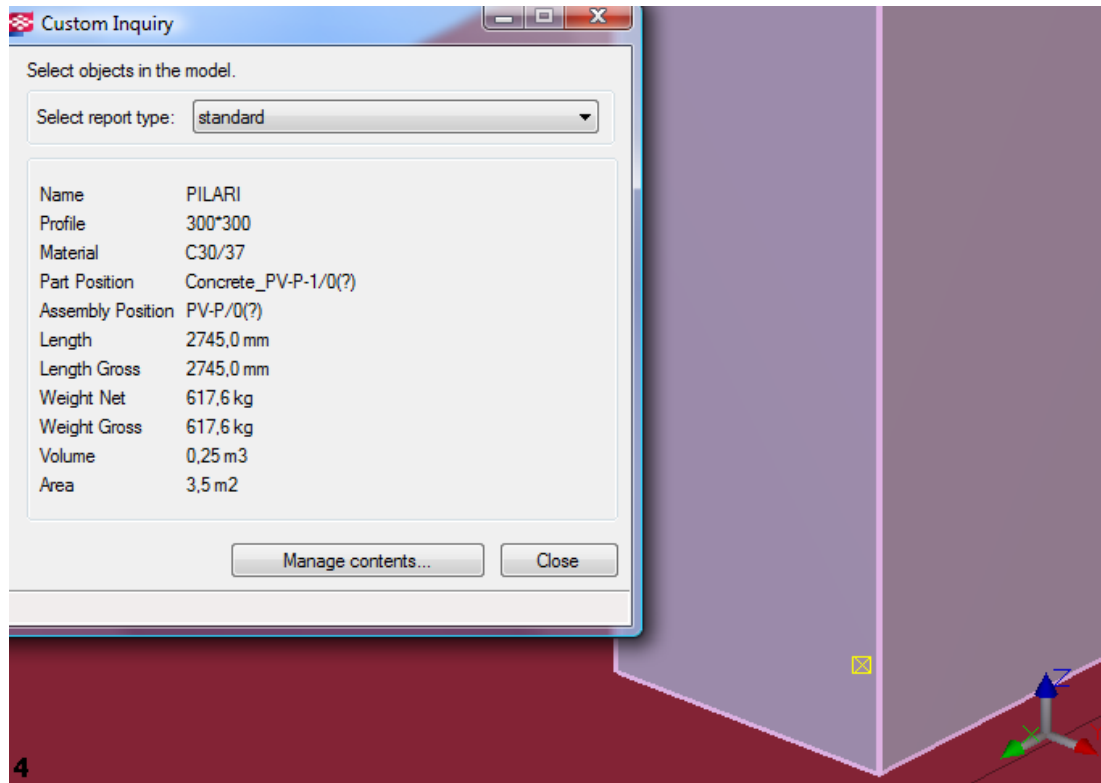
Korkotietoja tarvitaan lähes jokaisessa rakennusvaiheessa runkoa pystyttyessä. Sen lisäksi, että mallista saadaan yksittäisiä korkopisteitä, voidaan malliin lisätä Pohjapiirros piste –makrolla (Layout Point) (kuva 13) mittapisteitä, joita hallitaan Layout Managerin avulla, joka löytyy Component Catalogista. Halutut pisteet saadaan tuotua tekstitiedostoksi tai suoraan takymetriin, jonka avulla mittamies merkitsee pisteet työmaalle. Suunnitteluvaiheessa mittapisteitä voidaan laittaa valmiiksi kriittisiin paikkoihin.



KUVA 13. Layot Pointin käyttöä

Keskeisimpiä osia kerrostalon runkovaiheessa ovat seinien valaminen ja niiden raudoitukset sekä betonin laatu- ja määrätiedot. Betonin tilaaminen helpottuu kysely-työkalun (Custom Inquiry) avulla, joka ilmoittaa määrän ja laadun valitusta rakennusosasta (kuva 14). Sen avulla kokematonkin käyttäjä

saa betonimäärät selville nopeasti ja helposti ilman laskemista. Asetuksista voidaan valita työkalun ilmoittamat tiedot kunkin rakennusosan vaatimusten mukaisiksi.



KUVA 14. Betonipilarin ominaisuudet

Teklalla on mahdollista luoda monenlaisia raportteja kuten rauditusluetteloja. Valitaan osat, joista rauditusluettelo halutaan, minkä jälkeen Raportointi-työkalun (Report) avulla saadaan Excelliin suoraan raportti, josta on helposti luettevissa raudoitteiden pituudet, taivutustyyppit ja kilogrammat. Nämä tiedot voidaan viedä suoraan taivutus- ja katkaisukoneisiin tai tulostaa paperiversio raudoittajalle. Exelissä tietoja voidaan vielä muokata halunlaisiksi. Raporttipohjia löytyy useita erilaisia, ja niitä voidaan kustomoida urakoitsijan eri tarpeiden mukaan.

6 POHDINTA

Runkoaikataulun huolellinen laadinta ja sen valvonta ovat keskeisiä asioita kohteen toteutusvaiheen onnistumiselle. Työn tarkoituksena oli tutkia tietomallintamisen tarjoamia mahdollisuuksia kerrostalokohteen aikataulun suunnittelussa tutustumalla yleisesti tietomallintamiseen ja mallintamalla Tekla Structures -ohjelmistolla esimerkkikohte As Oy Tullikartano sekä tutkia käytännössä, miten tietomallia voidaan hyödyntää kohteen aikatautuksessa.

Tutustutamalla tietomallintamiseen ja rakennustyömaan aikataulutukseen saatiin valmiudet tutkia esimerkkikohteen tietomallin avulla rakennusprojektin läpiviemistä kerrostalon tunkovaiheen aikana. Opinnäytetyön prosessiin kuului myös Teklan käytön opettelu tietomallintamisen peruskurssin ja englanninkielisten ohjeiden avulla.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan esimerkkikohteen tietomallia oli tarkoitus käyttää As Oy Tullikartanon runkovaiheen aikana, mutta ei se ollut kuitenkaan rakennusprojektin suunniteltua myöhäisemmän aloituspäivämäärän takia mahdollista. Tietomallin käyttäminen konkreettisesti työmaan aikataulutuksessa ja päivittäisessä käytössä olisi vaatinut runsaasti työtä ja harjoitusta, mutta tuloksetkin olisivat olleet käytännössä todistettuja. Esimerkkikohteen tietomallin avulla saatiin kuitenkin tutkittua mallintamisen käyttöä aikataulun laadinnassa ja valvonnassa sekä päivittäisessä hyödyntämisessä kerrostalon runkovaiheen aikana kuvitteellisilla tilanteilla.

Työssä todettiin saatiin, että tietomallintamisen avulla voidaan helpottaa runkovaiheen läpiviemistä, mutta sen pohjalta toimiminen tuo haasteita. Kolmiulotteinen näkymä helpottaa kokonaisuuden ja yksityiskohtien havainnointia, aikataulun tuominen neljänneksi ulottuvuudeksi tehostaa projektin hallintaa sekä korko- ja määrätiedot nopeuttavat päivittäistä toimimista rakennusvai-

heen aikana. Haasteiksi nousivat Teklan käytön hallinta ja mahdollisesti tietomallintamisen kautta toimimisen hyväksyminen.

Kokonaisuutena työn tuloksista voidaan päätellä, että tietomallintamisen käyttäminen vaativissa ja perinteisin menetelmin vaikeasti hallittavissa kohteissa toisi hyötyä edellyttäen, että henkilöstöltä löytyisi riittävästi ammattitaitoa mallinnusohjelmiston käyttämiseen. Yksinkertaisessa kerrostalokohteessa tietomallin käyttäminen tuo hyödyllisiä ominaisuuksia projektin läpiviemiseen, mutta haasteet nousevat kokonaiskuvassa hyötyjen yläpuolelle. Tietomallintamisen yleistyminen kouluissa ja yrityksissä alentaisi kynnystä tietomallin pohjalta toimimiseen yhä useammassa projektissa.

Jatkotutkimusehdotuksena voidaan ehdottaa tietomallin pohjalta toimimista konkreettisesti rakennusprojektin runkovaiheen aikana reaaliajassa. Parhaaseen tulokseen tällaisessa työssä päästäisiin, jos olisi mahdollista käyttää rakennesuunnittelijan tekemää detaljoitua mallia, johon olisi liitetty LVI-suunnittelijan talotekniset suunnitelmat. Tämän opinnäytetyön avulla voidaan perehtyä mallintamisen mahdollisuuksiin, mutta käytännössä toimiminen paljastaisi todelliset hyödyt ja haasteet.

LÄHTEET

Cisionwire. 2011. Lehdistötiedote. Saatavissa: <http://www.cisionwire.fi/ac-sanafor/r/holmenkollenin-uusi-suurmaki-on-mallinnettu-suomalaisohjelmalla,c551847>. Hakupäivä 5.7.2011.

FMC Group. 2011. Tietomallintaminen (BIM). Saatavissa: http://www.fmcgroup.fi/osaamisalueet/yhteiset_osaamisalueet/tietomallintaminen_bim. Hakupäivä 11.7.2011.

Freese, Simo - Penttilä, Hannu – Rajala, Marko 2007. Arvorakennusten korjaushankkeet ja tuotemallintaminen. Saatavissa: http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten_korjaushankkeet_ja_tuotemallintaminen.pdf. Hakupäivä 12.7.2011.

Etelätulli. 2011. Saatavissa: <http://www.etelatulli.fi>. Hakupäivä 11.7.2011.

Kankainen, Jouko - Sandvik, Tom 1999. Rakennushankkeen ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kankainen, Jouko - Siikanen, Pekka 2004. Työpäällikön käsikirja, Osa 1 Aikataulunhallinta. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry.

Karjalainen, Veli 2011a. Rakennusselostus, As Oy Tullikartano. Arkkitehti-toimisto Veli Karjalainen KY.

Karjalainen, Veli 2011b. Ark-piirustusluettelo, As Oy Tullikartano. Arkkitehti-toimisto Veli Karjalainen KY.

Mäki, Tarja - Koskenvesa, Anssi 2007. Aikataulukirja 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mäki, Tarja – Rajala, Marko – Penttilä, Hannu 2009. Haastattelututkimus: Tietomallintaminen korjausrakentamisessa. Saatavissa: http://www.tietoafinland.fi/doc/Tietomallintaminen_korjausrakentamisessa.pdf. Hakupäivä 14.7.2011.

Penttilä, Hannu - Nissinen, Sampsa - Niemioja, Seppo 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Petäjäjärvi, Petri 2011a. Rakennesuunnittelija, WSP Group. Luento 15.3.2011.

Petäjäjärvi, Petri 2011b. Rakennesuunnittelija, WSP Group. Luento 22.4.2011.

Rakennusteollisuus RT ry, Finnmap Consulting Oy. 2004. Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa. Saatavissa: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_rakennesuunnitteluohje_syyskuu2004.pdf. Hakupäivä 12.7.2011.

RatuFlow. 2010. Aikatauluteoriaa. Saatavissa: <http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/>. Hakupäivä 25.10.2010.

Senaattikiinteistöt. 2007. Tietomallivaatimukset, osa 7: Määrälaskenta. Saatavissa: http://www.senaatti.fi/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa7_Maaralaskenta.pdf. Hakupäivä 13.7.2011.

Sulankivi, Kristiina – Mäkelä, Tarja - Kiviniemi, Markku 2009. Tietomalli ja työmaan turvallisuus. Saatavissa: http://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_loppuraportti_090312.pdf. Hakupäivä 15.7.2011.

Tekla Oy. 2011. Teklan alku. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/about-us/history/Pages/Default.aspx>. Hakupäivä 12.7.2011.