

Meelis Vimb

Tietomallin hyödyntäminen paikallavalettavien betonirakenteiden mittaus- ja määräseuranta-työkaluna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Meelis Vimb Tietomallin hyödyntäminen paikallavalettavien betonirakenteiden mittaus- ja määräeurantatyökaluna 48 sivua + 1 liitettä 1.11.2014
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	kehityspäällikkö Pekka Ruuti lehtori Mervi Toivonen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää YIT Rakennus Oy:lle järjestelmä ja ohjeet tietomallin käyttöönottoa varten rakennustyömaiden jokapäiväisessä työssä. Opinnäytetyö on tehty IRT-yksikön tarpeita varten, joten opinnäytetyössä keskitytään erityisesti paikallavalettavien betonirakenteiden paikalleen- ja tarkemittaukseen sekä määräeurantaan.</p> <p>Opinnäytetyön alussa käydään läpi mittaus- ja määräeurannan vaatimukset. Työn toisessa puoliskossa keskitytään erilaisiin tilanteisiin ja ongelmiin työmaiden jokapäiväisessä työssä ja ratkaistaan ongelmatilanteita.</p> <p>Työn tuloksena ovat erilaiset prosessikaaviot ja ohjeistukset työmaan toimihenkilöille.</p>	
Avainsanat	tietomalli, mittaus, mittauspisteet, määräeuranta, mallin luonti

Author Title	Meelis Vimb Utilization of BIM in Cast-in-Situ Concrete Structures as Measuring and Monitoring Tool
Number of Pages Date	48 pages + 1 appendices 1 November 2014
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Building Construction
Instructor(s)	Pekka Ruuti, Development Manager Mervi Toivonen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final thesis was to develop a system and instructions for YIT Construction Ltd for implementing BIM (Building Information Modeling) as a measuring and monitoring tool of cast-in-situ concrete structures at construction sites</p> <p>This final thesis is was made for the IRT unit of the company, so the special focus is on measurement of cast-in-situ concrete structures as well as quantity surveying.</p> <p>At first the thesis considers the requirements set for measurement and quantity survey. Secondly, the focus is on a variety of related situations and problems in the everyday work on site, and finding solutions for the problem situations.</p> <p>As a result, various process diagrams and instruction were created for the site staff.</p>	
Keywords	BIM, measuring, measuring points, monitoring, concrete structures.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	5
1.1	Tilaaaja ja tausta	5
1.2	Työn tavoite	5
1.3	Tutkimusongelma	6
1.4	Tutkimusmenetelmät	7
1.4.1	Kirjallisuus	7
1.4.2	Ohjelmat	7
1.4.3	Haastattelut	8
1.4.4	Case Aalto-yliopiston metroasema	8
2	Tietomallinnus	9
3	Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät	12
4	Ongelmien kartoitus	15
5	Prosessikaavio työmaata varten	19
6	Tietomallin luominen tuotantoa varten	20
6.1	Valmiin mallin käyttöönotto	20
6.2	<i>IFC</i> -mallin käyttöönotto	24
6.3	Mallin luominen 2D/3D-kuvista	27
7	Mallin hyödyntäminen työmaalla	29
7.1	Mallin päivittäminen	30
7.1.1	Mittaustyönjohtaja	30
7.1.2	Työnjohtaja	32
7.1.3	Työmaainsinööri	32
8	Mittaustiedoston käsittely	33
8.1	Mittaustiedoston luonti tietomallissa	34
8.2	Tarkemittaukset	35
8.3	Muunnokset	38
8.4	Mittaustiedoston vienti mallista	39

	2
8.5 Mittaustiedoston tuonti tietomalliin	40
9 Määräseuranta mallin avulla	42
9.1 Määrälaskenta tietomallissa	43
9.2 Visuaalinen seuranta mallin avulla	44
10 Yhteenveto	46
Lähteet	48

Lyhenteet

- 3D-malli** Sisältää rakenteiden geometrian, materiaali-, määrä- ja paikkatiedot
- 4D-malli** 3D ja aikataulutus
- 5D-malli** 4D ja kustannusten hallinta
- 6D-malli** 5D ja huoltotieto loppukäyttäjien varten
- COBIM** Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisema tietomallivaatimusten päivitys toteutettiin vuosina 2011–2012 COBIM-hankkeen muodossa. Hankkeen rahoittajina olivat Senaatti-kiinteistöjen lisäksi suuri joukko muita kiinteistön omistajia ja rakennuttajia, rakennusliikkeitä ja ohjelmistotaloja
- ETRS89** *European Terrestrial Reference System* 1998, 3D-koordinaattijärjestelmä, jossa ITRS on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan yhtenäiseen osaan
- ETRS-GKn** ETRS89 kanssa Suomessa käytettävä karttaprojektio ja tasokoordinaatisto, käyttöalue tarkoituksen mukainen, projektioitasojen keskimeridiaanit 19°-31°
- ETRS-TM35FIN** ETRS89:n kanssa Suomessa käytettävä karttaprojektio ja tasokoordinaatisto, käyttöalue koko maa, yksi projektioakaista, keskimeridiaani 27°
- Helmert-muunnos** Yhdenmuotoisuusmuunnoksessa muunnettavien pisteiden muodostamien kuvioiden muoto säilyy. Pisteiden sijainti, orientointi ja mittakaava voivat muuttua. (1.)
- IFC** *Industry Foundation Class* on kansainvälisesti kehitetty eri ohjelmien välinen tiedonsiirtojärjestelmä
- IFC-malli/objekti** Jostakin ohjelmasta siirretty malli/objekti
- IRT** Infrapalvelut Rakennustekniset Työt

- ITRS** *International Terrestrial Reference System* on maailmanlaajuinen koordinaattijärjestelmä, joka määrittyy tähtihavaintojen, kuulaserhavaintojen ja globaalin GPS-havaintoverkon avulla
- LandXML** Kaikille avoin tietojärjestelmä, jota käytetään pintojen mallinnusohjelmissä
- Native-malli/objekti** Alkuperäisellä tietomallinnusohjelmalla luotu malli/objekti
- WGS84** *World Geodetic System*, GPS-satelliittipaikannusjärjestelmän käyttämä avaruuskoordinaattijärjestelmä.
- YTV2012** COBIM-hankkeen tuloksena syntyneet yleiset tietomallivaatimukset.

1 Johdanto

1.1 Tilaaja ja tausta

Tämän opinnäytetyö on tehty YIT Rakennus Oy:n Infrapalvelut-yksikölle. Työn tekijä työskentelee kyseisessä yrityksessä mittaustyönjohtajana ja opiskelee aikuiskoulutuksen linjalla Metropolia Ammattikorkeakoulussa rakennusalan työnjohdon koulutusohjelmassa.

Tietomallinnuksesta on runsaasti tietoa ja kokemusta eri muodoissa. Aiheesta löytyy kohdennettua tietoa suunnittelijoille ja rakennusyriyksille erilaisten hankkeiden sekä diplomi- ja opinnäytetöiden muodossa. Tietomallien käyttö yleistyy työmailla lähivuosina, ja edellä esitetyn perusteella tarvitaan toimintamallia, jolla tietomallista saadaan mittaus- ja määrätietoja mahdollisimman vaivattomasti työmaan toimihenkilöiden käyttöön.

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyössä yritetään löytää niin sanottu ”yksi oikea tapa” tehdä asioita, keskittyttä erilaisiin vaihtoehtoihin ja teorioihin, perusasiat kuitenkin selostetaan. Selvitetään tarpeet ja ongelmat, joita mallin avulla pystytään ratkomaan.

Tuloksena ovat konkreettiset prosessikaaviot tietomallin käyttöönottoa varten paikalla-valettavien betonirakenteiden tuotantoprosessin helpottamiseksi. Niistä ilmenevät tietomallin mahdollisuudet rakentamishankkeen eri vaiheissa sekä tietomallipohjat seuranta varten.

Työn tuloksia ovat myös selvät toimintaohjeet mittaustyönjohtajalle, työmaainsinööreille ja työnjohtajille sekä seurantatyökalujen käyttöohjeet muille toimihenkilöille (vastaava mestari, työpäällikkö jne.) Ohjeita testataan Länsimetron Aalto-yliopiston metroaseman työmaalla.

Työssä otetaan huomioon nykyiset käytännöt ja verrataan niitä tietomallipohjaiseen. Tässä työssä keskitytään tietomallinnuksen hyötyihin. Työn oletustilanteessa tarkiste-

taan tietomallin luonti erilaisista lähteistä työmaan tuotantovaatimuksia vastaavaksi. Työn ulkopuolelle jäävät ohjelmat ja ohjelmistot.

Tavoitteena on kuvata tietomallin avulla tehtyä rakennushankkeen tuotannon paikalleenmittausta ja määrälaskentaa ja vertailla menetelmiä rakentamisprojektin tuotantoon työnjohdon näkökulmasta.

Projektityön kohderyhmä ovat YIT Rakennus Oy:n toimihenkilöt. Tarkoitus on kuvata tietomallin käytettävyyttä niin, että he tämän kuvauksen jälkeen tunnistavat ja ymmärtävät tietomallin hyödyt. Tässä työssä keskitytään tietomallinnuksen hyötyihin.

1.3 Tutkimusongelma

Tämän työn tutkimusongelma keskittyy paikalleen- ja tarkemittaukseen sekä määrälaskenta-, suunnittelu- ja tuotantoaikataulujen valvontaan yleisellä tasolla sekä työn päivittäiseen johtamiseen, samoin siihen, kuinka niistä saadaan luotettavia ja ymmärrettäviä dokumentteja. Tarkoitus on selvittää tietomallin käyttökelpoisuutta betonirakenteiden tuotannon näkökulmasta, selvittää, millä menetelmillä tietomallista saadaan erilaisia tietoja (aikataulut, määrät alueittain, töiden etenemisen visuaalinen seuranta) ja kuinka helposti niitä saadaan ajantasaisesti sekä mikä on saadun tiedon luotettavuus ja esitystavan käytettävyys.

Rakentamisprojektin tuotannon sujumiseen vaikuttaa määrälaskennan tarkkuus ja sen kautta aikataulusuunnittelun laatu. Olennaisen tärkeässä roolissa projektin tuloksellisuuden näkökulmasta on kaikkien suoritteiden hyväksyttäminen tilaajalla ja niiden vertaaminen määrälaskentaan. Mestarityössä suoritusten seuranta selvitetään mallin avulla.

Tarkoituksena on selvittää helpoin tapa mittaustiedostojen tuomiseksi ja viemiseksi malliin/mallista ja selvittää, mitä tietoja tuodaan malliin ja mitä ei.

Yhtenä selkeänä ongelmana on tietomallin eri versioiden yhdistäminen ja päivitysten suorittaminen malliin niin, että myös työmailla tehdyt muutokset säilyisivät.

Isona ongelmana on lisäksi se, että rakennusmallit eivät ymmärrä keilattuja pintoja, mistä johtuen valettua pintaa ei pystytä leikkaamaan oikeaan muotoon. Tarkoituksena olisi löytää ongelmalle paras väliaikainen ratkaisu.

Paras tapa on liittää malliin jokaisessa elementissä (seinissä, palkeissa yms.) käytetyt materiaalit (karvalaudat, injektointiputket, muottineliöt, käytetyt betonilaadut).

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmiä kuvataan siksi, että lukija saa käsityksen tutkimuksen tekemiseen käytetystä ajasta, lähdeaineistoista ja tekijän osaamisesta, pystyy arvioimaan ja vertailemaan työn laatua sekä tarvittaessa hankkimaan lisää tietoa tai tarkistamaan haluamansa tiedon.

Työn tekijällä on noin 25 vuoden työkokemus työnjohtajana rakennusalalla ja kolmen vuoden mittausalan työkokemus. Täällä hetkellä hän työskentelee mittausyönjohtajana Aalto-yliopiston metroaseman työmaalla.

1.4.1 Kirjallisuus

Työ edellytti perehtymistä tietomallinnusta ja rakentamishankkeen ajanhallintaa ja määrälaskentaa käsitteleviin ohjeisiin, tutkimuksiin ja opinnäytetöihin. Painopiste on pidetty työmailla käytössä olevassa ajankohtaisessa materiaalissa sekä teoriaperustan että käytännön ohjeiden suhteen. Materiaalina ovat olleet viralliset Talo 2000 -ohjeet sekä COBIM-hankkeen tuloksena syntyneet Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

1.4.2 Ohjelmat

Tutkimusaineistona käytettiin tietomallinnusohjelmistoa *Tekla Structures* ja *AutoCAD Civil 3D* suunnittelu- ja yhdistämishjelmia. Mittauskalustona käytettiin *Leica*- ja *Trimble*-täkymetrejä ja samojen yritysten ohjelmia. Opinnäytetyössä käytetty tietomalli tehtiin *Tekla Structures* -ohjelmalla, piirustuksia käsiteltiin *CADS GeoXY* -ohjelmalla.

1.4.3 Haastattelut

Meelis Vimb toimi mestarityön haastatteluvaiheessa ja muutenkin mittaus- ja määräseurantatyönjohtajana Aalto-yliopiston metroasematyömaalla ja on käyttänyt mallia määrälaskentaan ja mittaustiedostojen luontiin. Rakennusalan työnjohtoa ja kustannuksista sekä määrälaskennasta vastaavia henkilöitä haastateltiin kevään 2014 aikana Aalto-yliopiston metroaseman työmailla. Haastatteluissa tiedusteltiin työmaan työnjohdon kokemuksia rakentamishankkeen tuotannon määräseurannasta sekä kokemuksia ja mielipiteitä tietomallinnuksesta työn johtamisvälineenä, lisäksi pyydettiin kommentteja tietomallien käytön hyötyihin liittyen. Haastattelut suoritettiin vapaamuotoisesti työmaaolosuhteissa, yhtenäistä kysymyslistaa ei käytetty eikä haastateltavien nimiä julkaista.

Haastatteluissa ilmeni, että Aalto-yliopiston työmaalla on eritasoista tietomalliosaamista, enimmäkseen työntekijöiden omilta opiskeluajoilta, mutta harvalla haastateltavalla oli minkäänlaista käytännön kokemusta mallintamisesta eikä tietomalli ole yleensä ollut käytössä edellisillä työmailla. Työmaalla tietomallin käyttöönotto herätti mielenkiintoa lähinnä työmaan johdossa. Betonityönjohtajista mallista kiinnostui noin 30 prosenttia, ja sama osuus kaikista toimihenkilöistä arvioi, että lisäkoulutuksella heilläkin voisi olla jotakin hyötyä mallin käytöstä.

1.4.4 Case Aalto-yliopiston metroasema

Työn alkuvaiheessa tehtyjen työmaahaastattelujen perusteella päädyttiin siihen, että mallinnuksen ominaisuuksia voisi parhaiten tarkastella käytännön esimerkin kautta, laatimalla tietomalli oikeasta kohteesta. Päätettiin, että kohteen tulisi olla selkeästi rajattu, pienempi osa isosta työmaasta, ettei ohjeiden testaus muuttuisi hallitsemattomaksi. Esimerkin avulla tehtyjä ratkaisuja, tarkkuutta ja muutoslaskentojen nopeutta voitaisiin vertailla sekä perusmetodeilla sekä mallin avulla.

Aalto-yliopiston metroasematyömaa valittiin esimerkkikohteeksi, koska työn tekijä työskentelee siellä työnjohtajana, työmaalla oli sopivan kokoisia esimerkkikohteita ja kohteista oli saatavilla riittävästi tietoa sekä tietomallia että perinteisiä menetelmiä varten. Metroasematyömaa on myös opinnäytetyöhön sopiva kohde: Länsimetro on julkinen rakennushanke, siihen liittyvää tietoa on hyvin saatavilla ja kohde on esillä useissa medioissa.

2 Tietomallinnus

Tietomalli on rakennuksen kolmiulotteiden malli, johon on tarpeen mukaan lisätty erilaisia rakennuksen suunnitteluun, rakentamiseen sekä myöhempää huoltoa varten tarvittavia tietoja. Malleja on erilaisia, muun muassa arkkitehtuuriin, rakennesuunnitteluun ja talotekniikkaan liittyviä, ja eri malleissa on kuvattu erilaista tietoa.

Mallinnuksen tavoitteena on yleisesti suunnittelun ja rakentamisen laadun parantaminen sekä tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomallinnetuissa rakennuksissa pyritään hyödyntämään tietomallia koko rakennuksen elinkaaren ajan, alkaen suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana. (2, s. 2.)

Tarpeita huomioon otettaessa luodaan erilaisia tietomalleja, jotka vastaisivat parhaiten tilaajan odotuksia. Arkkitehdit ja erilaiset suunnittelijat luovat suunnitteluprosessissa kolmiulotteisen mallin (3D-malli), rakennusprosessissa malliin lisätään rakentamisen aikataulut (4D-malli) ja kustannukset (5D-malli), loppukäyttäjää varten mallista tehdään niin sanottu *AS-built* -malli, jossa näkyvät kaikki rakenteet ja laitteet (6D-malli).

Tässä mestarityössä käsitellään vain tiettyjä osia 3D- ja 6D -mallien luomisesta tuotantoprosessissa.

Julkisissa hankkeissa on sovittu, että vähintään *IFC 2x3* -sertifioitujen mallinnusohjelmien käyttö on sallittua, mutta hankekohtaisesti voidaan asettaa erityisvaatimuksia esimerkiksi käytettävän *IFC*-version tai erityisominaisuuksien suhteen. Suunnittelijoiden on tarjouksissaan mainittava käyttämänsä mallinnusohjelma, sen versio sekä sen tukeman *IFC*-muotoisen tiedoston versio. Osapuolien on sovitettava yhteen ohjelmistojen ja niiden versioiden vaihtaminen projektin aikana. Uusien versioiden käyttöönotto-vaiheessa on suoritettava tiedonsiirron testaus aina ennen lopullista käyttöönottopäätöstä. Muiden kuin *IFC*-sertifioitujen ohjelmistojen käyttö muille osapuolille luovutettavien mallien tekemisessä on sallittua vain tilaajan suostumuksella. Sisäisessä työskentelyssä ja dokumenttien tuottamisessa ei ohjelmistorajoituksia ole. (2, s. 2.)

Tietomallipohjaista suunnittelua varten on julkaistu erilaisia ohjeita ja vaatimuksia. COBIM-kehittämishankkeen tuloksena syntyneessä Yleiset tietomallivaatimukset 2012

-julkaisusarjassa on annettu yleiset suositukset mallintamiseksi sekä siitä, minkälaisia osioita eri malleissa käsitellään.

Nykyään tietomallinnuksessa on käytössä kaksi eri tiedonsiirtojärjestelmää, *LandXML* ja *IFC*.

LandXML on kaikille avoin tietojärjestelmä, jota käytetään pintojen mallinnusohjelmistoissa ja jonka tuloksena jokaiselle pinnalle tuotetaan X-, Y- ja Z-koordinaatit. *LandXML*-alusta on käytössä erityisesti maanrakennushankkeissa ja melkein kaikissa koneohjausjärjestelmien ohjelmistoissa.

IFC-standardi perustuu yhtenäiseen rakennusalan *ISO/PAS 16739* -standardiin. Standardia kehittää *IAI*-järjestö, joka tunnetaan laajemmin nimellä *BuildingSMART*. *IFC*:llä pystytään siirtämään ainoastaan rajattu määrä tietoa, kuten 3D-geometriaa ja parametreja, eikä sillä voida siirtää piirustusmuotoista tietoa, joten tietojen siirtämiseksi tarvitaan lisäksi muita ohjelmia.

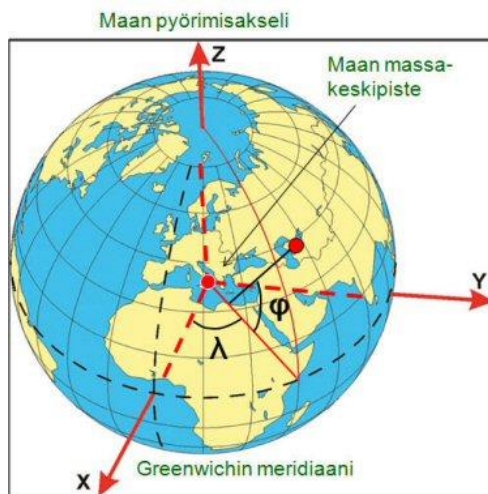
Suomessa eniten käytetyt ohjelmat, jotka tukevat *IFC* tietosiirtoa:

- *Active3D* (Archimem Group)
- *Allplan* (Nemetschek Group), arkkitehtisuunnitteluohjelmisto
- *ArchiCAD* (Graphisoft /Nemetschek Group), arkkitehtisuunnitteluohjelmisto
- *AutoCAD Architecture* (Autodesk), arkkitehtisuunnitteluohjelmisto
- *Bentley Architecture* (Bentley), arkkitehtisuunnitteluohjelmisto
- *DDS-CAD* (Data Design System), talotekniikan suunnitteluohjelmisto
- *MagiCAD* (Progman), talotekniikan suunnitteluohjelmisto
- *Navisworks* (Autodesk), ohjelmistoperhe mallien tarkasteluun, aikataulutukseen ja simulointiin
- *Revit Architecture* (Autodesk), arkkitehtisuunnitteluohjelmisto
- *Revit Structure* (Autodesk), rakennesuunnitteluohjelmisto
- *Revit MEP* (Autodesk), talotekniikan suunnitteluohjelmisto
- *Solibri Model Checker* (Solibri), mallien laadunvarmistusohjelmisto

- *Tekla Structures* (Tekla), rakennesuunnittelu- ja työmaahallintaohjelmisto
- *Tekla BIMsight* (Tekla), mallien yhdistely- ja törmäystarkasteluohjelmisto
- *Vizelia Facility Management* (Vizelia), kiinteistönhallintaohjelmisto

3 Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät

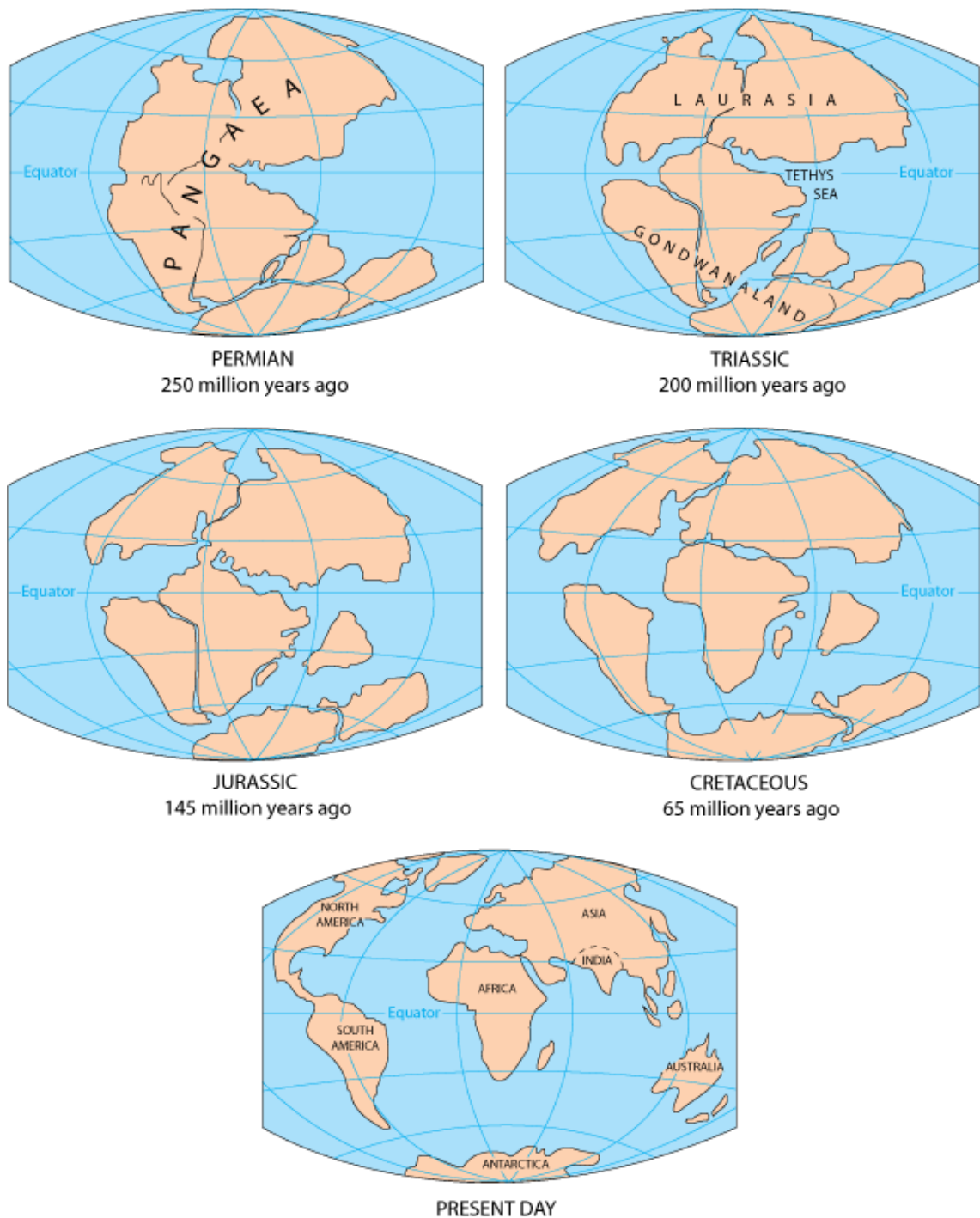
3D-koordinaatistoja on kahdenlaisia, suorakulmaisia tai maantieteellisiä (geodeettiset). Suorakulmaisissa eli avaruuskoordinaateissa koordinaatiston origo on siirretty maan massakeskipisteeseen, Z-akseli on suunnattu pohjoisnavalle ja X-akseli on suunnattu nollameridiaanin (Greenwichin meridiaani) suuntaisesti (ks. kuva 1). (3.)



Kuva 1. 3D-koordinaatit (4.)

Maantieteelliset koordinaatit ovat siitä huolimatta kulmamittoja. Kuvan maantieteellinen leveys φ (kreikkalainen *fi*) ja maantieteellinen pituus λ (kreikkalainen *lambda*) määritetään seuraavasti: Maantieteellinen leveys φ on ellipsoidin normaalin ja päiväntasaajatasen välinen kulma. Maantieteellinen pituus λ on pisteen meridiaanitason ja nollameridiaanin välinen. Käytännössä leveys on siis etäisyys päiväntasaajasta ja pituus on etäisyys nollameridiaanista. Maantieteellisistä koordinaateista saadaan geodeettiset kun lisätään korkeus ellipsoidista. Esimerkiksi saman pisteen avaruuskoordinaatit ovat $X=2689908$, $Y=1065915$, $Z=5665030$ ja maantieteelliset koordinaatit N $63^{\circ}06'$ E $21^{\circ}37'$. (3.)

Maailmanlaajuisen *ITRS*-koordinaatinjärjestelmän ongelmana on kuitenkin, että maankuori ei ole stabiili ja mannerlaatat ovat jatkuvassa liikkeessä (ks. kuva 2). Esimerkiksi Suomi liikkuu Euraasian mannerlaattaan mukana noin 2 cm vuodessa Pohjois-Amerikan mannerlaatasta poispäin. (3.)



Kuva 2. Mannerlaattojen siirtyminen (5.)

Vuodesta 2010 alkaen Suomessa otettiin käyttöön *ETRS89*-koordinaattijärjestelmä ja sen kanssa käytettävät tasokoordinaattijärjestelmät *ETRS-TM35FIN* ja *ETRS-GKn*. *ETRS89*:n pohjana on maailmanlaajuinen *ITRS*-järjestelmä. *ETRS-TM35FIN*-järjestelmää käytetään kartastotöissä, joissa koko Suomi on samassa projektiossa, maailmanlaajuisesti kaistalla 27° . *ETRS-GKn*-järjestelmää käytetään isommissa

mittakaavoissa, ja Suomi on jaettu kapeammiksi kaistoiksi, kolmetoista kaistaa 19°-31° välissä, jonka tuloksena tarkkuus paranee.

Ennen vuotta 2010 Suomessa oli käytössä KKJ-järjestelmä, ja ennen sitä VVJ-järjestelmä. Monimutkaiseksi Suomen koko koordinaattijärjestelmän tekee sekin, että mittaus- ja karttatiedostoja löytyy kaikissa järjestelmissä, ja lisäksi kunnilla on ollut käytössä vielä omat järjestelmät. Pakkaa sekoittaa vielä, että myös korkeusjärjestelmät ovat täysin muuttuneet, nykyisin käytössä on N2000-järjestelmä, erot korkeudessa ovat esimerkiksi aikaisemmin yleisimpänä käytössä olleeseen N60-järjestelmään 20:stä 50:een senttimetriin.

Erilaisia sovelluksia koordinaattimuunnosten tekemiseksi löytyy monesta eri paikasta, esimerkiksi Geodeettisen laitoksen verkkosivuilta, <http://coordtrans.fgi.fi/>.

4 Ongelmien kartoitus

Mallin mukana ei tule tietomalliselostusta, mallia ei ole ryhmitetty kerroksittain tai alueittain.

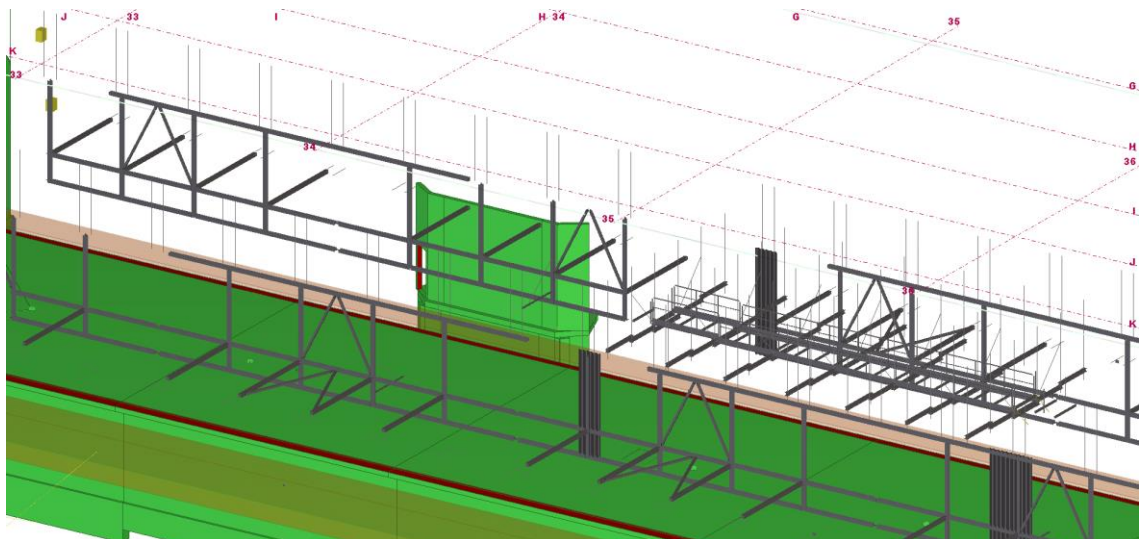
Ongelmana eri mallien luomisessa on, että erilaiset ryhmät käyttävät mallintamiseen erilaisia ohjelmia eivätkä ohjelmat kommunikoi riittävästi toistensa kanssa. Ongelmalle on pyritty löytämään ratkaisu yhteisen tiedonsiirtoformaatin (*IFC*) luomisella, mutta kaikkia ongelmia ei ole kuitenkaan pystytty ratkaisemaan.

IFC- ja *LandXML* -tiedonsiirtojärjestelmät eivät pysty kommunikoimaan keskenään.

Tietomallit tulevat työmaan käyttöön *IFC*-mallina. Mallia pystytään hyödyntämään mittautiedostojen luonnissa ja rakenteiden paikalleenmittaukseen, mutta sitä ei pystytä käyttämään määrien seurannassa.

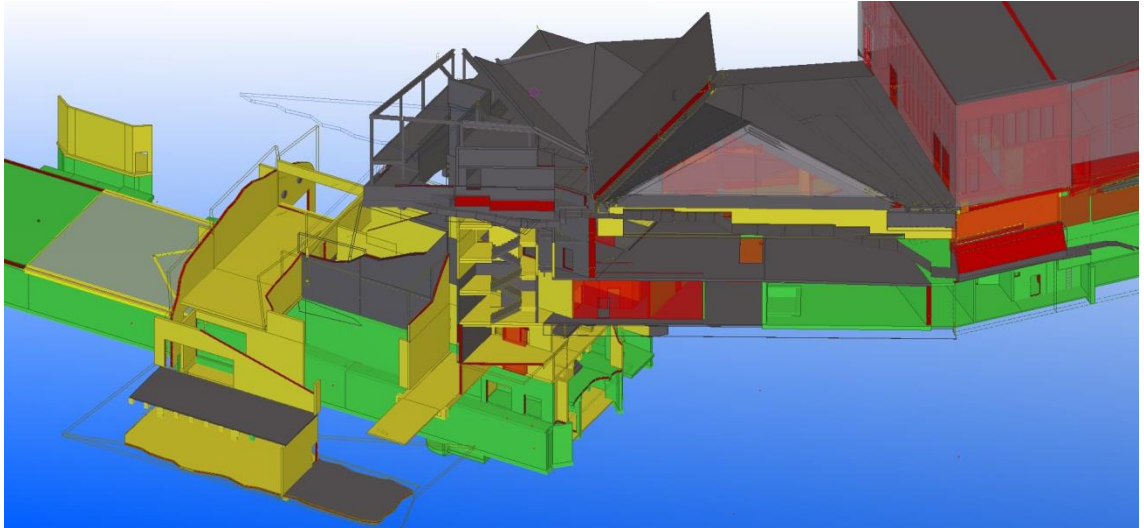
Uudemmassa (20.0) *Tekla Structure* -ohjelmassa on ratkaistu yksi ongelmista, *IFC*-mallista pystyy laskemaan myös määriä.

IFC-malleista puuttuu tietoja: kun *IFC*-objektit konvertoidaan *Native*-objekteiksi, kaikki objektit eivät konvertoidu, koska niiltä puuttuu ominaisuuksia (ks. kuva 3).



Kuva 3. Iso osa teräsrakenteista puuttuu konvertoinnin jälkeen

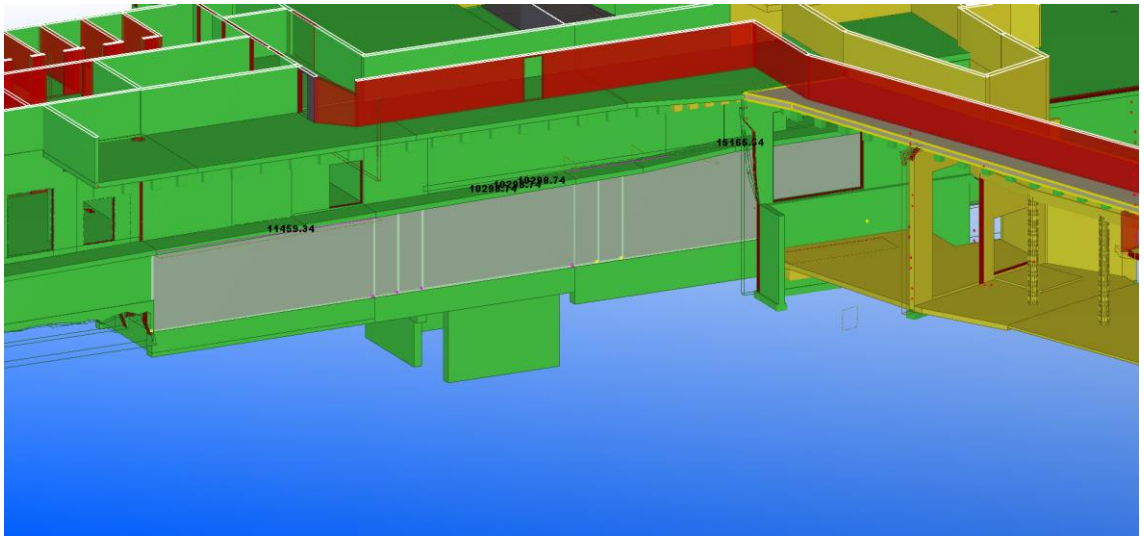
Ongelmana on myös se, että käytettävä malli ei ole vielä lopullinen malli, suunnitelmat eivät ole valmiita ja malli muuttuu. Seuraavassa kuvassa 4 näkyvät harmaana rakenteet, joista työmaa ei ole saanut rakennesuunnitelmia, kuvasta näkyy myös, että osa rakenteita puuttuu kokonaan. Mallista puuttuvat seinätyypit (KS2, KS5 yms.), betontyytit ym.



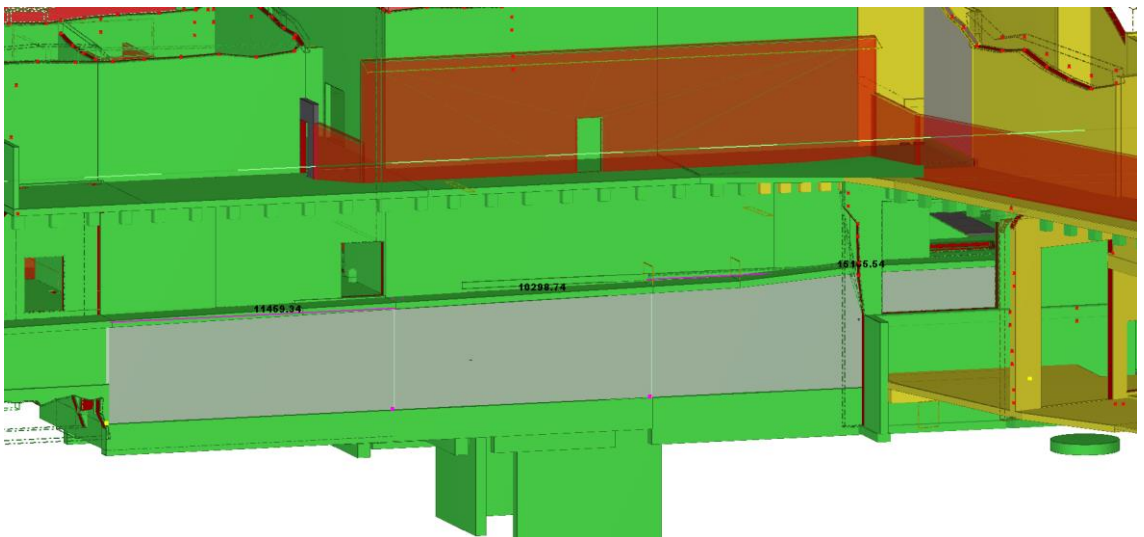
Kuva 4. Keskeneräinen tietomalli

Määrälaskennassa ja tilaajan hyväksyntää varten käytetään erilaisia alueita. Määrälaskennassa lasketaan esimerkiksi kaikki seinään liittyvät osat (injektointiputket, työsau-maraudoitteet, saumanauhat ym.) erikseen. Järkevämpi tapa kuitenkin olisi, että kaiken pystyisi kohdistamaan mallin avulla esimerkiksi samaan betonirakenteeseen.

Määrien laskenta mallista on epätarkkaa, jos mallissa on päällekkäisiä rakennusosia kuten kuvassa 5. Kuvassa 6 päällekkäiset rakenteet on korjattu, taulukoissa 1 ja 2 näky miten päällekkäisyys vaikuttaa määrien laskentaan.



Kuva 5. Seinät päällekkäin mallissa



Kuva 6. Seinät tarkistettu ja korjattu

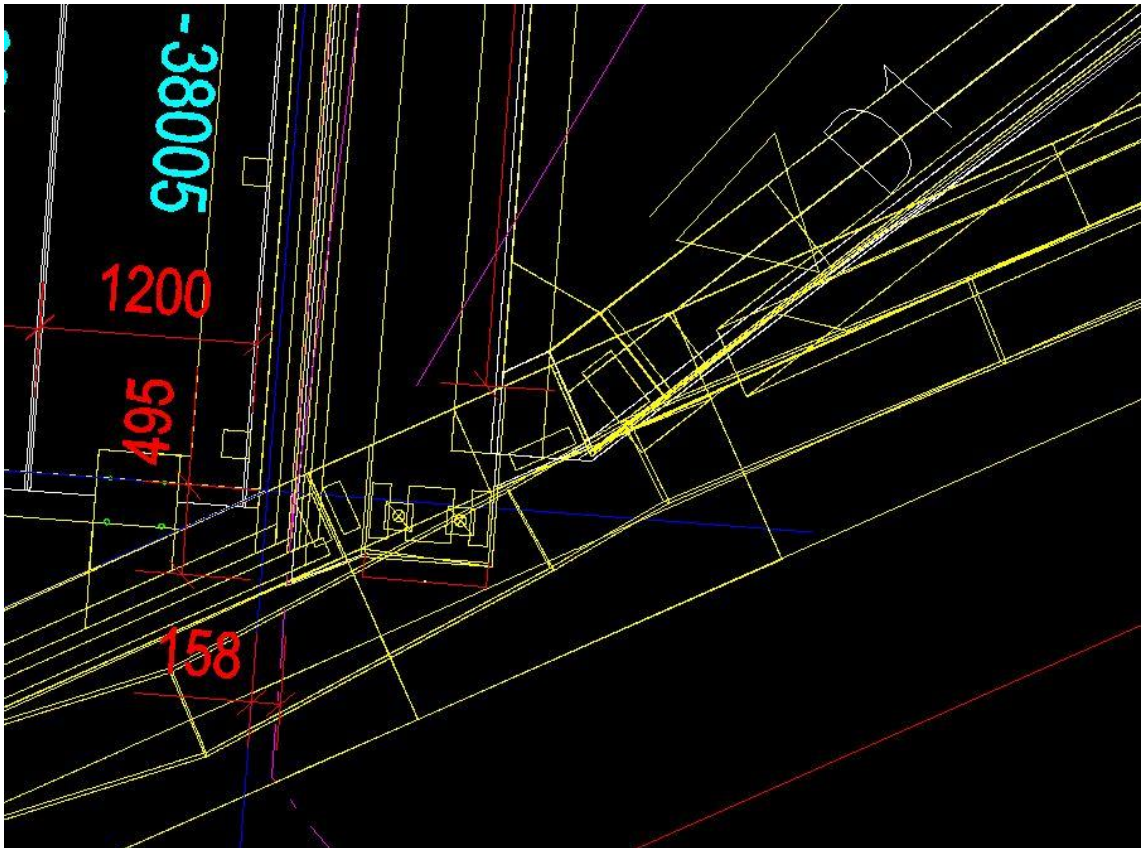
Taulukko 1. Määrät ennen korjausta

Profile	Top level / mm	Height / mm	Length / mm	Width / mm	Volume / m3	Weight / t
4450*250	-16 750	4 450	15 166	250	16,3	40,834
4150*250	-17 113	4 052	10 299	250	10,3	25,634
4150*250	-17 130	4 052	10 299	250	10,3	25,634
4150*250	-17 148	4 052	10 299	250	10,3	25,634
4100*250	-17 290	3 910	11 459	250	11	27,44
					57 521	58,1 145,177

Taulukko 2. Korjatut määrät

Profile	Top level / mm	Height / mm	Length / mm	Width / mm	Volume / m3	Weight / t
4450*250	-16 750	4 450	15 166	250	16,3	40,834
4150*250	-17 050	4 150	10 299	250	10,3	25,627
3950*250	-17 250	3 950	11 459	250	11	27,44
			36 924		37,6	93,9

Usein ongelmana on se, että mallit on piirretty mittaustiedostojen luontia varten epätarkasti tai mallista tuotetut piirustukset ovat epätarkkoja ja vaikeasti luettavia kuten kuvassa 7.

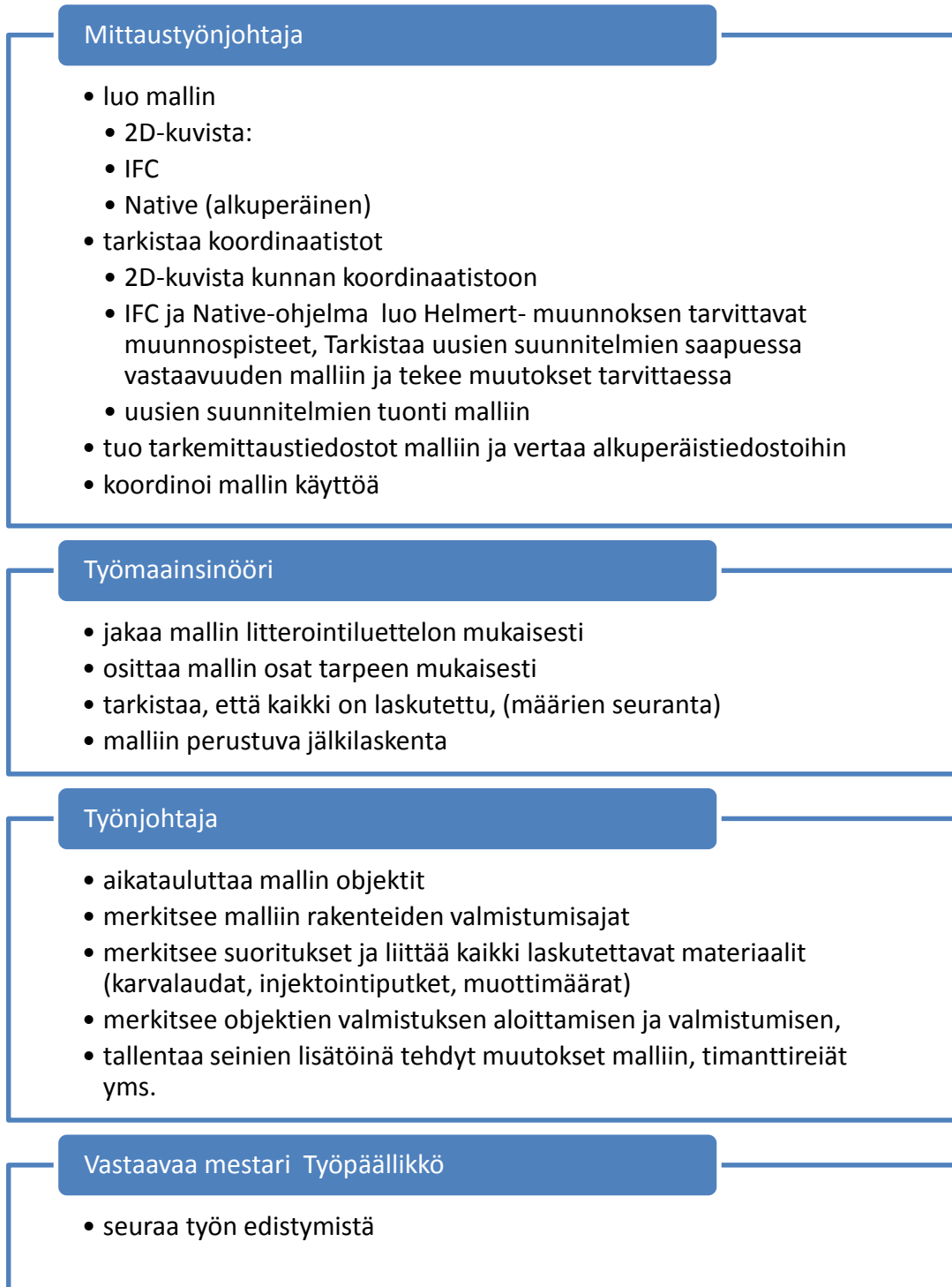


Kuva 7. Tietomallista tehty DWG-tiedosto

Tilanteissa, joissa saadaan keskeneräinen malli eikä suunnittelu ole valmista, ei pystytä tilaamaan tarvittavia materiaaleja.

5 Prosessikaavio työmaata varten

Alla olevassa kaaviossa on luokiteltu työmaata varten eri toimihenkilöiden vastuualueet ja tehtävät.



Kuva 8. Prosessikaavio

6 Tietomallin luominen tuotantoa varten

6.1 Valmiin mallin käyttöönotto

Suunnittelijalta saatu valmis *Native*-tietomalli, *Tekla Structures* -ohjelmalla luotu db1-tiedosto (ks. kuva 9), tallennetaan tulevaan mallikansioon. Huomioon otetaan, että kansio ja db1-tiedosto nimetään samalla nimellä (ks. kuva 10) – muuten ohjelma ei tunnista tiedostoa.

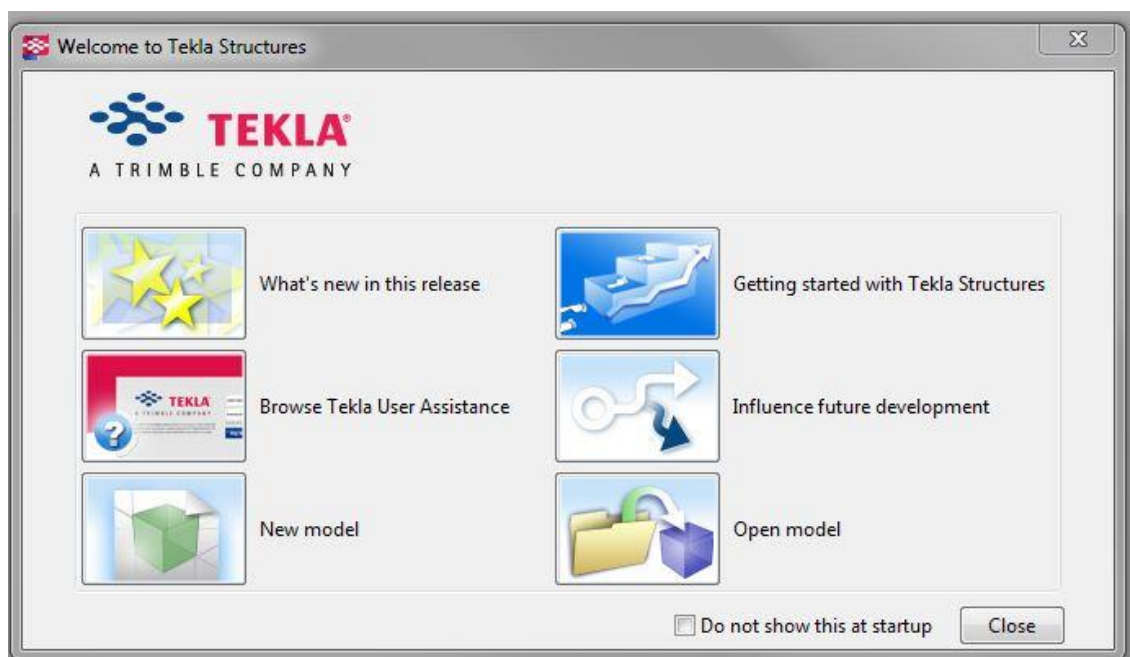


Kuva 9. Kansion nimi



Kuva 10. Tiedoston nimi

Kun tiedosto on tallennettu, avataan Tekla Structures -ohjelma, ilmestyneestä valikosta (ks. kuva 11) avataan → *Open Model*.



Kuva 11. Uuden mallin luominen

Avataan uusi ikkuna → *Open*, ikkunasta valitaan → *Browse* ja etsitään kansio, jonne db1-tiedosto on tallennettu. Huomioi, että kansiota ei saa avata vaan se pitää osoittaa näytöltä (sininen). Jos kansio on valittu oikein, *Model name* -kenttään ilmestyy mallin db1-tiedoston nimi. Klikatessa OK tietomalli aukeaa.

Mittaustyönjohtaja tarkistaa, että malli vastaa piirustuksia ja käy läpi tarkastuslistan, katso Liite 1

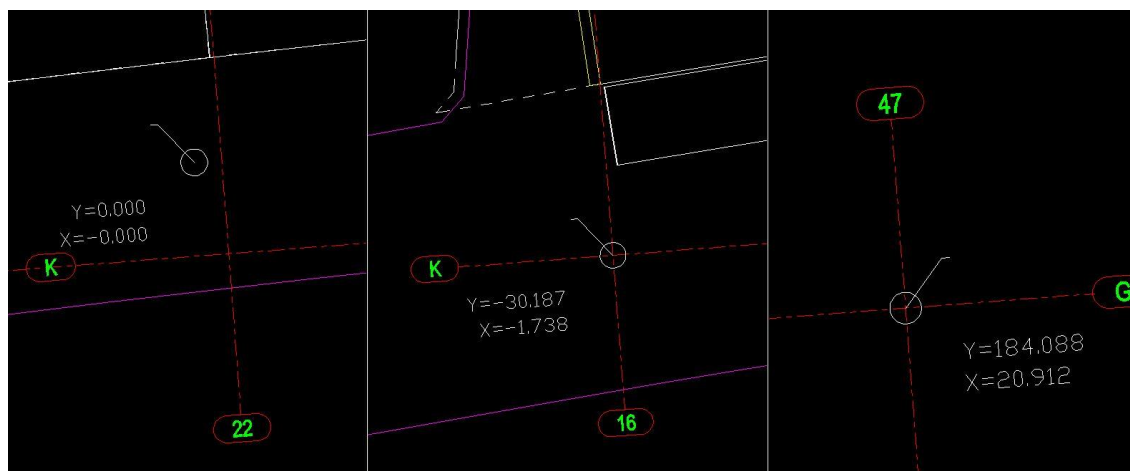
Mittaustyönjohtaja tarkistaa mallin koordinaatiston, tarvittaessa luo paikalliskoordinaatiston ja sitoo sen kunnan koordinaatistoon.

Tietomalleissa projekteille on yleensä määritelty oma koordinaatisto, projektikohtaisen koordinaatiston origo yritetään sijoittaa lähelle rakennusta niin, että koordinaatit olisivat positiiviset. Suunnittelua kunnan koordinaatistoon ei suositella, koska tietomallin sijainti kaukana origosta voi aiheuttaa erilaisia ongelmia useimmille suunnitteluohjelmistoille. (2, s. 3.)

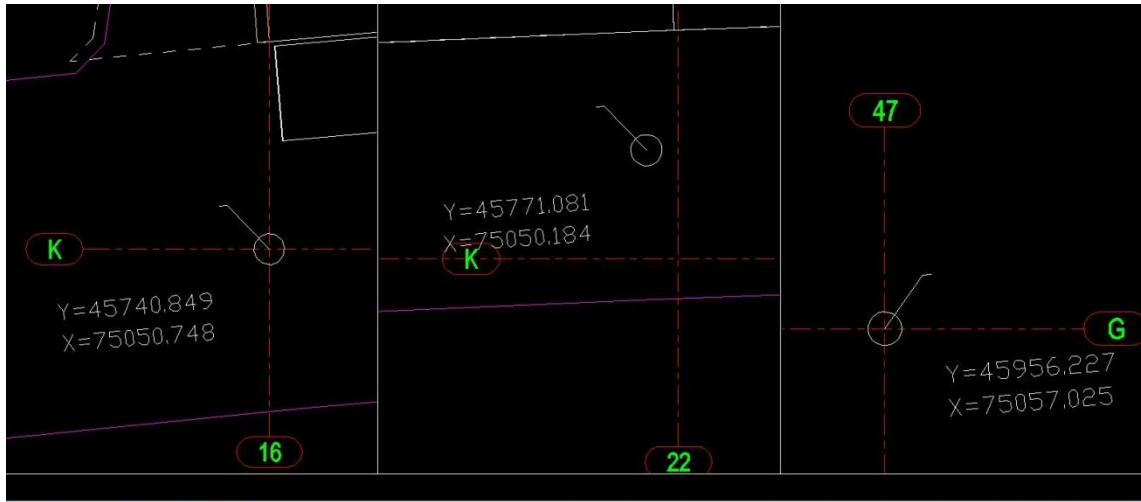
Nykyaikaiset täkymetrit pystyvät kuitenkin käsittelemään kaikenlaisia koordinaatistoja, ja rakennus itse pitäisi olla sidottu kunnan koordinaatistoon. Edellä mainitun pohjalta tuloksena on, että kun tietomalli on projektikoordinaatistossa, kunnan koordinaatitkin pitäisi kääntää projektikoordinaateiksi.

Esimerkiksi Aalto-yliopiston metroaseman työmaalla projektin origo sijaitsee täysin mielivaltaisesti valitussa paikassa suhteessa moduuliverkkoon (ks. kuva 12). YTV:n ohjeiden mukaisesti projektin origo olisi tullut sijoittaa moduulien K ja 16 risteyspisteeseen, koska kyseinen risteyspiste on asemahallin negatiivisin piste. Nykymallissa pisteelle kuitenkin muodostuvat negatiiviset koordinaatit $X=-1.738$ ja $Y=-30.187$, mikä YTV:n mukaan ei ole suositeltavaa. Asemahallin toisen pään positiivisimmat moduulit ovat moduulit G ja 46, eli näiden risteyspiste otetaan toiseksi pisteeksi Helmertmuunnoksien tekoa varten (koordinaatit $X=20.912$ ja $Y=184.088$).

Muunnoksien tekemistä varten tulee suunnittelijan dokumentoida vähintään kahden pisteen sijainti suhteessa kunnan koordinaatistoon. (2, s. 3.)



Kuva 12. Asemahallin projektikohtaiset koordinaatit



Kuva 13. Asemahallin kunnan koordinaatit

Työmaainsinööri tai alueen työjohtaja luokittelee mallin objektit työmaan litteroinnin tai tarpeiden mukaisesti.

Alla olevassa kuvassa esimerkkinä on jälleen Aalto-yliopiston metroaseman työmaalla tehty lajittelu, jossa paikallavalun elementit on lajiteltu tarpeen mukaisesti.

Building (rakennus): PS (pääsisääkäynti) → *Floor* (kerros) -5.4 ja erilaiset rakennetyypit, jotka kuuluvat kyseiseen rakennukseen ja kerrokseen, → MV-laatta, Antura, Holvi.

Name	Content type	Material type	Material	Position number	Profile	Top level / mm	Height / mm	Length / mm	Width / mm	Volur
LAATTA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	80*5420	-5.950	5.420	28.674	80	
LAATTA-ANTURA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	400*6906	-5.410	6.906	14.738	400	
LAATTA-ANTURA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	300*1300	-6.410	3.300	4.800	300	
LAATTA-ANTURA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	D3000	-8.400	3.000	1.400	3.000	
LAATTA-ANTURA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	100*400	-6.160	100	4.800	400	
LAATTA-ANTURA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	400*100	-6.310	400	4.800	100	
LEPOTASLAATTIA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	200*895	-3.780	895	1.375	200	
LEPOTASLAATTIA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	200*1200	-4.320	1.200	1.248	200	
LEPOTASLAATTIA	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	300*1200	-3.610	1.200	2.334	300	
MAANVARAINENLAATTI	PART	CONCRETE	C30/37	P/0(?)	120*1302	-4.509	1.302	15.298	120	

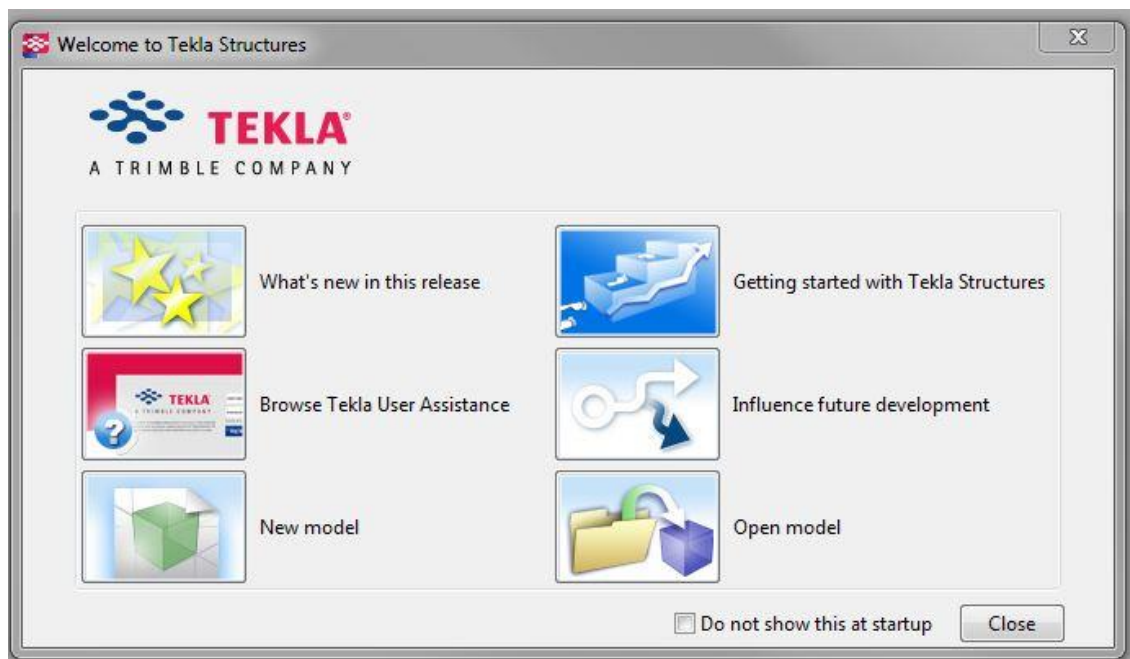
Kuva 14. Tarpeiden mukaisesti tehty lajittelu

Työmaankohtaisesti lajittelu on kuitenkin melko hidasta työtä (Aalto-yliopiston työmaalla betonirakenteita on noin 11 000 m³, johon meni noin 5 työpäivää), mutta kun se on tehty, kaikki muut prosessit (määrälaskenta, aikataulut, seuranta) helpottuvat merkittävästi.

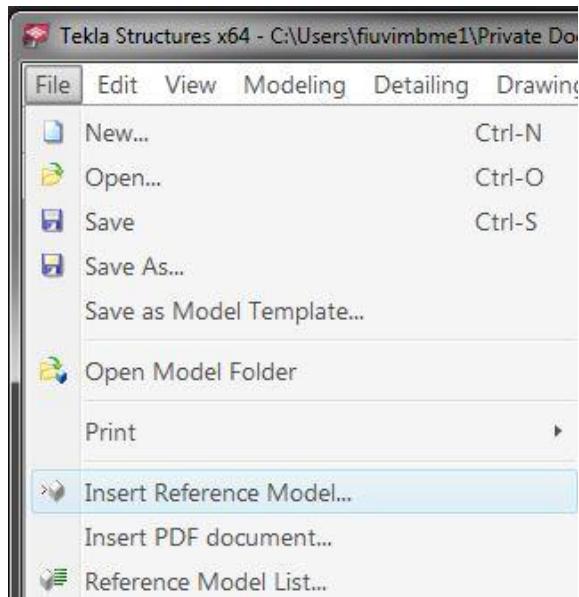
6.2 IFC-mallin käyttöönotto

Silloin kun tilaajalta on saatu IFC-tiedosto rakennuksesta, mittaustyönjohtaja luo tietomallin IFC-tiedostosta.

Avataan uusi malli → *New model* ja tuodaan → *import*-komennolla sinne IFC –tietomalli.

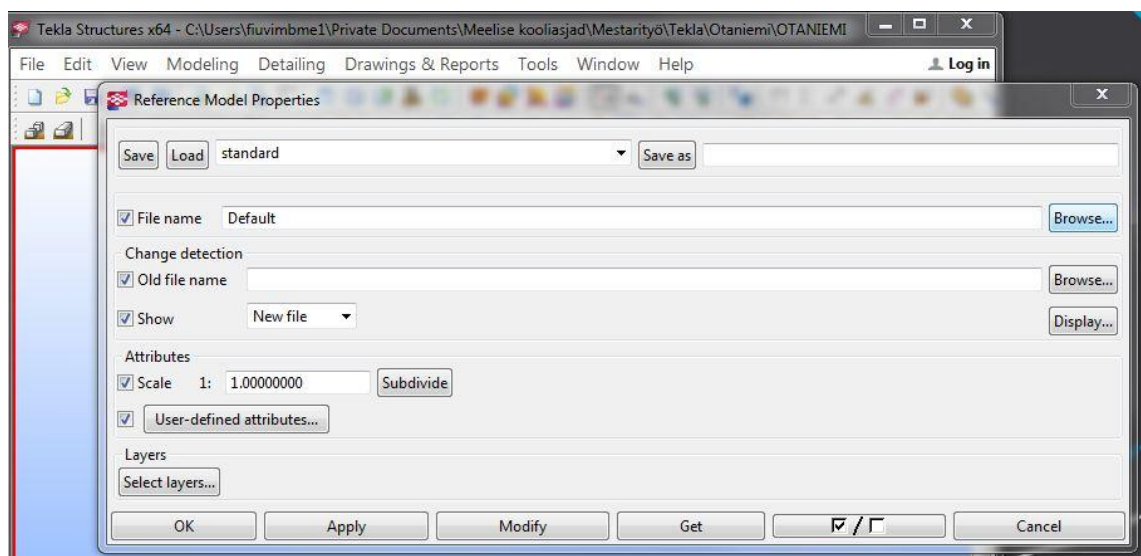


Kuva 15. IFC-mallin avaamine



Kuva 16. Insert reference model

Seuraavaksi aukeaa ikkuna → *Refernce Model Properties*, kolumnolla → *Browse* (ks. kuva 17) löydetään oikea tiedosto.

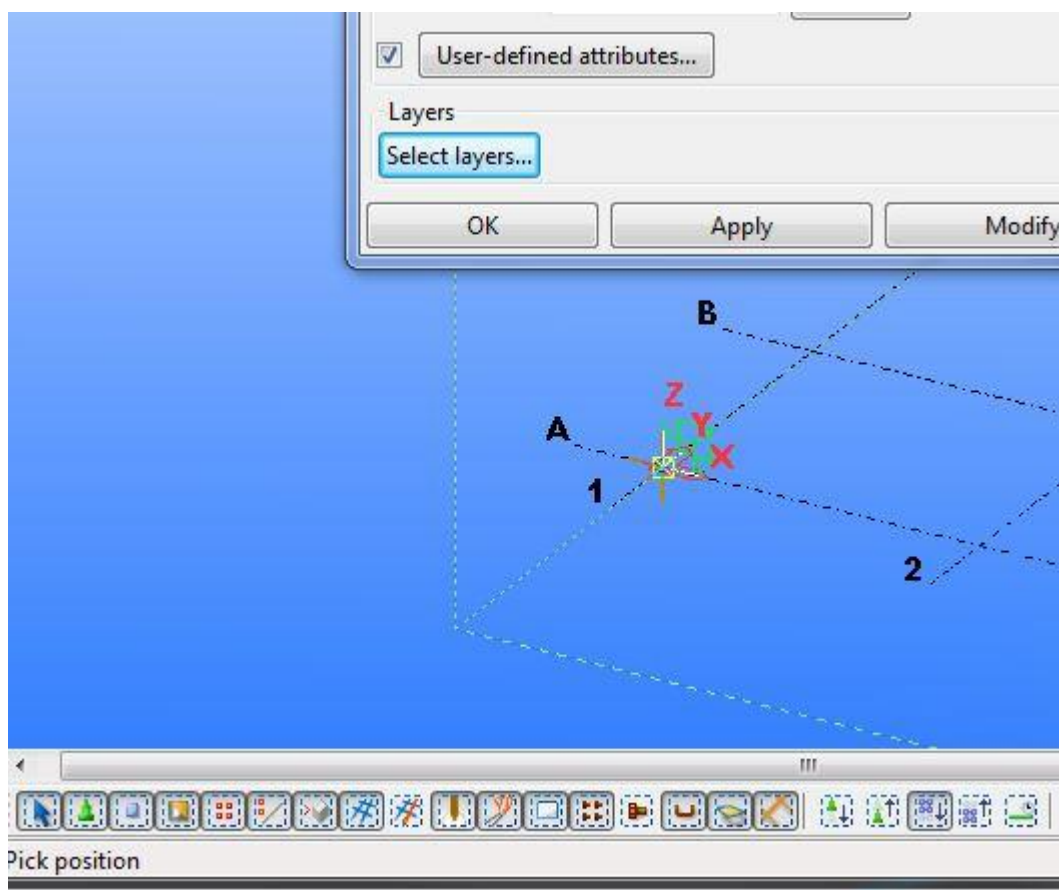


Kuva 17. Reference model properties

Seuraava tärkeä toiminto, kun oikea tiedosto on löydetty, on painaa nappia → *Apply*. *Tekla Structures* -ohjelma itse ei valittavasti pysty heti ottamaan huomioon muiden referenssikuvien piirustustasoja, ja komento tuo nyt piirustustasot ohjelmaan. Jos ei

tarvita kaikkia tasoja, voi avata → *Select layers* -painikkeella tasoluettelon ja valita vain tarvittavat piirustustasot.

Myöhemmin, kun tasot on valittu, mallissa pitää osoittaa origon sijainti referenssikuvalla kuten kuvassa 18. Yleensä nollapisteenä käytetään pistettä, jossa kaikki koordinaatit (X,Y,Z) ovat nollassa.



Kuva 18. Origin asettaminen

Muutetaan objektit *IFC*-objekteista *Native*-objekteiksi → *Tools* → *Convert IFC objects*.

Käytännössä ei ole tarvetta muunnella objekteja natiiveiksi, jos mallia käytetään esimerkiksi vain mittaukseen. *IFC*-tietomallin käytössä yhtenä ongelmana voi olla se, että esimerkiksi Tekla Structures ei pysty tarttumaan pyöreiden objektien keskipisteeseen eikä pysty suoraan tekemään mittapisteitä muun muassa pulteista ja pyöreistä pilareista. Käytännössä on ilmennyt, että *Native*-objekteiksi käännettäessä kaikki objektit eivät käänny natiiveiksi tai muuttavat muotoa.

Tilanteissa, joissa käytössä on vain alkuperäinen *IFC*-malli, jota ei ole vielä suunniteltu valmiiksi, mittaustyöjohtaja päivittää mallia kuvien saapumisen yhteydessä.

Silloin kun suunnittelijat luovuttavat urakoitsijalle esimerkiksi viikoittain tietomallin vain *IFC*-muodossa, pitää seurata, että muutetut rakenteet ilmenevät tietomallissa selkeästi ja että mallin päivittäminen onnistuu työmaalla ongelmitta. Mallin luovutuksen yhteydessä pitäisi tulla myös uusi tietomallin selostus.

IFC-mallin käyttämisessä on ongelmana, että mikäli objektit konvertoidaan *natiiveiksi* ja luodaan omat objektit, kaikki suunnitelmiin tehdyt muutokset eivät näy mallissa.

6.3 Mallin luominen 2D/3D-kuvista

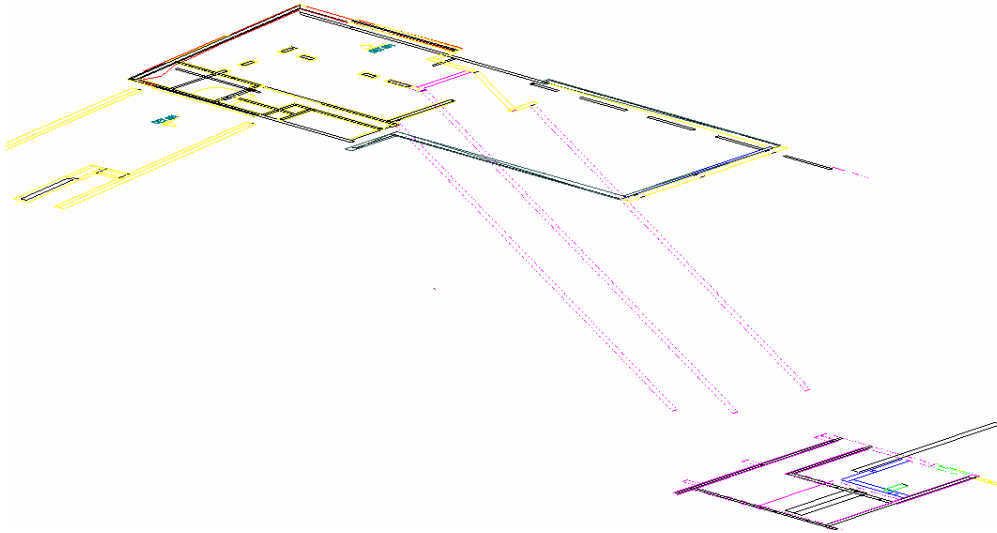
Myös siinä tapauksessa, että työmaalla ryhdytään mallintamaan ja malli tulee vain työmaan omaan käyttöön, on suositeltavaa ottaa huomioon YTV:n vaatimukset. Mallintamisen tulosta on silloin helpompi hyödyntää eri tasoilla myöhemmin.

Helpoin tapa mallintaa on käyttää pohjana *CAD*-kuvia ja piirtää tietomalli suoraan niihin.

2D-kuva siivotaan ylimääräisestä. Tämän etapin voi jättää väliin, mutta myöhemmin on vaikeampi tarttua referenssikuviin, koska niissä on paljon erilaisia merkintöjä. Siivoamisen voi jättää väliin myös silloin, kun piirustus on piirretty niin, että siitä pystyy valitsemaan pelkästään halutut tasot. Oikeiden tasojen valinta voi kuitenkin osoittautua vaikeaksi nykypäivänä, kun kuvien laatuun ei enää panosteta ja paljon eri asioita piirretään samoille tasoille täysin erityyppisillä viivoilla. Tuloksena ovat sotkuiset kuvat, joissa on paljon tarpeetonta tietoa mallinnuksen näkökulmasta, eikä silloin auta vain tasojen sammuttaminen tai syyttäminen.

Tekla Structures -mallinnusohjelmassa mallintaminen onnistuu helpommin kun 2D-piirustuksesta on tehty 3D, mikä tarkoittaa, että siihen on lisätty korkotiedot. Jos referenssikuva on ilman korkotietoja, 2D-kuviin piirretyt objektit piirtyvät 0-tasolle ja jokaisen objektin joutuisi siirtämään oikealle korolle manuaalisesti. Korokojen lisääminen piirustukseen on työlästä, ja toivottavasti tulevaisuudessa *CAD*-kuvat piirretään korkotietojen kera. Ennen referenssikuvan siirtämistä mallinnusohjelmaan pitäisi ainakin vinopinnoille silti lisätä korkotiedot.

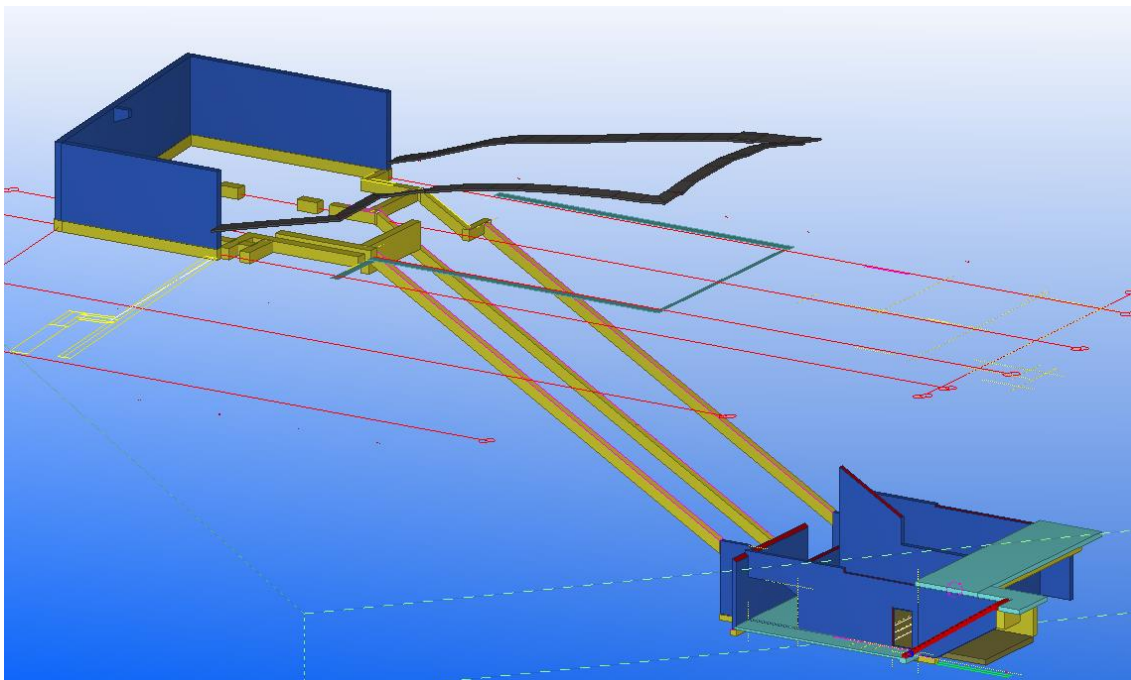
Vinopinnan mallintaminen on vaikeaa, ja tietomallin vinorakenteille tulisi olla tarkat lähtöpisteet, joihin malli liitetään. Esimerkkinä kuva 19 Aalto-yliopiston Tietotien sisäänkäynnistä; sisäänäntulorakennuksen anturat on viety oikeille koroille, maanpinnalle tulevat anturat näkyvät vinoina, nousten korolta -15.8 korolle 0.6.



Kuva 19. 2D:stä tehty 3D-korkotiedot lisätty

2D/3D-kuva tuodaan tyhjään mallipohjaan joko rakennuksen omassa koordinaatistossa tai kunnan koordinaatistossa referenssikuvana, katso 6.2 ohjeistus referenssikuvan tuonnista. Jos tietomalli luodaan vasta työmaalla, suositellaan pysymistä kunnan koordinaatistossa, sillä se helpottaa myöhemmin tietojen antamista viranomaisille ja ylimääräiset koordinaattimuunnokset ja virheet jäävät pois.

Tietomalli piirretään siihen tuotuun referenssikuvaan myöhemmin paperikuvista.



Kuva 20. Referenssikuvaan piirretty malli

7 Mallin hyödyntäminen työmaalla

Yritykset hyödyntävät tietomalleja rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheissa muun muassa seuraavissa toiminnoissa:

- kohteeseen ja sen suunnitelmiin perehtyminen ja tiedonhaku
- tarjousvaiheessa, hankinnoissa ja työmaatoteutuksessa
- määrien laskenta tarjouslaskentavaiheessa sekä rakentamisaikana hankintoja ja tuotannosuunnittelua varten
- yleinen rakentamisen aikainen toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto
- tuotannon 4D-aikataulus ja työjärjestysten suunnittelu sekä toteutumatilanteen havainnollistaminen eri suunnittelualojen mallien yhdistäminen mm. talotekniikan asennusjärjestysten ohjaamista varten ja rakennettavuustarkasteluihin
- rakenteiden sijaintitiedon siirto mittalaitteisiin

- työmaa-alueen käytön suunnittelu ja turvallisuussuunnittelu, kuten esim. pu-toamissuojaussuunnittelu. (6, s. 3.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin vain määrä seurantaan ja sijaintitiedon siirtoon mittauslaitteiden ja tiedostojen välillä.

7.1 Mallin päivittäminen

Tietomallin päivittäminen työmaalla on mahdollista silloin, kun suunnittelija ei päivitä itse mallia. Jos sopimuksen mukainen vastuu mallin päivittämisestä on suunnittelijalla, työmaan toimihenkilöt eivät tietenkään pysty tekemään muuta kuin vain tarkistamaan päivitysten laadun.

Mallin päivittäminen työmaalla palvelee kuitenkin useita asioita: työmaalla ovat reaaliaikaisesti näkyvissä kaikki muutokset, myöhemmin ongelmatilanteissa pääsee tutustumaan piilossa olevien rakenteiden toteutustapaan ja sijaintiin.

Helposti pääsee myös seuraamaan erilaisten suunnitelmien ja rakenteiden valmistusaikoja, mikä on lähtökohtana kaikille lisä- ja muutostöille. Esimerkiksi Aaltoyliopiston työmaalla piirustusten saapumisen seuranta on erityisen vaativa tehtävä, koska iso määrä piirustusten päivityksiä saapuu myöhässä vasta sen jälkeen, kun betonirakenteet ovat valmiita.

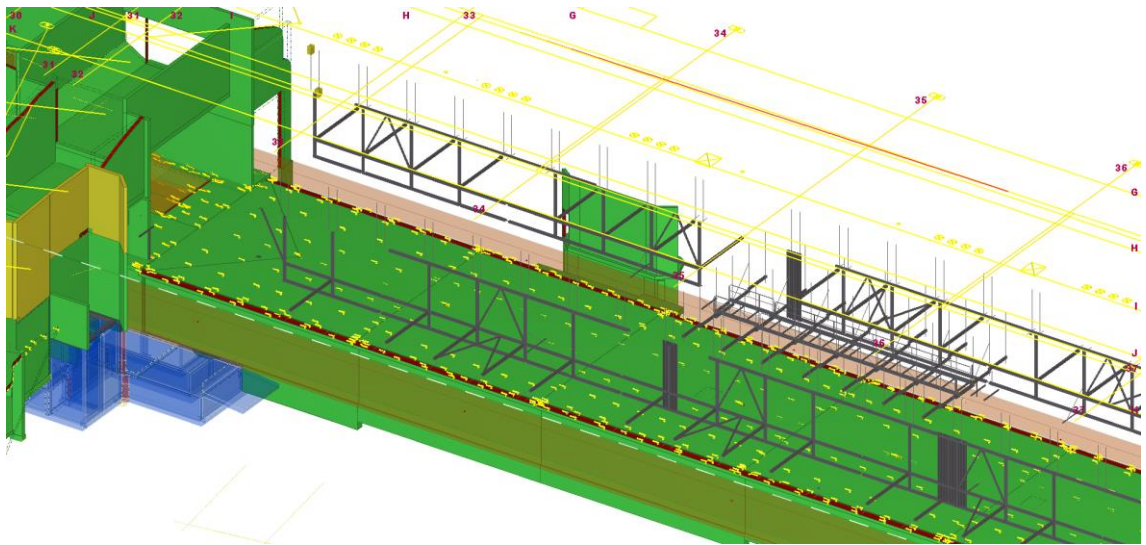
7.1.1 Mittaustyönjohtaja

Mittaustyönjohtaja päivittää malliin piirustuksien muutokset ja tarkistaa varaustiedot.

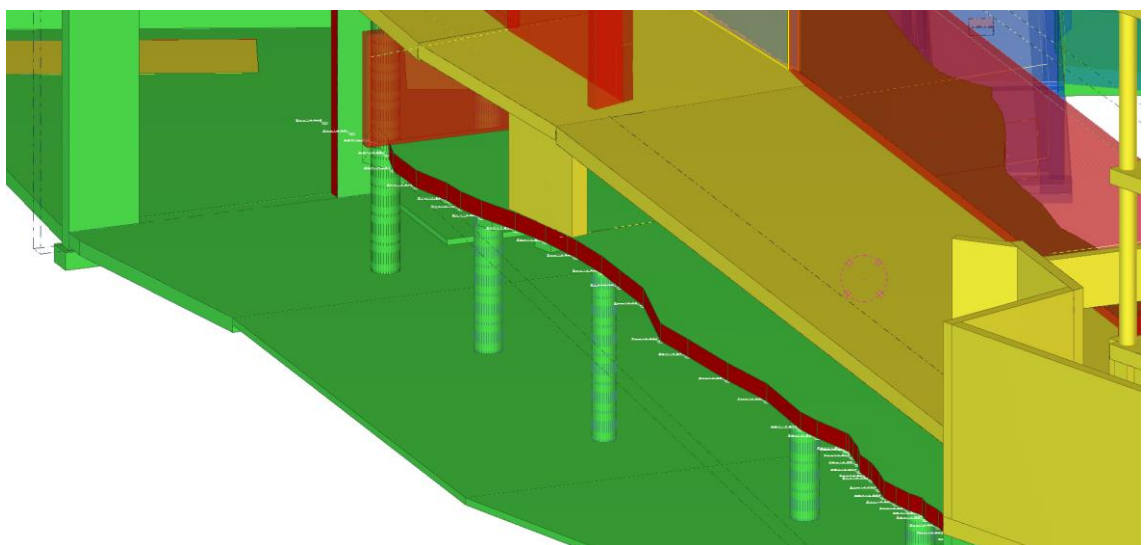
Työmaan yleinen ongelma tuntuu olevan, että varauksia ei tehdä reikäsuunnitelmien mukaan vaan varaukset tehdään myöhemmin timanttitorauksen avulla. Todellisuudessa on kuitenkin niin, että reikäkuvien päivittyessä ei yleensä ehditä seurata, onko kyseiset rakenteet jo tehty valmiiksi tai ehtiikö varauksia tehdä vielä ennen betonointia. Ongelmana on, että jos urakkamuotoina ovat määrä seuranta tai laskutyöurakka, tilaajan edustaja tarvitsee todisteita, että kyseiset reiät ovat puuttuneet alkuperäisistä reikäkuvista. Jos mittaustyönjohtaja on kuitenkin päivittänyt reikäkuvat tietomalliin, työnjohtaja voi varmistaa heti tarvittavien varausten olemassaolon eikä myöhemmin synny kysymystä, tulivatko suunnitelmat ajoissa vai eivät.

Suunnitelmien saapuessa työmaalle tai tietoportaaliiin mittaustyönjohtaja päivittää suunnitelmien muutokset tietomalliin ja lisää suunnittelun päättymisen päivämäärän sekä lähettää työnjohtajalle päivityksen saapuneista ja tarkistetuista suunnitelmista. Saman paikkaan pystytään myös lisäämään suunnitelmien toivotut saapumispäivämäärät.

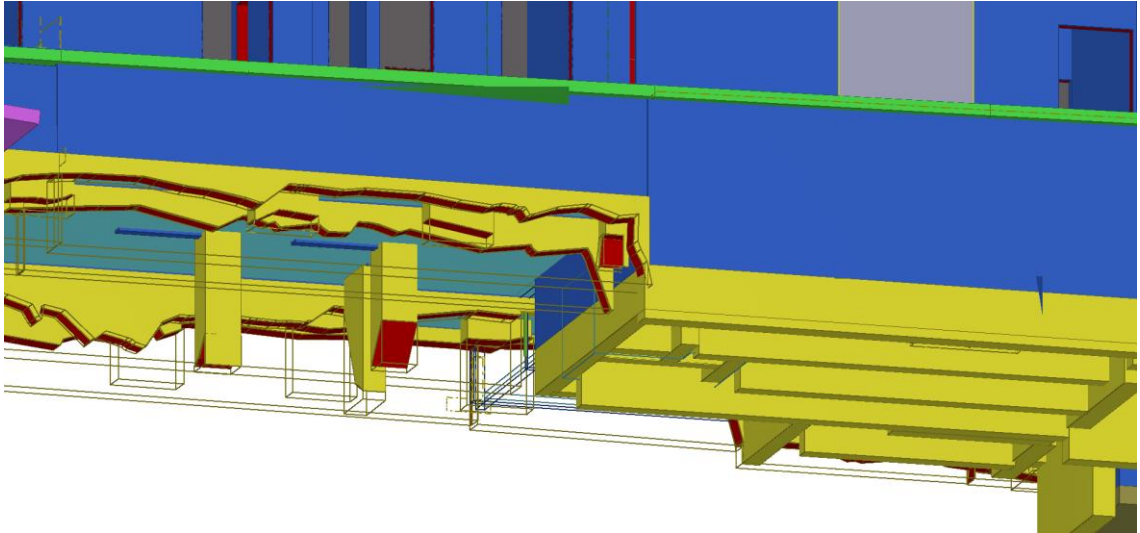
Betonirakenteiden valmistuessa mittaustyönjohtaja lisää mallin tarkemittaustiedostot kuten kuvassa 21 ja muokkaa tietomallin *As-Built*-malliksi (ks. kuvat 22 ja 23). Tarkemittaustiedostot tuodaan tietomalliin tarpeen mukaisesti pisteinä tai referenssikuvana.



Kuva 21. Tarkemittaustiedosto referenssikuvana



Kuva 22. Tarkemittaustiedostojen mukaan leikattu välipohjan laatta



Kuva 23. Tarkemittaustiedostojen mukaisesti muotoillut anturat

7.1.2 Työnjohtaja

Työnjohtaja lisää valupäivät, raudoituksen ja muotit (suunniteltu /toteutunut). Hän lisää kuittaukset tilaajalta / valvojalta.

7.1.3 Työmaainsinööri

Työmaainsinööri tarkista määrät, ja varmista, että kaikki seinään liittyvät tarvikkeet on huomioitu.

8 Mittaustiedoston käsittely

Mittaustiedostojen käsittelyä varten CAD-ohjelmalle tarvitaan tavallisesti jonkinlainen lisäsovellus. Esimerkiksi Suomessa eniten käytetyistä sovelluksista *AutoCAD* tarvitsee lisämoduulin *Civil 3D*, *CADSPanner* taas lisämoduulin *GeoXY*. Voi tietenkin käyttää pelkästään mittaustiedostojen käsittelyyn tarkoitettuja suomalaisvalmisteisia ohjelmia kuten *3D-Win* ja *M-Mies*, mutta niiden ongelmana on vaatimaton piirustuskyky. Yksi helppokäyttöinen ohjelma on *CADSPanner GeoXY*. Pisteiden tekeminen on helppoa, piirustusominaisuudet hyvällä tasolla, sovellus lukee melkein kaikkia CAD-formaatteja, aukaisee myös *AutoCAD* 2010:lla ja 2014:lla tehdyt piirustukset, ja on helppokäyttöinen.

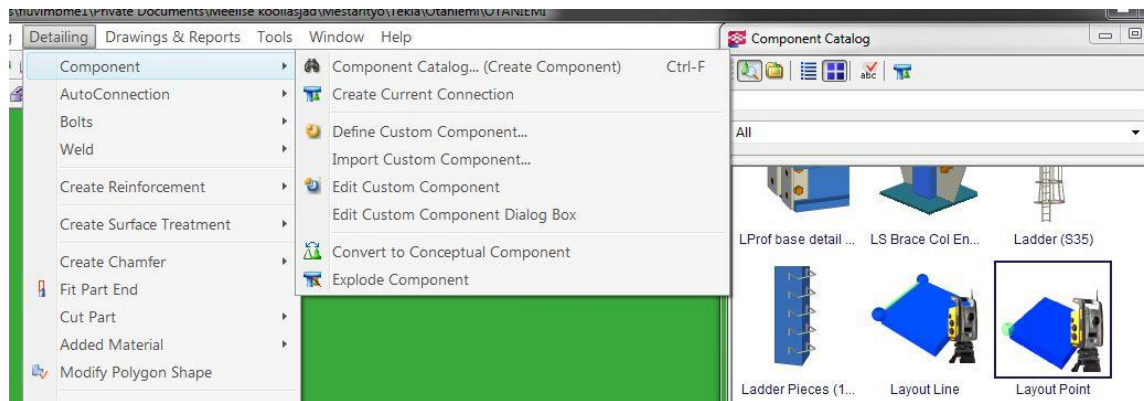
Tietomallista saadaan mittauspisteet suoraan mittalaitaisin ja mallista huomaa heti, jos jotakin on väärin. Pisteiden tekeminen on hyvin havainnollista, ja virheiden määrä vähenee verrattuna 2D-kuvista otettuihin pisteisiin.

Tiedonsiirrot tietokoneen ja mittauslaitteen välillä tapahtuvat yleensä jonkinlaisen tiedonsiirtoformaatin avulla. Melkein jokaisella täkymetrituottajalla on omat formaatit, jota vain ne osaavat lukea. *Tekla Structures* tuottaa vain TXT-formaatin tietoja, ja onneksi myös eniten käytetyt täkymetrit osaavat lukea kyseistä tietformaattia. Käyttäjän ei enää tarvitse tehdä siihen muutoksia.

Toisaalta eri täkymetrit tuottavat TXT-formaattia niin, että kenttien järjestys voi olla ihan erilainen. Pitää olla tarkkana ja säätää asetukset oikein, jotta tiedot eivät pääse häviämään.

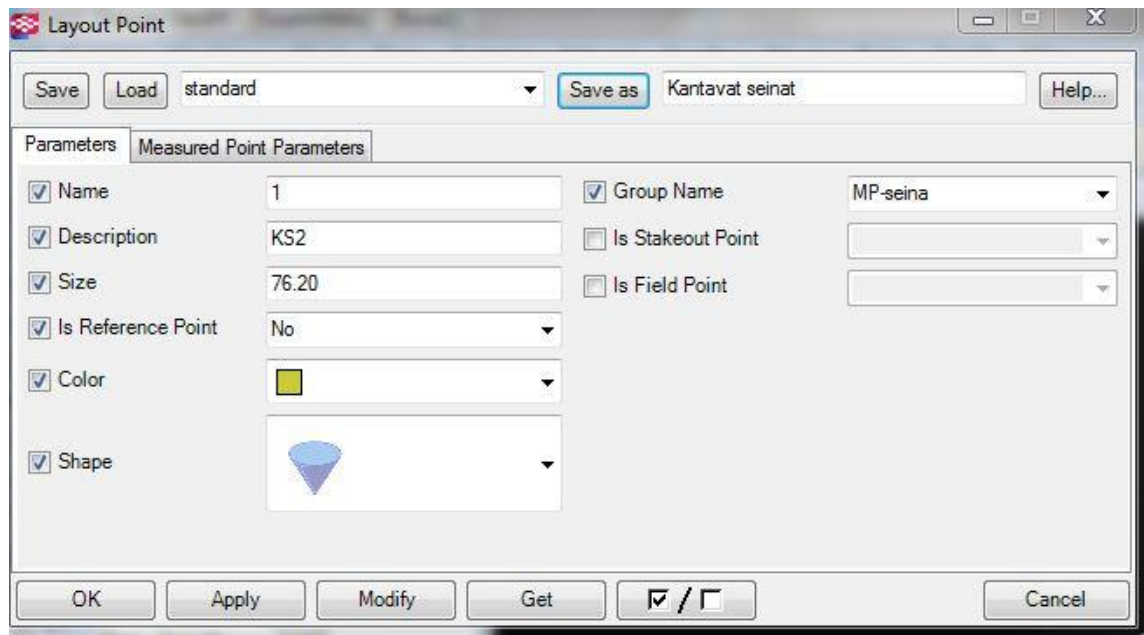
8.1 Mittaustiedoston luonti tietomallissa

Mittapisteiden luonti *Tekla Structures* -ohjelmassa tapahtuu *Detailing* → *Component* → *Component Catalog*:istä valittavan *Layout Point* työkalun avulla (ks. kuva 24).



Kuva 24. Component catalog

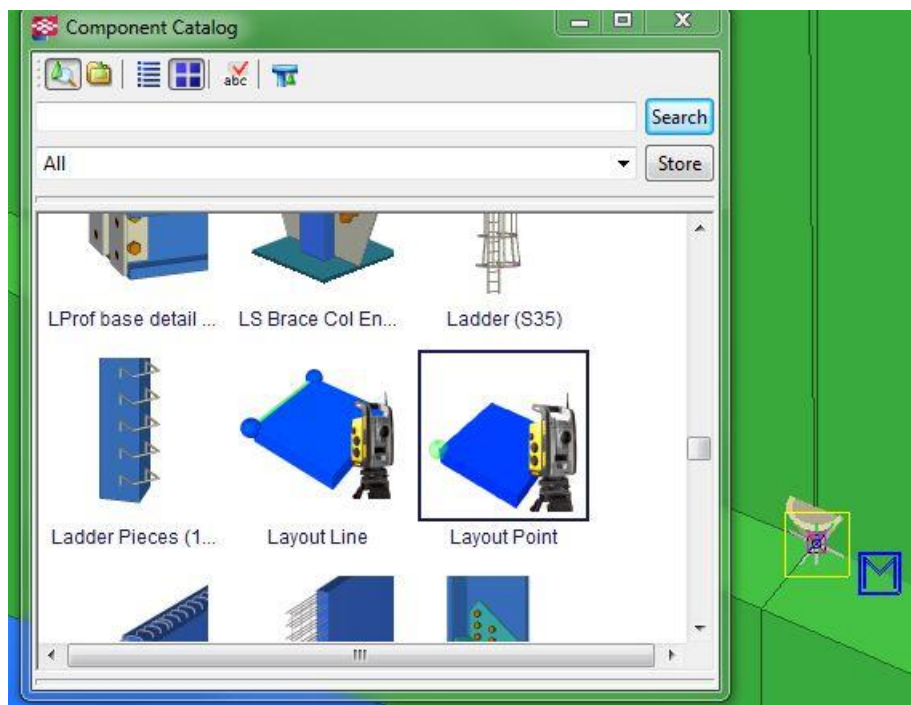
Tuplaklikkaus-työkalu avaa uuden ikkunan, jossa määritellään pistetiedot, katso kuva 25. Määritellään pisteen ryhmä → *Group Name*, pistenumero → *Name* ja tunnus → *Description*. Pisteneroksi kannattaa laittaa numero, koska jotkut mittauslaitteet eivät ymmärrä kirjaimia pisteneroissa.



Kuva 25. Pisteen tiedot

Pisteiden vieni tekstimuodossa testattiin Leica-täkymetreillä. Työmaalla ei sillä hetkellä ollut valitettavasti toisen suuren tuottajan Trimblen täkymetrejä. Tekla kuitenkin kuuluu saman konsernin Trimblen kanssa, ja tiedonsiirto toimi luultavasti siksi sujuvammin.

Kun on tehty tarvittavat asetukset, sijaintipisteitä pääsee helposti klikkaamaan kuvasta (ks. kuva 26). Kaikki pisteet tallentuvat automaattisesti, ja niitä pääsee myöhemmin helposti muokkaamaan *Layout Manager*:issä. Jos tulee vahingossa ylimääräisiä pisteitä, ne voidaan myöhemmin tuhota.



Kuva 26. Pistetyökalulla tehty mittauspiste

8.2 Tarkemittaukset

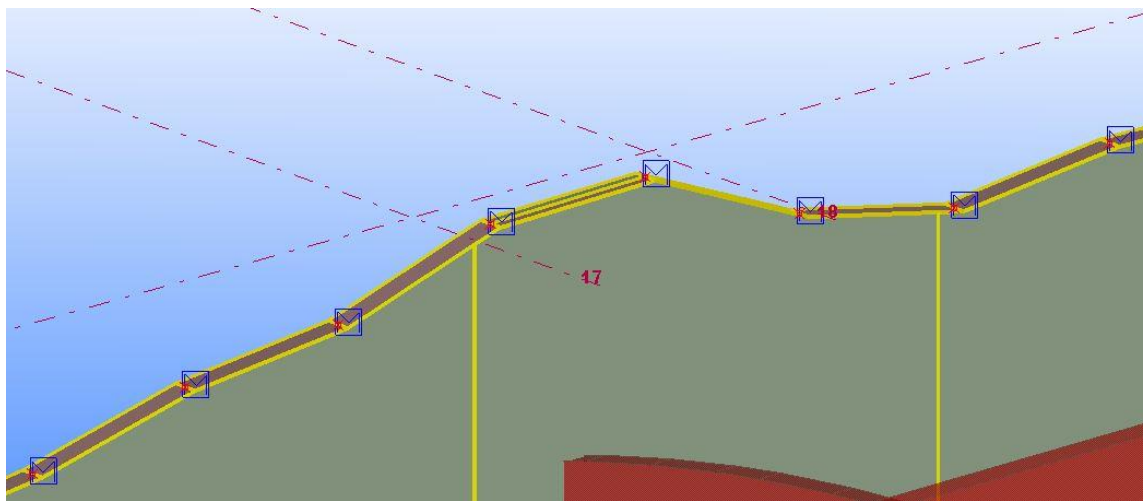
YTV:n mukaisesti päätoteuttaja voi hyödyntää rakennuksen kaivannon mallia tuotanto-tapahtumien mallinnukseen sekä rakentamisen lähtötilanteen dokumentoimiseen. Dokumentaatiota voidaan hyödyntää esim. jälkilaskentaan, eli maanrakennustöiden toteutuneen laajuuden ja urakkatarjoustietojen väliseen vertailuun.

Urakoitsija toimittaa rakennustyön aikana tehdyistä hyväksytyistä suunnitelmapoikkeamista tarvittavat tiedot suunnittelijoille toteumamallien päivitystä varten. Urakoitsija toimittaa urakka-asiakirjoissa vaadittujen piiloon jäävien rakenteiden toteutuneet sijainti- ja geometriatiedot (tarkemittaustulokset) suunnittelijalle toteumamallien päivitystä varten. Asennustoleranssien rajoissa olevia tarketietoja ei tarvitse toimittaa. (6, s. 8.)

Mallia varten mitataan kaikki liittyvät pinnat (kallio tai maapinnat) keilaamalla, skannaamalla tai pistekartoituksena perinteisen tavan mukaisesti vaatimusten edellyttämällä tavalla. Betonirakenteita varten kuitenkin tarvitaan lisämittauksia, koska rakennemalli ei osaa vielä toistaiseksi käyttää hyväksi 3D-pintoja.

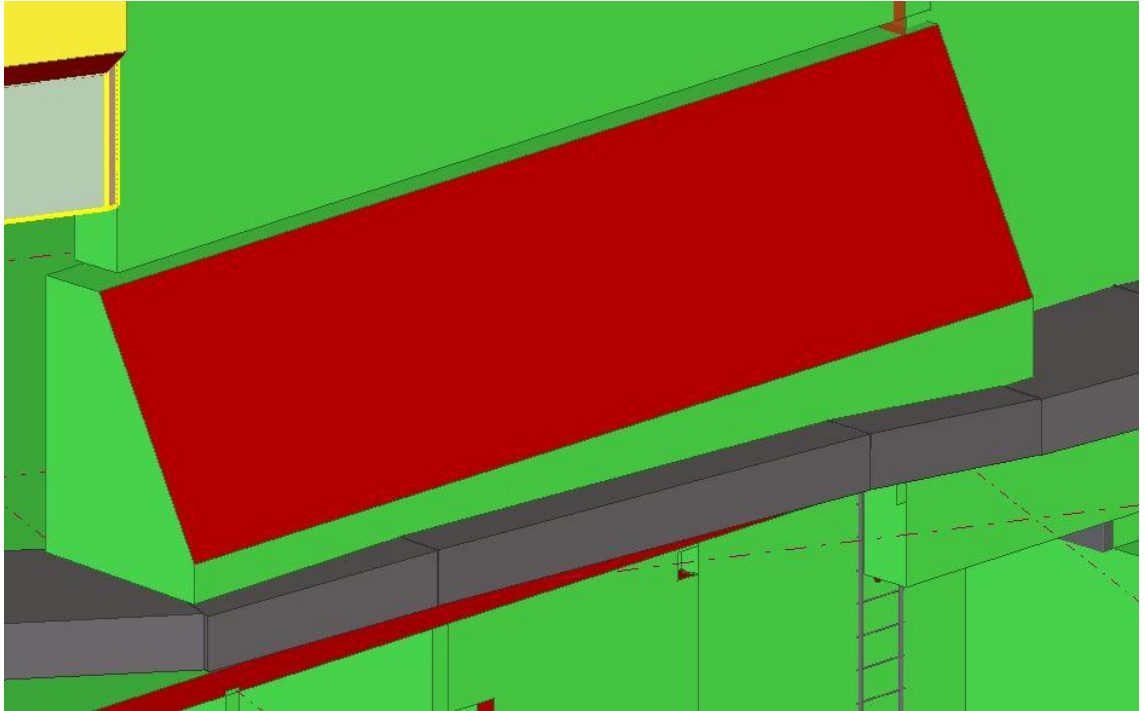
Ongelma on tunnistettu korkealla tasolla, ja tiedonsiirtoformaattien yhdistämiseksi on koottu työryhmä.

Riittävän tarkka leikkauspinta saadaan, kun erilaiset mittauspisteet mitataan liittyvän pinnan keskeltä vähintään 500 mm:n välein (ks. kuva 27).



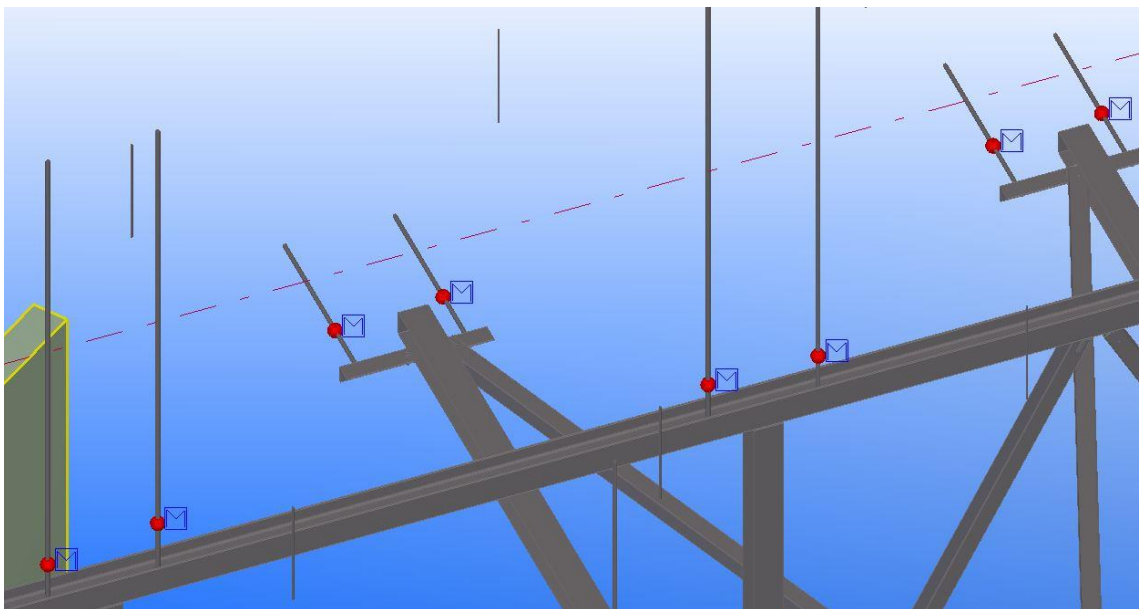
Kuva 27. Tarkemittauksen mukaisesti leikattu seinäpinta

Anturoiden ja muiden leveiden pintojen leikkauksessa pitäisi kuitenkin käyttää kolmiomallista saatua pintaa (ks. kuva 28), johon leikkauspinta piirretään manuaalisesti.



Kuva 28. Juuripalkin leikkauspinta (harmaa), tehty kolmiopinnasta

Muiden pintojen ja esimerkiksi pulttien tarkemittauksissa käytetään tavanomaisia metodeja (ks. kuva 29).



Kuva 29. Teräsrakenteiden liittymispisteet kallioon

Tarkemittauksen avulla saadaan tuotettua *AS-built* -malli myöhempää käyttöä varten, kaikkia vertailulaskelmia varten pitäisi kuitenkin käyttää erilaisia mittaustiedostoja käsitteleviä ohjelmia.

8.3 Muunnokset

Muunnosten teossa piilee tiettyjä riskejä, ollaan silloin pelkästään tietokoneohjelman varassa ja virheet ovat mahdollisia. Sen takia paras vaihtoehto olisi, että kaikki muunnokset pystytään välttämään. Jos tilanne kuitenkin vaatii niitä ja mallin koordinaatit ja kunnan koordinaatit ovat eri järjestelmissä, kaikki tarvittavat muunnokset suoritetaan *CAD*-ohjelmissa. Mallista viedään mallikoordinaatistossa olevat pisteet *CAD*-ohjelmaan, jossa suoritetaan *Helmert*-muunnos (ks. kuva 30).

Kuvan kohdistus, Helmert muunnos

Kuvan koordinaattiasetukset

Maanmittauskoordinaatisto, yksikkönä millimetri

Muunnos tehdään 2D-tasossa, vaikka pisteille syötettäisiin myös Z-arvo. Jos kuvaa joudutaan skaalaamaan (johtuen alkuperäisten ja uusien pisteiden keskinäisten suhteiden eroavaisuudesta) skaalautuu se myös Z-suunnassa, joten myös korkomaailma voi muuttua.

Pisteiden alkuperäiset koordinaatit

1. piste: 160,130,0 Osoita...

2. piste: 170,390,0 Osoita...

Pisteiden uudet koordinaatit

1. piste: 40670,90350,0 Osoita...

2. piste: 40590,90470,0 Osoita...

Alkuperäisten ja uusien pisteen väliset siirtymät

1. pisteet

Pisteiden välinen etäisyys: 98897.464578219

Siirtymä x: 40510 y: 90220 z: 0

2. pisteet

Pisteiden välinen etäisyys: 98732.886111974

Siirtymä x: 40420 y: 90080 z: 0

Skaalaus ja kierto

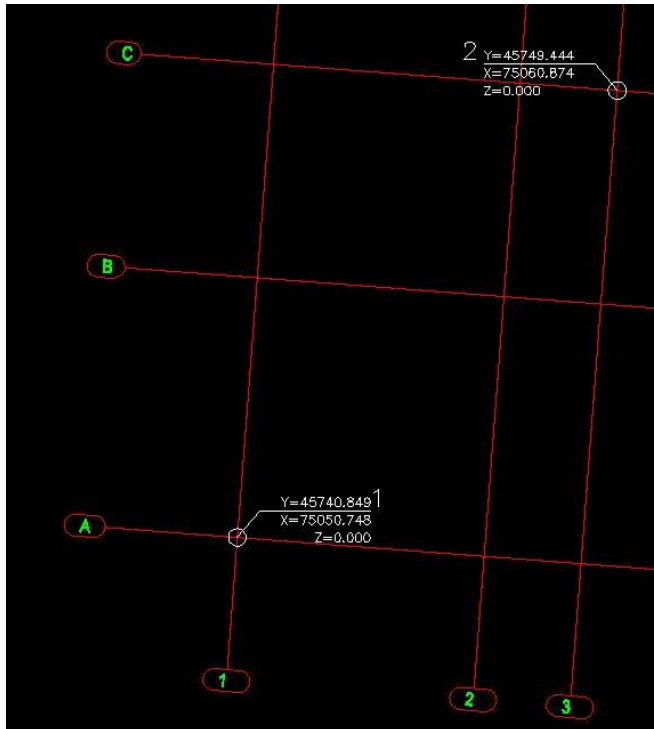
Skaalauskerroin: 0.55429036964824

Kiertokulma: 324.10733431225

OK Peruuta Ohje

Kuva 30. Helmert-muunnos

Muunnoksia varten luodaan niin sanotut referenssipisteet, yleisesti käytetään moduuli-verkoston risteyspisteitä. Paras tapa virheiden minimoimiseksi olisi käyttää negatiivisinta risteystä, joka yleensä on moduulien A ja 1 risteys, ja positiivisinta eli diagonaalissa mahdollisimman kaukana sijaitsevaa risteyspistettä (ks. kuva 31).

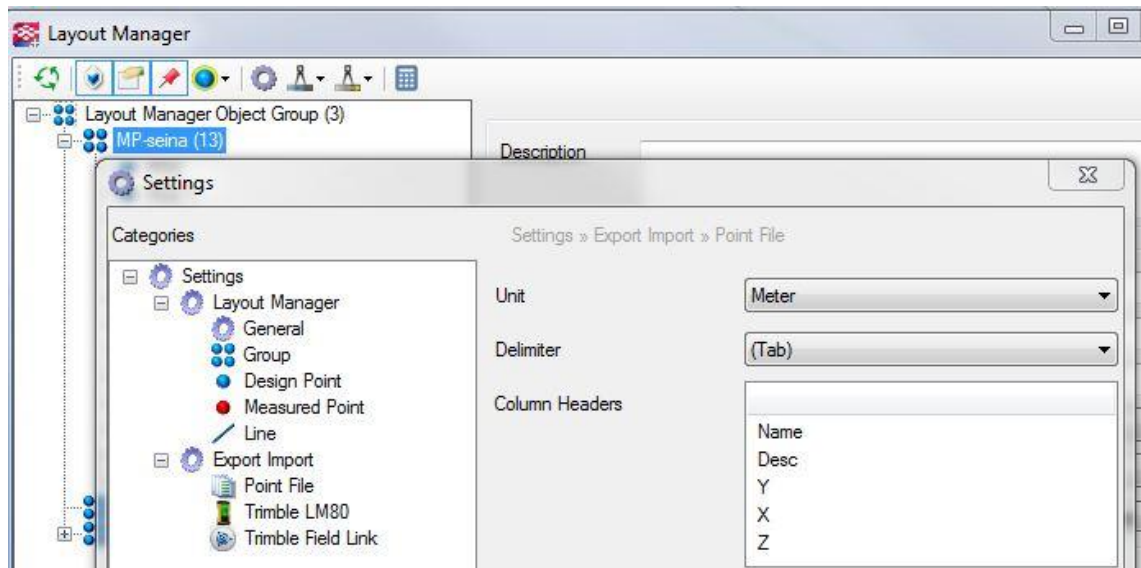


Kuva 31. Referenssipisteet

8.4 Mittaustiedoston vienti mallista

Mittaustietojen käsittelyyn *Tekla Structures* -ohjelmassa käytetään *Layout Manageria* (ks. kuva 32). Mittauspisteiden viennissä tärkeintä on, että ohjelmalle on asetettu oikeat säädöt silloin, kun pisteet halutaan viedä mittalaitteelle txt-tiedostona. Asetukset pääsee tarkistamaan valikosta *Layout Manager* → *Settings* → *Point File*. Tiedostojen vienti tulee säätää omalle mittauslaitteelle sopivaksi. Jos käytössä on Trimblen täkymetrit ja ohjelmistot, Tekla Structures -ohjelman kehittäjä on ratkaissut kaikki tiedostojen vienti-ongelmat, sillä Tekla Structures on täydellisesti yhteensopiva Trimblen täkymetriensä kanssa.

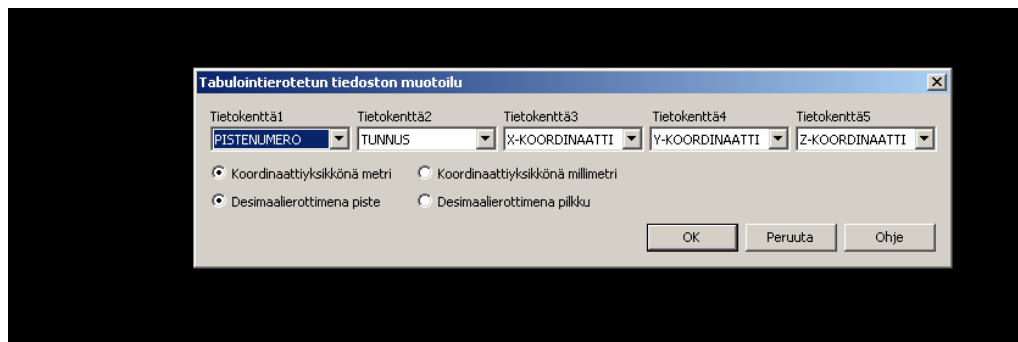
Tekla Structures -ohjelmalla 3D-tietomallista pystytään tekemään mittapisteet ja CAD-kuva ja viemään ne suoraan LM80:n kautta täkymetrille, niin että mittamies näkee kaikki rakenteet ja pisteet oman täkymetrinsä näytöllä. (7.)



Kuva 32. Pisteiden asetukset

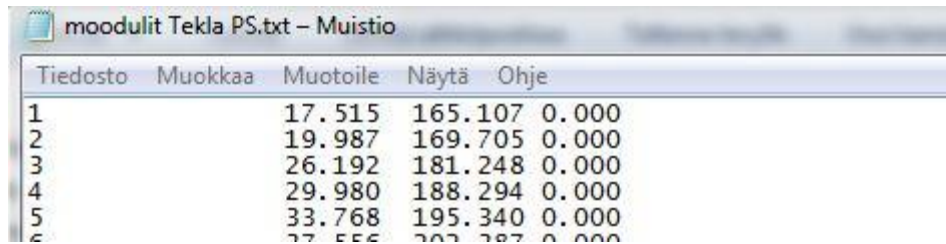
8.5 Mittaustiedoston tuonti tietomalliin

Mittaustiedostot voi tuoda 3D-malliin joko suoraan txt-tiedostona tai CAD -ohjelman kautta. *Tekla Structures* osaa lukea vain txt-tiedoston formaattia. Pisteiden tuonnissa ohjelmaan voi kuitenkin määrittellä, minkälaiset tiedot vastaavat mitään saraketta, katso kuva 33.



Kuva 33. Esimerkkikuva pisteiden tuonnista CAD-ohjelmalla

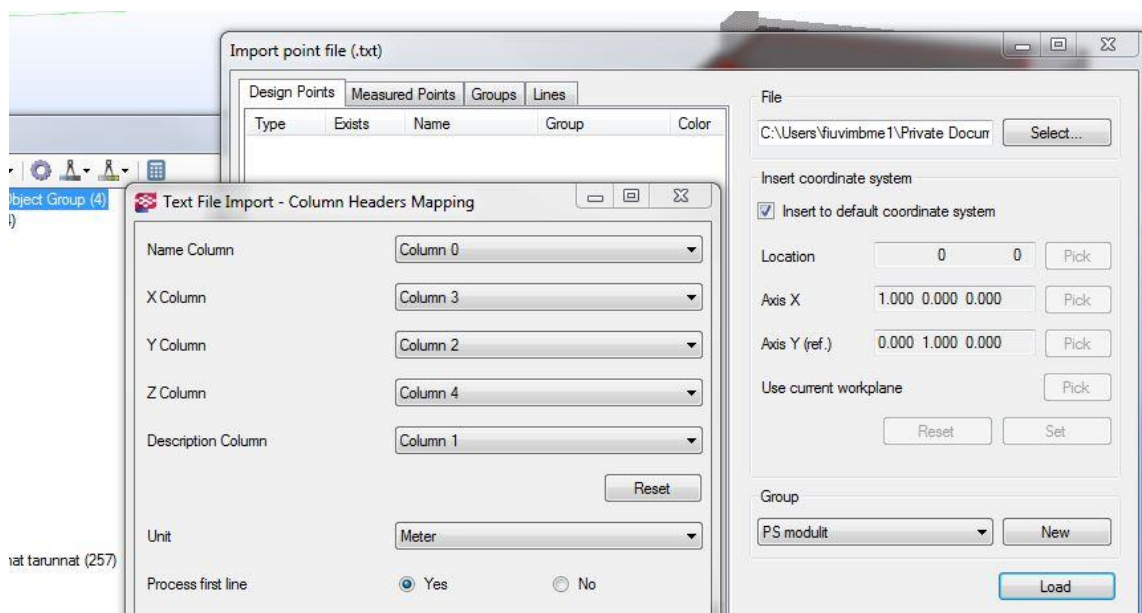
Ohjelma kirjoittaa pisteet tiedostoksi, kuvassa 34 näkyy siten kirjoitettu tiedosto.



Tiedosto	Muokkaa	Muotoile	Näytä	Ohje
1		17.515	165.107	0.000
2		19.987	169.705	0.000
3		26.192	181.248	0.000
4		29.980	188.294	0.000
5		33.768	195.340	0.000
6		37.556	202.387	0.000

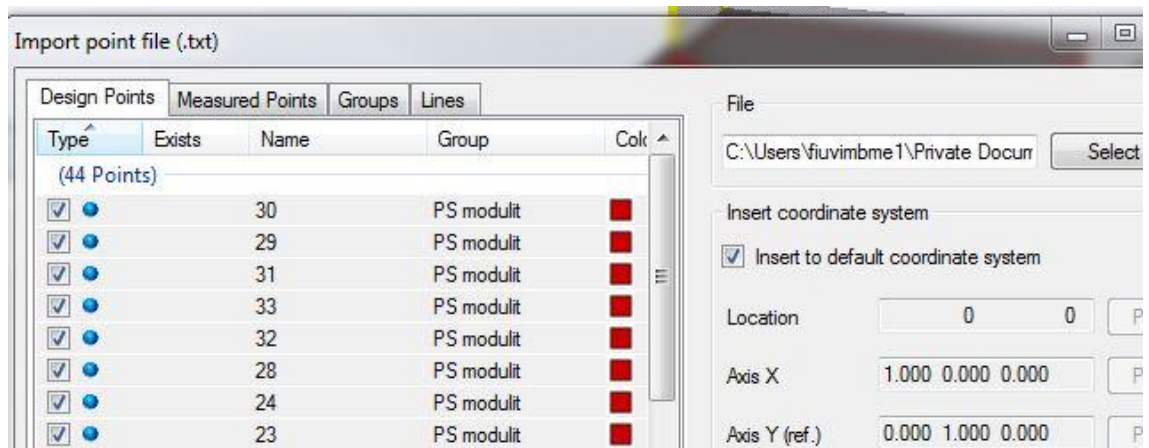
Kuva 34. Kirjoitettu txt-tiedosto

Pisteiden tuomiseksi avataan *Layout Manager* → valitaan → *Import Point File (.txt)*. Aukeaa ikkuna *Import point file*, ikkunasta pääsee valitsemaan oikean tiedoston painikkeella *Select*. Valinnan ollessa tehty pitää vielä osoittaa mihin ryhmään pisteet halutaan liittää → *Group*. Jos on jo luotu ryhmä, johon halutaan lisäpisteitä, silloin valitaan ryhmä. Jos kuitenkin halutaan tehdä uusi ryhmä, tulee painaa → *New*, johon syötetään uusi tunnus ja tarvittavat tiedot. Kun kaikki edellä mainittu on tehty, voidaan lopuksi painaa painiketta → *Load*, mikä tuo tiedoston. Aukeaa ikkuna → *Text File Import – Column Headers Mapping* (ks.kuva 35), jossa pystytään määrittämään kaikille sarakkeille oikeat paikat.



Kuva 35. Pisteiden tuonti-ikkunat

Lopuksi valitaan pisteet, jotka halutaan tuoda tiedostosta. Tällöin pääsee eroon mitaustiedostoon jääneistä ns. roskapisteistä, esimerkiksi asemointipisteistä. Vasta kun pisteet on valittu, painetaan → *OK* ja pisteet luetaan tietomalliin.



Kuva 36. Valitut pisteet

9 Määräseuranta mallin avulla

Määrälaskentaprosessi etenee tietomallin avulla laskettaessa samalla tavoin kuin perinteisessä laskennassa, mutta itse laskennan suorittaa tietokoneohjelma.

Mallin tietosisältö ja rakennusosat voidaan tunnistaa ja ryhmitellä ohjelmallisesti ja niistä saadaan luettua määrälaskennan tarvitsema mittatieto. Tämä vaihtoehto hyödyntää tietomallia parhaalla mahdollisella tavalla. Määrät voidaan laskea nopeasti ja luotettavasti sekä havainnollistaa mallin avulla.

Määrälaskennan näkökulmasta mallin tärkein ominaisuus on johdonmukaisuus: kaikki rakennus- ja tekniikkaosat mallinnetaan projektikohtaisten vaatimusten mukaan, ja käytetty mallinnustapa dokumentoidaan tietomalliselostukseen. (8, s. 3.)

Hankaluuksia aiheuttavat tilanteet, joissa suunnitteluratkaisua ei ole mallinnettu vaatimusten mukaan, erityisesti jos se on mallinnettu vielä eri tavalla saman mallin eri osissa. (8, s. 4.)

Nimikkeistöjen käytöstä on sovittava projektikohtaisesti. Rakennus- ja tekniikkaosatyypit täsmennetään nimikkeistöä käytettäessä julkisella tyyppitunnuksella, hankekohtaisella tyyppitunnuksella tai yrityskohtaisella tyyppitunnuksella, esimerkiksi Talo 2000 -hankenimikkeistöä käytettäessä. (8 s. 4.)

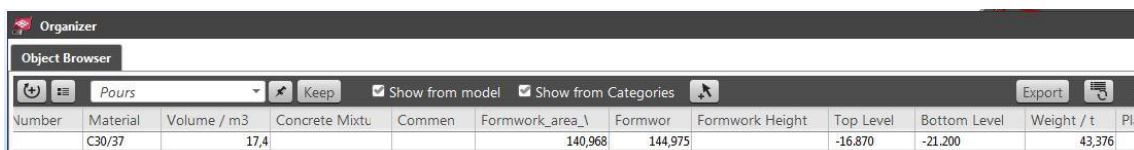
Rakennusten erikoiset muodot tai ratkaisut ovat usein kustannuslaskennan kannalta olennaisia. Tällaisia ovat esimerkiksi kaarevat, kaltevat sekä erikoisia aukkoja, geometrisia lisäyksiä ja poistoja sisältävät rakennusosat. (8, s. 7.)

Mallipohjainen määrälaskenta tuo tällaisessa tilanteessa paljon helpotusta.

9.1 Määrälaskenta tietomallissa

Määrät lasketaan ja jäsennetään sijainneittain. Usein käytettyjä sijainteja ovat osaprojekti, lohko, kerros, tilaryhmä ja tila. Sijainneittain laskettuja määriä käytetään tyypillisesti hankinnoissa ja rakentamisen aikataulun suunnittelussa. Tulee varmistaa, että kaikki rakenteet on määritetty oikein rakennusprojektin vaatimusten mukaisesti. Tietomallissa on helppo varmistaa, mitkä rakenneosat on laskettu määrinä ja mitkä ei. Avataan → *Organizer* ja valitaan sieltä kaikki tehdyt kategoriat, asetuksista tulee olla säädetty → *Select objects in the model*, ja painetaan → *hide*. Kaikki rakenteet, jotka ovat määrälaskennassa mukana, häviävät kuvasta, jonka jälkeen pystytään lisäämään näkyviin jääneille rakenneosille myös sijainnit.

Määräseurantatyökalu on hyödyllinen myös kohteen betonityönjohtajalle, yhdellä klikkauksella saa esille tiedot betoni- ja muottimääristä (ks. kuva 37).

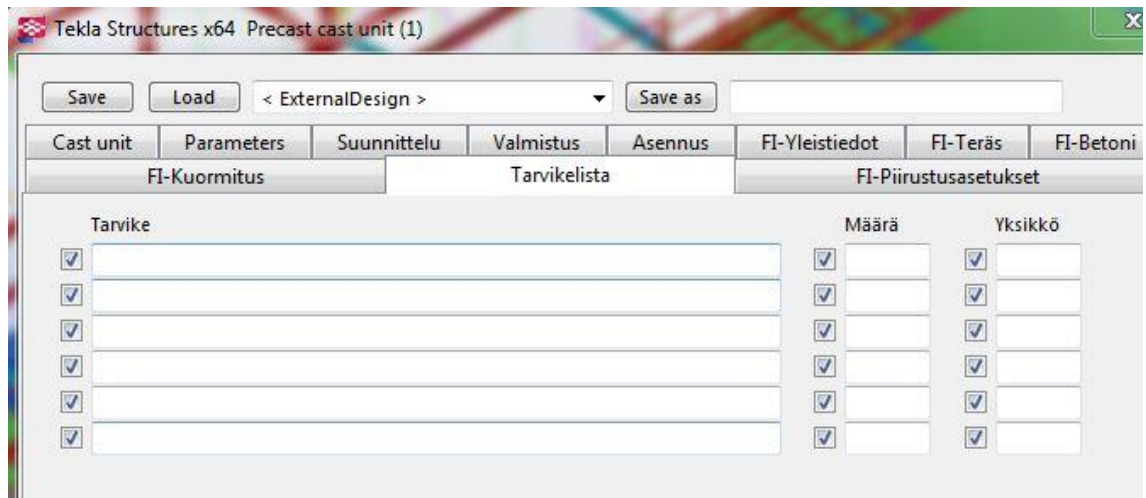


The screenshot shows the 'Organizer' window with an 'Object Browser' tab. Below the browser are several checkboxes: 'Pours', 'Keep', 'Show from model', and 'Show from Categories'. An 'Export' button is also visible. Below these controls is a table with the following data:

Number	Material	Volume / m3	Concrete Mixtu	Commen	Formwork_area_1	Formwor	Formwork Height	Top Level	Bottom Level	Weight / t	Pla
	C30/37	17,4			140,968	144,975		-16.870	-21.200	43,376	

Kuva 37. Valutiedot

Määrien seurannassa tärkeää olisi myös, että kaikki tehdyt työt ja tarvikkeet on kohdennettu nimenomaan siihen rakenteeseen, johon ne on käytetty. *Tekla Structures* -ohjelma tarjoaa erinomaisen työkalun siihen tarkoitukseen. Työnjohtajan tarvitsee vain merkitä kaikki lisätyt tarvikkeet (ks. kuva 38), ja sen jälkeen ne pysyvät tiedostoissa ja ovat koko ajan kaikkien asianomaisten löydettävissä.



Kuva 38. Tarvikkeiden lisäämine

9.2 Visuaalinen seuranta mallin avulla

Tietomalliin voi lisätä erilaisia päivämääriä (ks. kuva39), mikä helpottaa myöhemmin muita töitä. Tuloksena saadaan työmaalle määräseurantaa varten hyvä työkalu, jonka ansiosta pystytään joka hetki reaaliaikaisesti tarkistamaan tehtyjä ja tekemättömiä määriä.

Tekla Structures x64 Cast in place cast unit (1)

Save Load < ExternalDesign > Save as

FI-Betoni		FI-Kuormitus		FI-Piirustusasetukset	
Cast unit	Parameters	Suunnittelu	Valmistus	Asennus	FI-Yleistiedot
Muotitus					
Kommentti, muotti	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Tarkistanut	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Status, muotti	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Tarkistettu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suunniteltu aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Toteutunut aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suunniteltu lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Toteutunut lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Raudoitus					
Kommentti, raudoitus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Tarkistanut	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Status, raudoitus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Tarkistettu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Nippu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Kuormakirja	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suunniteltu aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Toteutunut aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suunniteltu lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Toteutunut lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Valu					
Kommentti, valu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Tarkistettu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Status, valu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Toteutunut aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suunniteltu aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Toteutunut lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Suunniteltu lop.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>			

Kuva 39. Paikallavalun seuranta

Mallin avulla työmaalla pystyy seuraamaan suunnitelmien valmistumista, muotti-, raudoitus- ja betonointitöiden alkua ja loppua. Lisäksi se helpottaa myöhemmin mahdollisten kiistojen ratkaisemista.

10 Yhteenveto

Tämä mestarityö on tehty YIT Rakennus Oy IRT -yksikön tarpeet huomioiden ja ottaa kantaa lähinnä tietomallin hyödyntämiseen betonirakenteiden paikallavalun seurannassa. Työssä ei oteta kantaa muiden rakenteiden seurannan tarpeisiin, sillä esimerkiksi betonirakenteet ovat helposti mallinnettavissa (ilman raudoitusta) työmaallakin. Muiden rakenteiden, kuten teräsrakenteiden mallintaminen voi osoittautua usein monimutkaiseksi ja aikaa vieväksi.

Tietomallien taso on vaihteleva, tilaajalla ei ole riittävästi osaamista mallien hyödyntämisestä, minkä takia rakennuttajat eivät osaa asettaa mallinnusvaatimuksia.

Tutkimuksen yhteydessä työmaalta saatiin paljon hyödyllisiä tietoja, kun mallin käytössä ilmeni erilaisia ongelmia. Yleisesti tietomallin käyttöönotto onnistui, ja tulevien projektien kannalta saatiin paljon tarpeellisia tietoja. Tietty osa työntekijöistä myös vastusti mallin käyttöönottoa, tai ei ainakaan ollut siitä kovin innoissaan, sillä vain nuoremmat työnjohtajat ovat saaneet koulutusta mallintamisesta.

Käytönottoon yhteydessä havaittiin, että mittauksen helpottamiseksi mallintamisesta olisi työmaalla paljon apua, ja samalla saadaan myös AS-built-tietomalli myöhempää käyttöä varten. Mallin luominen ja tarkistaminen 2D-piirustuksista on hyödyllistä, se auttaa havaitsemaan heti virheet ja ristiriidat suunnitelmissa. Sama asia pätee myös paikalleenmittauksen ja tarkkeiden tuonnissa malliin, virheet ovat helposti havaittavissa. Toisaalta, jos mallia käytetään pelkästään mittaukseen eikä muihin työvaiheisiin, voivat mallin luonnin kustannukset kasvaa liian isoiksi hyötyihin verrattuna.

Paikallavalettavien betonirakenteiden osalta mestarityön tekijän mielipide on, että mallintaminen ehdottomasti kannattaa. Työmaalla ei kyllä tehty erilaisia tehokkuusmittauksia, mutta työn tekijän mielestä monta päällekkäistä työvaihetta voisi mahdollisesti jättää pois.

Esimerkiksi kun mittamies saa kaikki pisteet suoraan mallista ja tuo pisteet malliin, mittavirheet vähentyvät ja tarkemittaustiedot välittyvät reaaliaikaisesti malliin ja kaikki havaitsevat mahdolliset ongelmakohdat nopeasti. Monesti kalliopinnoista jouduttiin ottamaan tarkemittauksia ja lähettämään ne suunnittelijoille muutosten tekoa varten, jolloin viivettä syntyi päivästä viikkoon. Jos mittamiehellä olisi ollut käytettävissä 3D-

malli, louhintavirheet olisi havaittu mittauksen yhteydessä ja suunnitteluviivettä ei olisi päässyt syntymään. Toisaalta tietysti olisi pitänyt olla käytössä myös toisenlainen mittauskalusto, Tekla Structures -ohjelman kanssa yhteensopiva Trimblen kalusto ja ohjelmat.

Määräseurannan osalta taas suurin osa tiedoista löytyy työmaalla paperiversiona erilaisista mapeista. Vain jokaisen kohteen betonityönjohtaja tietää suurin piirtein, mitä määriä on kuitattu ja laskettu, ja tietojen esittäminen kolmannelle osapuolelle eli tilaajalle voi osoittautua vaikeaksi, jos työnjohtaja on jo lähtenyt kyseiseltä työmaalta. Samalla säästettäisiin kuitenkin työnjohtajan aikaa, ja hän voisi keskittyä enemmän oikean työn johtamiseen. Tietomallista on mahdollista saada erilaisia tulosteita määräseuranta varten. Lomakkeiden tulostamisesta suoraan mallista tulee tehdä lisätutkimuksia, eikä työssä otettu siihen kantaa.

Ongelmista havaittiin, että tietomallin pyörittäminen työmaan toimistolla vaati ns. ”raskasta” kalustoa, nopeaa tietokonetta ja vähintään 16 MB:n muistia. Monta kertaa Tekla Structures kaatui työmaalla, kun samaan aikaan käynnissä oli Organizer eikä sitä pystytty enää aukaisemaan uudestaan, jolloin koko tehty työ meni hukkaan. Ongelman ratkaisuksi työmaalla keksittiin kopiointimenetelmä: joka aamu Model Organizer -kansioista tehtiin kopio ja ohjelman kaatuessa vaihdettiin Copy→Paste menetelmällä aamuinen kopio kansioista takaisin. Näin menetettiin vain päivän aikana Organizerissa tiedostoon tehdyt muutokset.

Toiseksi vaikein ongelma oli, että paikallavalun rakentamisessa tarvitaan määrien laskennassa kuitenkin ominaisuutta, että malli pystyisi käsittelemään keilauspintaa leikkauspintana. 3D-keilauspinnan muokkaaminen käsin leikkauspinnaksi on aikavievä ja työlästä.

Tärkeintä on kuitenkin, että tietomallin avulla pystyy havainnollistamaan työmaan tilanteen, seuraamaan helposti toteutuneita määriä alueittain ja luomaan havainnollisia tarkemittaustiedostoja.

Tietomalli on tärkeä laatuvirheiden ehkäisytyökalu.

Lähteet

1. Helmert-muunnos. Verkko-dokumentti. Maanmittauslaitos.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/muunnokset/helmert-muunnos>, luettu 9.3.2014
2. Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM -hankkeen osapuolet. Yleiset tietomallivaihtimukset 2012, osa 1. Maaliskuu 2012
3. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. Verkko-dokumentti. Maanmittauslaitos.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/koordinaatti-korkeusjarjestelmat>. Luettu 10.3.14
4. Suorakulmaiset ja maantieteelliset koordinaatistot. Verkko-dokumentti. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/3d-koordinaatistot/suorakulmaiset-maantieteelliset-koordinaatistot>. Luettu 10.3.14
5. Historical perspective. Verkko-dokumentti. U.S. Geological Survey.
<http://pubs.usgs.gov/publications/text/historical.html>. 8.7.2012. Luettu 9.3.14
6. Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM -hankkeen osapuolet. Yleiset tietomallivaihtimukset 2012, osa 13. Maaliskuu 2012
7. Trimble LM80. Verkko-dokumentti. Trimble Navigation Limited
<http://www.trimble.com/construction/building-construction/lm80.aspx>)
8. Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM -hankkeen osapuolet. Yleiset tietomallivaihtimukset 2012, osa 7. Maaliskuu 2012
9. Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM -hankkeen osapuolet. Yleiset tietomallivaihtimukset 2012, osa 2. Maaliskuu 2012

Kuvaluettelo

Kuva 1. 3D-koordinaatit (4.)	12
Kuva 2. Mannerlaattojen siirtyminen (5.)	13
Kuva 3. Iso osa teräsrakenteista puuttuu konvertoinnin jälkeen	15
Kuva 4. Keskeneräinen tietomalli	16
Kuva 5. Seinät päällekkäin mallissa	17
Kuva 6. Seinät tarkistettu ja korjattu	17
Kuva 7. Tietomallista tehty DWG-tiedosto	18
Kuva 8. Prosessikaavio	19
Kuva 9. Kansion nimi	20
Kuva 10. Tiedoston nimi	20
Kuva 11. Uuden mallin luominen	21
Kuva 12. Asemahallin projektikohtaiset koordinaatit	22
Kuva 13. Asemahallin kunnan koordinaatit	23
Kuva 14. Tarpeiden mukaisesti tehty lajittelu	23
Kuva 15. IFC-mallin avaaminen	24
Kuva 16. Insert reference model	25
Kuva 17. Reference model properties	25
Kuva 18. Origon asettaminen	26
Kuva 19. 2D:stä tehty 3D-korkotiedot lisätty	28
Kuva 20. Referenssikuvaan piirretty malli	29
Kuva 21. Tarkemittaustiedosto referenssikuvana	31
Kuva 22. Tarkemittaustiedostojen mukaan leikattu välipohjan laatta	31
Kuva 23. Tarkemittaustiedostojen mukaisesti muotoillut anturat	32
Kuva 24. Component catalog	34
Kuva 25. Pisteiden tiedot	34
Kuva 26. Pistetyökalulla tehty mittauspiste	35
Kuva 27. Tarkemittauksen mukaisesti leikattu seinäpinta	36
Kuva 28. Juuripalkin leikkauspinta (harmaa), tehty kolmiopinnasta	37
Kuva 29. Teräsrakenteiden liittymispisteet kallioon	37
Kuva 30. Helmert-muunnos	38
Kuva 31. Referenssipisteet	39
Kuva 32. Pisteiden asetukset	40
Kuva 33. Esimerkkikuva pisteiden tuonnista CAD-ohjelmalla	40
Kuva 34. Kirjoitettu txt-tiedosto	41

Kuva 35. Pisteiden tuonti-ikkunat.....	41
Kuva 36. Valitut pisteet	42
Kuva 37. Valutiedot.....	43
Kuva 38. Tarvikkeiden lisäämine	44
Kuva 39. Paikallavalun seuranta.....	45

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Määrät ennen korjausta	17
Taulukko 2. Korjatut määrät	17

Tietomallin tarkistuslista

Tietomalliselostus

- Päivityspäivä (12.6.2014)
- Laatija (Reinuvader Rebane)
- Käytetyt ohjelmistot ja versiot. (Tekla Structures 19.0 SR4)
- Siirtotiedoston formaatti. (Tekla-natiivi, db1)
- Tiedoston nimi, jota selostus koskee (otaniemen-asema_224433.db1)
- Onko malli valmis vai keskeneräinen, ja miltä osin keskeneräinen? Esimerkiksi ote Aalto-yliopiston selostuksesta (Pääosin malli on valmis. Keskeneräisiä alueita ovat teknisen kuilurakennuksen yläosa, +9.570 yläpuolinen osuus, siirtymäalueen yläosa, -0.500 yläpuolinen osuus (lisäksi yksi maanpaineisiin sen alapuolella), pääsisäänkäynnin alue, +6.000 yläpuolinen osuus, tietotien alue, +8.300 yläpuolinen osuus ja liukuportaan päälle tuleva alue, tietotien teräskatokset ja lasiseinien teräsrungot).

Onko malli ryhmitetty kerroksittain ja lohkoittain?

Onko kaikki rakenneosat ryhmitetty ja koodattu (minkälaista nimikkeistöä on käytetty: hankekohtaista, yrittäjäkohtaista, Talo2000)?

Onko kaikki samanlaiset rakennusosat nimetty samalla tavalla (isot ja pienet kirjaimet)?

Onko malli mittatarkka vai onko malli vain työsuunnittelun apuväline?

Koordinaatisto, ja koordinaatiston vastinpisteet (9, s. 1–17)