



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Olli Pöytäkivi

Mittausaineiston tuottaminen tietomallista

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Maanmittaustekniikka
Insinööritoimisto
8.5.2019

Tekijä Otsikko	Olli Pöytäkivi Mittausaineiston tuottaminen tietomallista
Sivumäärä Aika	37 sivua 8.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaaja	lehtori Ilkka Partonen
Tämän insinöörityön tavoitteena on tuottaa esimerkki tietomallin tuottamisesta mittauslaitteelle soveltuvaksi mittausaineistoksi. Työssä esitellään yksityiskohtaisesti prosessin kulku IFC-tietomallista mittauslaitteelle soveltuvaksi tiedostoksi. Insinöörityössä esitellään myöskin tietomallin visuaalinen tarkastelu siihen tarkoitetulla ohjelmistolla, sekä esitetään ohjelmiston perustoimintoja mallin tarkastelua varten. Insinöörityön teoriaosuuden tarkoituksena on antaa lukijalle yleinen käsitys tietomallintamisesta, tietomallipohjaisesta hankkeesta ja tietomallintamisen tavoitteista. Lisäksi työssä esitellään mittausaineiston tuottamisessa käytetyt tiedonsiirtoformaatit sekä ohjelmistot. Insinöörityön lähdemateriaaleina käytettiin Yleiset tietomallivaatimukset julkaisuja, insinööritöitä sekä aiheeseen liittyviä verkkojulkaisuja.	
Avainsanat	tietomalli, IFC-tietomalli

Author Title	Olli Pöytäkivi Producing Survey Data from Building Information Model
Number of Pages Date	37 pages 8 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructor	Ilkka Partonen, Senior Lecturer
The purpose of this final year project was to give an example of producing survey data that can be used by a survey device from a building information model. The whole process from an IFC- format building information model to a file format usable by a land survey device was presented in detail. Furthermore, the thesis inspected the building information model visually using suitable software that was also introduced. the thesis theory discussed building information modeling, projects that use building information model, and the reasons for using building information modeling during a building project. Data transfer formats and computer programmes that were used in this final year project were also introduced. The study resulted in instructions of processing a building information model in order to produce data that can be used on a survey device. The process description is useful for a person working for the first time in a building project that has been planned with a building information model.	
Keywords	building information model, IFC model

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomalli	2
2.1	Tietomallintamisen tavoitteet	3
2.2	Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa	4
2.3	Tietomallipohjainen rakennushanke	5
2.3.1	Tietomallit hankkeen eri vaiheissa	6
2.3.2	Tietomallien julkaisu	11
2.3.3	Tietomalliselostus	12
2.3.4	Tietomallien projektikoordinaatisto	12
3	Tiedonsiirtoformaatit ja ohjelmistot	14
3.1	Tiedonsiirtoformaatit	14
3.1.1	IFC	14
3.1.2	DXF	14
3.1.3	DWG	15
3.2	Ohjelmistot	15
3.2.1	Bim Vision	15
3.2.2	3D-Win	15
3.2.3	Autodeskin AutoCAD ja Revit	16
4	Tietomallin käsittelyn prosessit	17
4.1	Visuaalinen tarkastelu Bim Vision-ohjelmistolla	17
4.2	Tietomallista mittausaineisto	20
4.2.1	Autodesk Revit-ohjelmisto	20
4.2.2	3D-Win-ohjelmistolla suoritettava editointi	27
5	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

Lyhenteet

3D-Win	Maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows-ohjelmisto.
AutoCAD	Tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytettävä suunnitteluohjelmisto.
BIM	Building Information Model eli rakennuksen tietomalli.
Bim Vision	IFC-tietomallien tarkasteluohjelmisto.
DWG	AutoCADin oma tallennusmuoto.
DFX	Drawing Interchange Format. Tietokoneavusteisten suunnitteluohjelmien väliseen tiedonsiirtoon soveltuva formaattimuoto.
IFC	Industry Foundation Classes. Rakennuselementtien ja objektien luokittelujärjestelmä.
Revit	Tietomallinnukseen tarkoitettu ohjelmisto.
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset

1 Johdanto

Tässä insinöörityössä tutustutaan rakennusten tietomallinnukseen ja tietomalleihin yleisesti. Työssä suoritetaan tietomallin visuaalinen tarkastelu sekä tietomallista tuotetaan mittausaineisto. Insinöörityön tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys tietomallinnuksesta ja tietomallihankkeesta sekä esimerkki, jossa tietomallista tuotetaan mittausaineisto. Esimerkki on tarkoitus raportoida niin, että ohjelmiston toiminnot esitetään yksityiskohtaisesti, prosessin kulku ja tehdyt työvaiheet raportoidaan ja perustellaan.

Tietomallintaminen on nykyään yleistä kaiken kokoisilla rakennushankkeilla, ja tulevaisuudessa tietomallintamisen merkitys rakentamisessa korostuu. Tietomallintamisen yleistyminen vaatii useilta toimijoilta hankkeen aikana ymmärrystä tietomallintamiseen liittyen sekä osaamista tietomallien hyödyntämiseen omiin tarpeisiinsa. Tässä insinöörityössä perehdytään tietomallien hyödyntämiseen mittaaajan näkökulmasta.

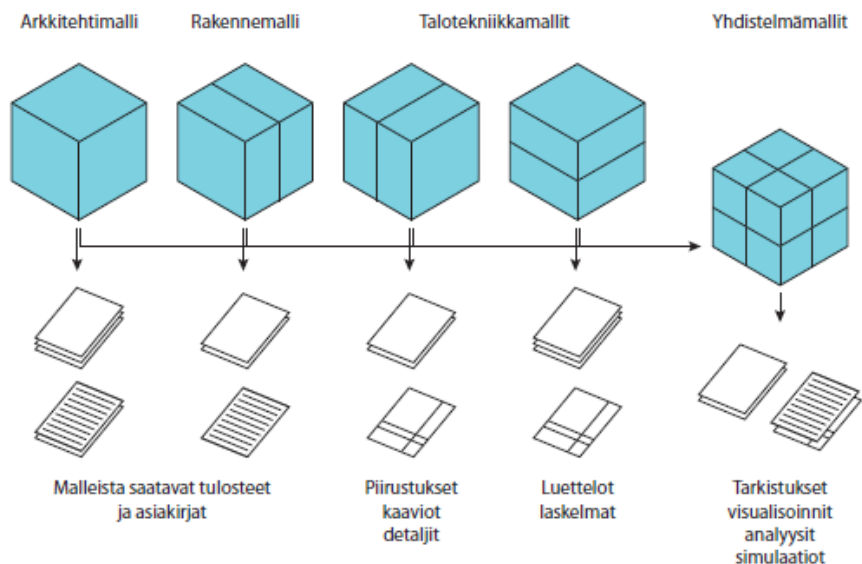
Teoriaosuudessa esitellään muun muassa tietomallintaminen yleisesti, tietomallintamisen tavoitteet ja tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeella. Näiden lisäksi esitellään insinöörityössä käytetyt tiedonsiirtoformaatit ja työssä käytetyt ohjelmistot.

Insinöörityössä esitellään tarkemmin visuaaliseen tarkasteluun soveltuva ohjelmisto toimintoihin. Sen lisäksi kuvataan yksityiskohtaisesti prosessin kulku, joilla IFC-tietomallista tuotetaan mittausaineisto.

2 Tietomalli

Rakennuksen tietomalli kuvaa rakennuksen fyysistä olemusta, toimintaa ja toteutustapaa tavalla, jolla kaikki rakennuksen toteuttajat, käyttäjät ja ylläpitäjät saavat siitä tarvitsemansa tiedon. Rakennuksen tietomallista käytetään lyhennettä BIM (Building Information Model), joka nykyisin käsitteenä tarkoittaa aiempaa laajempaa kokonaisuutta. BIM-käsite kuvastaa nykyisin rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. [1, s. 15.]

Tietomalliin liittyy oleellisesti rakennuksen geometrian määrittäminen ja rakennuksen esittäminen kolmiulotteisessa muodossa. Nämä lisäävät rakennettavan kohteen havainnollisuutta ja mahdollistavat toteutettaviksi simulointeja erilaisiin tarpeisiin. Kolmiulotteisen geometriatiedon lisäksi tietomalli sisältää rakennusosien ominaisuustietoa ja näiden välisiä yhteyksiä toisiinsa. Tietomallista vastaava suunnittelija tallentaa mallin rakenteisiin ominaisuustietoa, tätä tietoa voidaan hyödyntää eri käyttötarkoituksiin. [1, s. 13.] Rakennus hankkeessa tuotetaan useita tietomalleja, jolloin rakennuksen tietomalli korvataan rakennuksen tietomallinnus- tai rakennuksen tietomallintaminen (Building Information Modeling) -käsitteellä. [1, s. 15.]



Kuva 1. Eri suunnittelualueiden mallien käyttötarkoitukset sekä yhdistelmämalli [2, s. 30].

Talonrakennusalalla on nykyään yleistä, että suunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisilla ohjelmilla ja suunnittelijat osaavat tuottaa malleja eri osapuolten käyttöön rakennushankkeella. Piirustuksia käytetään edelleen rakentamisessa, vaikka tietomallit ovat yleistyneet isoilla ja myös pienemmillä rakennushankkeilla. Piirustukset saadaan tuotettua tietomallipohjaisilla ohjelmistoilla entistä helpommin ja nopeammin tukemaan suunnittelua ja täydentämään rakentajan tarpeita. [1, s. 8.]

Tietomallien hyödyntämisen edellytyksenä vaaditaan hankkeen osapuolilta riittävää asiantuntemusta tietomalleihin ja tietomallinnukseen liittyen. Hankkeen osapuolilta edellytetään ymmärrystä tietomallien peruskäsitteistä ja prosessin kulusta. Lisäksi edellytetään tietoteknistä osaamista ja tärkeitä olisi myös pyrkiä kehittämään omia toimintatapoja, jotta tietomalleja voidaan käyttää hyödyksi hankkeen eri vaiheissa. [1, s. 9.]

2.1 Tietomallintamisen tavoitteet

Tietomallinnuksen päätavoitteita ovat suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hankkeen ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien aina suunnittelusta jatkuen rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon.

Mallinnuksen onnistumiselle ja mallien hyödyntämiselle on asetettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet, jotka ovat yleisesti esimerkiksi seuraavanlaisia:

- hankkeen päätöksentekoprosessien tukeminen
- sitouttaa hankkeen osapuolet tavoitteisiin mallin avulla
- suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen
- suunnittelun ja suunnitelmien yhteensovittamisen helpottaminen
- rakennusprosessin ja lopputuotteen laadun varmistus
- rakentamisen aikaisten prosessien tehostaminen
- turvallisuuden parantaminen rakentamisen aikana ja rakennuksen elinkaaren ajalle
- hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysien tukeminen
- hankkeen tietojen siirtäminen käytönaikaiseen tiedonhallintaan

[3, s. 3.]

2.2 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa

Tietomalleja hyödynnetään monissa erilaisissa toiminnoissa rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheessa, esimerkiksi kohteeseen ja suunnitelmiin perehtymisessä, määrien laskennassa tarjouslaskentavaiheessa ja rakentamisaikana tehtävissä hankinnoissa, rakentamisen aikaisessa toimintojen koordinoinnissa ja tiedonvaihdon apuna sekä työjärjestysten suunnittelussa. Oleellisena osana rakennuksen tietomallissa on eri suunnittelualojen mallit ja niiden yhdistäminen ja yhteensopivuuden varmistaminen. Tietomallista on myös mahdollista siirtää rakenteiden sijaintitietoa mittalaitteisiin. [3, s. 5.]

Visuaalista tarkastelua voidaan pitää merkittävimpana tietomallin hyödyntämistapana rakentamisen aikana monen eri toimijan kannalta. Visuaalista tarkastelua voidaan hyödyntää kohteeseen ja rakenteisiin perehtymisessä sekä työjärjestysten suunnittelussa ja töiden yhteensovittamisessa. [3, s. 10.]

Tietomallia hyödynnetään määränlaskennassa. Tietomallien etuna määrälaskennassa on tarkempi tulos määrästä ja nopeampi laskenta, edellytyksenä virheettömästi ja oikein tehty mallinnus kohteesta. Mallipohjaisella määrälaskennalla ja valmiisiin raporttipohjiin perustuvilla määräluetteloilla vähennetään merkittävästi päällekkäistä työtä, mikä parantaa tuottavuutta. [3, s. 10.]

Tietomalliin voi sisällyttää myös rakentamisaikataulun, joka täydentää tilaajalle annettavaa rakentamisaikataulua ja esimerkiksi ohjaa täydentävän suunnittelun järjestystä. Rakentamisaikataulu tietomallissa voidaan havainnollistaa eri värisillä rakennusosilla, jotka kuvaavat, milloin mikäkin rakennusvaihe on tarkoitus toteuttaa, ja tietyllä värillä osoitetaan, mitkä vaiheet on jo rakennettu. [3, s. 11.]

Tietomalleja ylläpidetään rakentamisen aikana suunnitelmien muuttuessa tai täydentyessä, ja tietomallin tulee olla yhdenmukainen rakentajille luovutettujen suunnitelma-asiakirjojen kanssa. Aina suunnitelmien muuttuessa suunnittelijan pitää toimittaa hankkeen osapuolille käyttöön muutoksien mukainen päivitetty tietomalli. Tietomalliin tehdyt muutokset kirjataan tietomalliselostukseen, joka julkaistaan päivitetyn tietomallin sekä piirustuksen yhteydessä hankkeen valitsemassa julkaisukanavassa, esimerkiksi projektipankissa. [3, s. 8.] Projektipankista kerrotaan tarkemmin luvussa 2.3.2 Tietomallien julkaisu.

2.3 Tietomallipohjainen rakennushanke

Tietomallipohjainen hanke on prosesseiltaan ja kulultaan erilainen kuin perinteinen hanke. Tietomallipohjaiseen hankkeeseen lähdetessä on osapuolten ymmärrettävä tietomallin tuomat hyödyt ja mahdollisuudet hankkeen toteuttamiselle, ja tilaajat ovat avainasemassa tietomallipohjaiseen hankkeeseen ryhtyessä. Tilaajan tulee edellyttää tietomallipohjaista toimintatapaa kaikilta hankkeen osapuolilta, jotta tietomallista saadaan hankkeen aikana kaikki hyöty. Tietomalleista saadaan eniten hyötyä, mikäli koko hanke toteutetaan alusta alkaen tietomallipohjaisena hankkeena ja tällöin hankkeesta käytetään nimitystä tietomallihanke. [1, s. 25.]

Tietomallipohjaisessa hankkeessa toimitaan tiettyjen periaatteiden mukaisesti. Tilaajan on tehtävä päätös varhaisessa vaiheessa hankkeen viemisestä tietomallipohjaisesti, ja varhaisessa vaiheessa sovitaan tietomallikoordinoinnista ja valitaan hankkeelle tietomallikoordinaattori. Tilaajaosapuoli yhdessä tietomallikoordinaattorin kanssa asettaa tavoitteet ja tietomallisuunnitelman hankkeelle. Tilaaja asettaa vaatimukset tietomallipohjaiselle suunnittelulle ja valitsee hankkeelle suunnittelijat, joilla on riittävä osaaminen tietomallinnukseen liittyen. Tilaaja järjestää rakennuttajakonsultin, tietomallikoordinaattorin sekä suunnittelijoiden kanssa aloituskokouksen, jonka on tarkoitus varmistaa tietomallinnuksen onnistuminen hankkeessa. Hankkeen aikana on syytä pitää tietomallikokouksia työn sujuvuuden varmistamiseksi. [1, s. 25–26.]

Tietomallihankkeen aikana tarvitaan useita malleja kohteesta. Vaatimusmalli laaditaan tilaajan johdolla, minkä lisäksi hankkeen edetessä laaditaan tontin malli, tilamallit, tilaryhmämallit, rakennusosamallit, toteumamallit ja ylläpitomallit. Hankkeen aikana suunnitelmamallien ytimen muodostavat arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja talotekniikka-suunnittelijoiden suunnittelumallit, joiden ristiriidattomuutta varmistetaan hankkeen aikana tietomallikoordinaattorin johdolla yhdistelmämallitarkastelulla. Arkkitehtisuunnittelija laatii tilamallit, tilaryhmämallit ja rakennusosamallit. Rakennussuunnittelija laatii rakennemallit ja talotekniikan suunnittelija laatii talotekniikan järjestelmämallit. Hankkeen loppuvaiheessa eri alojen suunnittelijat päivittävät mallinsa toteumamalleiksi, jotka kuuluvat oleellisesti ylläpitomallin laatimiseen. [1, s. 26.]

Kohteen rakentajan näkökulmasta tietomallien hyödyntämiselle ja käytölle tietomallihankkeella on tiettyjä edellytyksiä. Ensinnäkin suunnittelijoiden tuottamien mallien

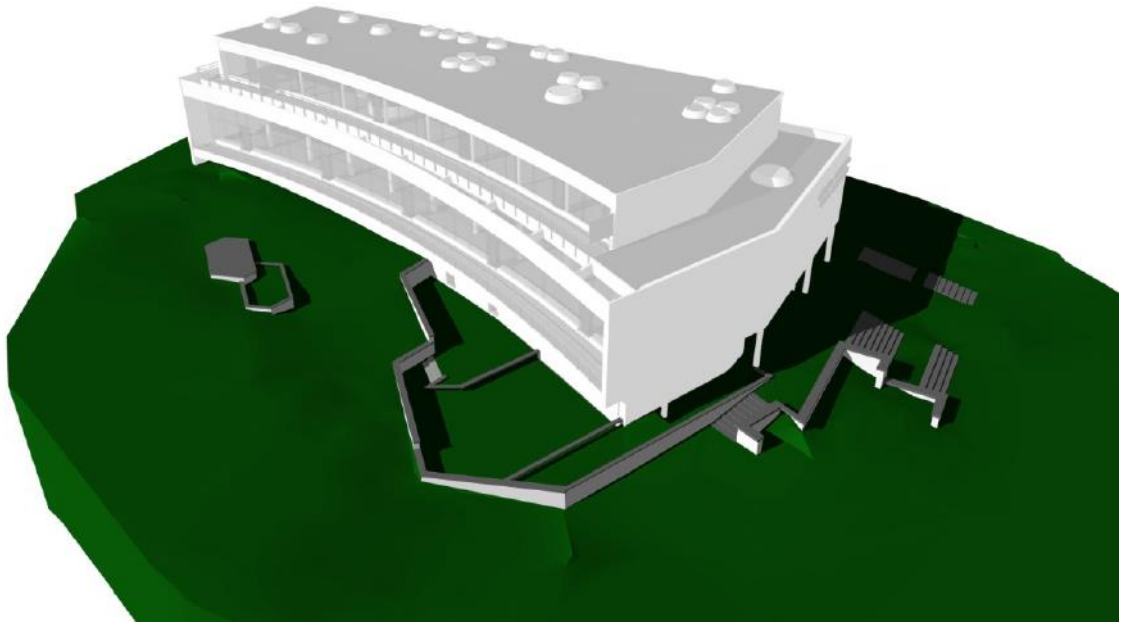
tietosisällön pitää vastata rakennustuotannon tarpeita hankkeen aikana, ja suunnittelijoille on kerrottava mallien haluttu tietosisältö ja esitystapa. Suunnittelijat vastaavat mallien ja yhdistelmämallien laadusta koko hankkeen ajan tietomallikoordinaattorin kanssa. Lisäksi suunnittelijat vastaavat suunnittelumallien ja tietomalliselostusten päivittämisestä ja niiden jakamisesta urakoitsijoiden käyttöön, esimerkiksi projektipankkiin. Urakoitsijalta edellytetään osaamista käyttää eri ohjelmistoja suunnittelumallien tarkasteluun sekä osaamista siirtää suunnittelumallit omiin ohjelmistoihinsa. [1, s. 27.]

2.3.1 Tietomallit hankkeen eri vaiheissa

Hankkeen eri vaiheissa laaditaan tietomalleja, joilla on omat tarpeensa hankkeen edessä. Mallit voidaan jakaa eri ryhmiin, joita ovat lähtötieto- ja vaatimusmallit, suunnittelumallit, tuotantomallit ja ylläpitomallit. [1, s. 18.]

Lähtötietomalli

Lähtötilanteen malli tuotetaan kunnan kartta-aineistoihin tai mittauksiin perustuen [4, s. 14]. Lähtötietomallilla tarkoitetaan uudisrakennuskohteessa tontin mallia, joka on vähintään kolmiulotteinen pintamalli tontista. Tontin mallinnus toteutetaan yhteisesti sovitulla tarkkuudella. Tontin mallintamisessa on hyödyllistä kartoittaa tontin alueelta myöskin rajapisteet, teknisten rakenteiden, kuten kaivojen ja kaapelien sijainnit, ja tarvittaessa suoritettavat pohjatutkimukset, jolloin kohteesta saadaan muodostettua geotekninen malli. Tontin mallille antaa lisäarvoa myös lähiympäristön kartoittaminen siinä laajuudessa, mikä katsotaan tarkoituksenmukaiseksi. [5, s. 7.]



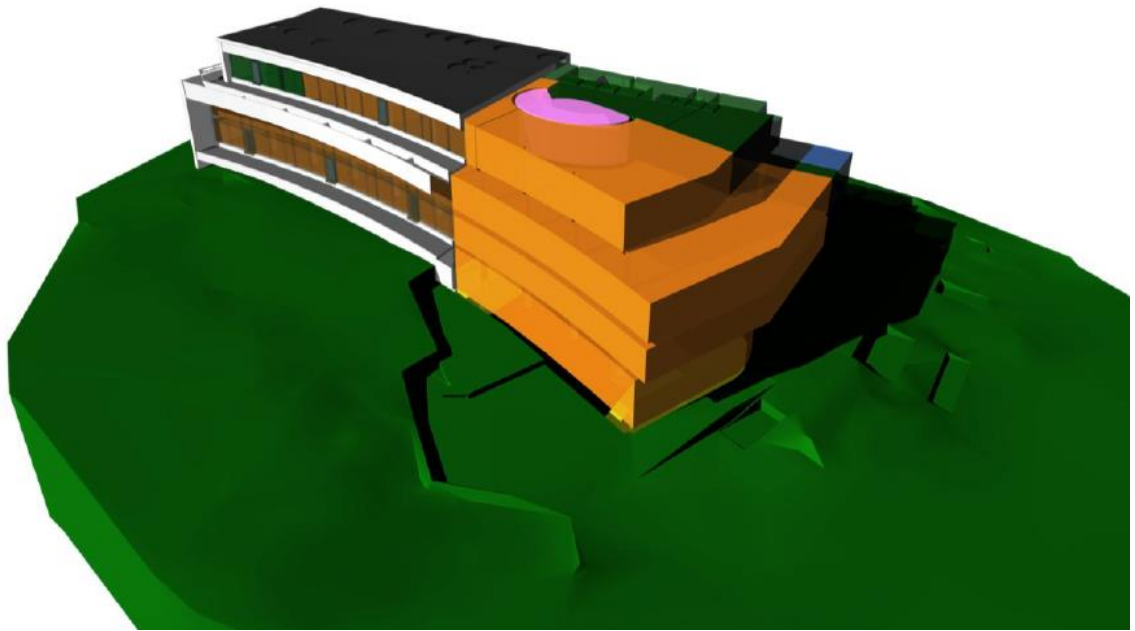
Kuva 2. Tontin malli. Kohteesta on mallinnettuna kolmiulotteisesti maaston muodot sekä alue-rakenteet. [5, s. 13.]

Vaatimusmalli

Vaatimusmalli on vähimmäisvaatimuksiltaan sähköisessä muodossa oleva taulukko-muotoinen tilaohjelma, jota voidaan hyödyntää suunnitelmaratkaisujen ja ohjelman ver-tailussa. Vaatimusmallin tilaohjelma sisältää tilakohtaiset pinta-alat ja mahdolliset erityis-vaatimukset. Vaatimusmallilta vaaditaan, että siinä voidaan esittää rakennusta tai sen osia koskevia erityisiä tavoitteita, esimerkiksi energiankulutukseen liittyvät tavoitteet. Ti-laohjelmaa ja tiloja koskevia vaatimuksia ylläpidetään sähköisessä muodossa jatkotar-kastelua varten. [4, s. 12.]

Tilamalli

Tilamalli koostuu tilaobjekteista, jotka sisältävät tilan tunnistetiedon ja tiedon tilan käyt-tötarkoituksesta. Tilaobjektit ovat kolmiulotteisia mallinnusosia, joita rajaavat ympäröivät seinät, lattia ja katto. Pinta-ala- ja tilavuustiedot ovat laskettavissa tilojen geometriasta. Yleisesti tilamallit mallinnetaan arkkitehtisuunnittelun yhteydessä ja tilamalleja voidaan hyödyntää arkkitehtisuunnittelussa ja vaikkapa energia-analyysien lähtötietona. [1, s. 20.]



Kuva 3. Tilamalli. Tilamallissa on mallinnettu rakennuksen ulkovaippa sekä tilat tilaobjekteina tilatietoineen. [5, s. 14.]

Rakennusosa- ja järjestelmämallit

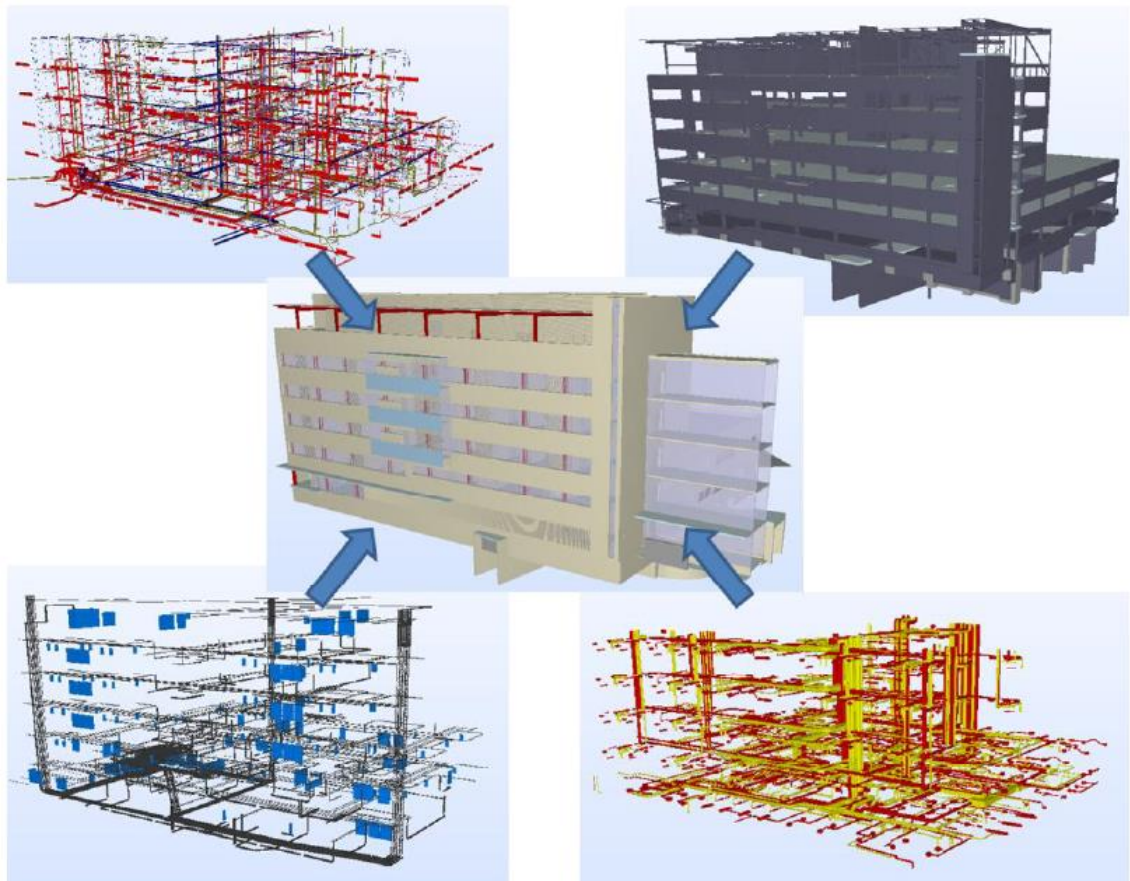
Rakennusosa- ja järjestelmämallit sisältävät objektien geometria- ja ominaisuustiedon, ja nämä mallit tarkentuvat suunnittelun edetessä. Nämä mallit ovat tärkeitä suunnittelussa ja hankkeen tiedonhallinnassa. Arkkitehtisuunnittelija mallintaa rakennusosamallin, joka sisältää tilat ja rakennusosat. Rakennesuunnittelija mallintaa rakennemallin, joka koostuu kantavista rakennusosista, keskeisistä ei-kantavista rakennusosista sekä muista oleellisista rakenneteknisistä osista. Järjestelmämallit koostuvat erilaisten taloteknisten järjestelmien osien muodostamista malleista. [1, s. 20.]



Kuva 4. Inventointimallinnuksen perustasolla mallinnettu rakennusosamalli. Kohteesta on mallinnettu tilat tilaobjekteina tilatietoineen sekä rakennusosat. [5, s. 16.]

Yhdistelmämalli

Hankkeen aikana eri suunnittelualat laativat omilla ohjelmistoillaan ja omaan suunnittelualaansa liittyen oman tietomallinsa, jota kutsutaan natiivimalliksi, jotka yhdistämällä rakennukselle laaditaan yhdistelmämalli. Yhdistelmämallissa eri suunnittelualojen mallit ovat yhdessä tarkasteltavana, ja näin mallien keskinäinen yhteensopivuus voidaan tarkistaa törmäystarkasteluilla suunnitteluprosessin aikana. Tarkastelujen avulla suunnitteluvirheet tunnistetaan ohjelmistoavusteisesti, mikä parantaa suunnittelun laatua. [2, s. 29.]



Kuva 5. Kuvassa havainnoidaan eri suunnittelualojen tuottamien tietomallien yhdistäminen [6, s. 6].

Toteumamalli

Projektin aikana laaditut tietomallit täydennetään toteutuneen rakentamisen mukaisesti ja rakentamisen aikana tehtyjen muutosten mukaisesti niin, että tietomallit vastaavat lopputulosta. Näitä malleja kutsutaan toteumamalliksi. [4, s. 20.]

Ylläpitomalli

Ylläpitomallilla tarkoitetaan eri suunnittelualojen toteumamallien yhdistelmästä muodostettua yhdistelmämallia. Ylläpitomallia hyödynnetään esimerkiksi visualisointiin, muutoksien ja korjaustöiden suunnitteluun ja työn suunnitteluun ennen kuin työtehtävät aloitetaan rakennuksessa. [7, s. 19–20.]

2.3.2 Tietomallien julkaisu

Tietomallipohjaisella hankkeella tietomalleja ja niistä tuotettuja dokumentteja julkaistaan hankkeen virallisessa julkaisupisteessä, yleisesti julkaisupiste on hankkeen projektipankki. Lähtökohta dokumenteille on, että ne pohjautuvat tietomalliin ja malli julkaistaan dokumenttien kanssa tai ennen dokumenttia julkaisupisteeseen. Tietomalleja julkaistaan suunnittelun yhteydessä huomattavasti dokumentteja useammin, mikä mahdollistaa mallin hyödyntämisen suunnitelman kehittämisen tukena.

Mallin julkaisussa hankkeen osapuolten käyttöön, on syytä noudattaa tiettyä järjestelmällisyyttä ja edetä yleisten tietomallivaatimusten (YTV2012) Yleinen osuus-ohjeen mukaisesti:

- Malli julkaistaan tiettyyn tarkoitukseen ja julkaisupäätöksen määrittää projektin suunnitteluajataulu.
- Julkaisupäätöksen jälkeen työstetään julkaistava materiaali julkaisukuntoon. Esimerkiksi malli, tietomalliselostus ja mahdolliset muut dokumentit.
- Malli tulee tarkistaa ennen julkaisua tietomallivaatimusten laadunvarmistusosan mukaisesti. Julkaistaessa on tärkeää, että mallit ja sen yhteydessä julkaistavat dokumentit ovat keskenään yhdenmukaisia.
- Lopuksi tarkistettu malli ja siihen liittyvät dokumentit julkaistaan lisäämällä ne projektipankkiin.

[4, s. 10.]

Projektipankki

Projektipankilla tarkoitetaan internetiselaimella toimivaa alustaa, johon lisätään hankkeeseen liittyvät digitaaliset aineistot, sähköiset asiakirjat ja suunnitteluaineistot. Projektipankkia hyödynnetään isoissa rakennushankkeissa, joissa useiden eri alojen suunnittelijoiden suunnitelmat kootaan sovitusti yhteen paikkaan kaikkien saataville.

Projektipankit ovat käytettävissä kaikilla selaimilla ja kaikilla käyttöjärjestelmillä, eli erillisiä laite- tai ohjelmistohankintoja ei tarvitse tehdä. [8, s. 17.]

2.3.3 Tietomalliselostus

Tietomalliselostus on kunkin hankkeessa mukana olevan suunnittelualan ylläpitämä kuvaus mallin sisällöstä. Tietomalliselostuksesta käy ilmi mallin käyttötarkoitus sekä mallin tarkkuusaste. Lisäksi selostukseen kirjoitetaan mallin sisältö ja sen valmiusaste, mallintamisessa käytetty ohjelmisto, alkuperäisestä mallista mahdolliset eri käyttötarkoituksiin luodut malliversiot ja poikkeamat YTV:n arkkitehtisuunnitteluohjeen vaatimuksista ja suosituksista. Tietomalliselostukseen kirjoitetaan lisäksi käytetyt rakennetyyppien nimeämiskäytännöt ja mallin käyttöä koskevat rajoitukset. [9, s. 8.]

Tietomalliselostus tallennetaan tietomallin yhteydessä projektipankkiin ja tietomalliselostusta päivitetään aina kun malliin tehdään muutoksia, jotka vaikuttavat myöskin tietomalliselostuksen sisältöön. Erityisen tärkeää on dokumentoida mallien valmiusaste ja tärkeimmät muutokset niin, että kukin mallien käyttäjistä löytää nämä tiedot. [9, s. 8.]

2.3.4 Tietomallien projektikoordinaatisto

YTV 2012 Yleinen osuus-julkaisussa määritellään vaatimukset projektin mittayksikölle ja koordinaatistolle. Julkaisun mukaan projektikoordinaatisto määritellään rakennettavalle kohteelle niin, että origo sijaitsee lähellä rakennusta ja koko rakennusalue on positiivisessa koordinaatistossa. Projektikoordinaatisto luodaan, koska esimerkiksi kunnan koordinaatistoon suunniteltaessa koordinaatiston origon sijoittuminen kauaksi tietomallista aiheuttaa ongelmia useimmille suunnitteluohjelmistoille. Projektikoordinaatisto on kuitenkin yhteydessä kunnan koordinaatistoon, sillä projektikoordinaatiston sijainti suhteessa kunnan koordinaatistoon dokumentoidaan käyttämällä vähintään kahta vastinapistettä. Näille vastin pisteille on ilmoitettu koordinaatit sekä kunnan koordinaatistossa että myös projektin omassa koordinaatistossa. [4, s. 7.]

Projektikoordinaatiston muunnos kunnan koordinaatistoon tehdään näiden vastin pisteiden avulla käyttäen helmert- eli yhdenmuotoisuusmuunnosta [4, s. 7].

Vaihtoehtoisesti voidaan ilmoittaa yhden vastinpisteen avulla ja kiertokulmalla, jota käytettäessä on otettava huomioon se, että pidemmillä etäisyyksillä kiertokulma johtaa tarkkuuden heikkenemiseen, joka aiheuttaa haasteita erityisesti rakentamisvaiheessa.

Korkeuden osalta tietomallintamisessa rakennettava kohde mallinnetaan todelliseen korkeusasemaansa kunnan korkeusjärjestelmässä, ellei hankekohtaisesti sovita muunlaisesta korkeusasemasta. [4, s. 7.]

3 Tiedonsiirtoformaatit ja ohjelmistot

3.1 Tiedonsiirtoformaatit

Tässä osiossa esitellään insinööriötä tehdessä käytetyt tiedonsiirtoformaatit sekä ohjelmistot.

3.1.1 IFC

IFC-tiedostomuoto (Industry Foundation Classes) on kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti. IFC-formaatissa voidaan siirtää tiedostoja eri ohjelmistojen välillä niin, että tietosisältö ei muutu. [2, s. 29.] IFC-formaatissa voidaan tallentaa monenlaista tietoa rakennettavasta kohteesta, kuten tietoa tilankäytöstä, tietoa rakennuksen osista ja teknisistä järjestelmistä. IFC-formaattia käytetään yleisesti tiedonsiirrossa hankkeen osapuolilta toisille. [10.]

IFC-formaatti liittyy oleellisesti avoimeen tietomallinnukseen. Teklan avoimeen tietomallinnukseen liittyvässä verkkojulkaisussa todetaan IFC-tiedostomuodon käytön olevan toimivin tapa toteuttaa avointa tietomallinnusta. Avoimella tietomallinnuksella tarkoitetaan yhteensopivuutta koko rakennushankkeen työnlussä. IFC-formaattia käyttämällä tietosisältö pysyy muuttumattomana, vaikka hankkeen osapuolilla olisi eri ohjelmistoja käytössä. [11.]

3.1.2 DXF

DXF-tiedostomuoto (Drawing interchange Format) on Autodeskin kehittämä tiedonsiirtoformaatti, pääsääntöisesti tietokoneavusteisten suunnitteluohjelmien (CAD-ohjelmien) väliseen tiedonsiirtoon soveltuva formaattimuoto. DXF-formaatissa tiedostojen sisältö esitetään viivoina, kaarina ja teksteinä. DXF-formaattia käytetään pääasiassa tasopiirustusten siirtoformaattina. [12, s. 1.]

3.1.3 DWG

DWG-formaatti on Autodeskin kehittämän AutoCAD-suunnitteluohjelmiston käyttämä oma tallennusmuoto, ja nykyisin DWG:tä käytetään DXF:ää yleisemmin tiedonsiirrossa [12, s. 1]. DWG-tiedostomuoto kehitettiin vuonna 1982 ensimmäisen AutoCAD-version yhteydessä. DWG-tiedosto sisältää kaikki tiedot, jotka käyttäjä tiedostoon tallettaa. Autodeskin mukaan suunnitelmat, geometriset tiedot, kartat ja valokuvat on mahdollista syöttää DWG-tiedostoon. DWG-tiedostomuoto on yleisimpiä tiedonsiirtoformaatteja käytössä olevista suunnittelutietomuodoista. [13.]

3.2 Ohjelmistot

3.2.1 Bim Vision

Bim Vision on Datacompin kehittämä ilmaisohjelma, jolla voidaan tarkastella IFC-formaattiin tuotettuja tietomalleja. Bim Visionilla on mahdollista tarkastella eri ohjelmistoilla tuotettuja tietomalleja ilman, että tarvitsee omistaa lisenssiä mihinkään muuhun ohjelmistoon. Bim Vision on yhteensopiva IFC 2x3- ja IFC4-versioiden kanssa, ja ohjelmistoon on mahdollista hankkia lisäosia. [14.] Insinöörityössä perehdytään myöhemmin tarkemmin Bim Vision-ohjelman ominaisuuksiin.

3.2.2 3D-Win

3D-Win on 3D-system Oy:n kehittämä Windows-ohjelmisto maastomittaustiedon käsittelyä ja tuottamista varten. Ohjelmistolla voi tuottaa monipuolisesti toimintoja, formaatinmuunnoksia, aineiston editointi monilla eri tavoilla tarpeen mukaan, suorittaa laskentoja ja ohjelmaa voi käyttää maastossa esimerkiksi takymetriin yhdistettynä, jolloin mittauksen tulokset nähdään suoraan ohjelmassa. Ohjelmisto on monipuolisesti räätälöitävissä käyttäjän toiveiden mukaan. Kohteiden koodaus, symbolit ja piirtosäännöt voidaan määrittää tarpeiden mukaiseksi. 3D-Win tukee yleisimpiä maastotallenninformaatteja, CAD- ja paikkatietojärjestelmien siirtotiedostomuotoja, ja käyttäjä pystyy tarvittaessa itse määrittelemään riviformaatit. [15.]

3.2.3 Autodeskin AutoCAD ja Revit

AutoCAD on tietokoneavusteiseen suunnitteluun kehitetty ohjelmisto. AutoCAD-ohjelmistolla voidaan tuottaa graafisiin elementteihin, esimerkiksi viivoihin, ympyröihin, kääriin ja teksteihin perustuvia 2D aineistoja. Kolmiulotteisen suunnittelun yleistyessä AutoCAD-ohjelmaan on lisätty 3D-toimintoja, joita ovat esimerkiksi erilaiset pintatyökalut. [16, s. 12.]

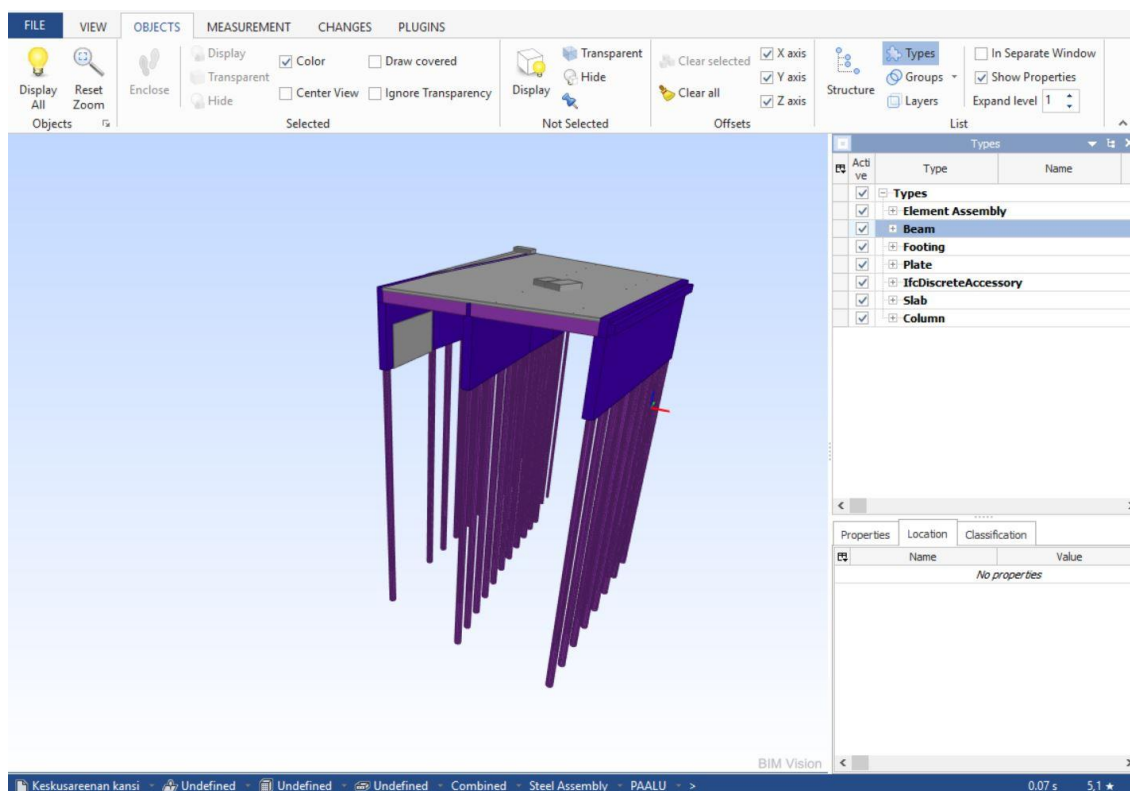
Revit on tietomallinnukseen tarkoitettu ohjelmisto, joka sisältää ominaisuuksia tietomallinnukseen ja älykkääseen mallipohjaiseen prosessiin liittyen. Näitä ominaisuuksia hyödynnetään suunnitteluun ja rakentamiseen sekä rakennusten ja infrastruktuurin hallinnoimiseen. Revitillä on mahdollista mallintaa rakennuskomponentteja, analysoida ja simuloida järjestelmiä ja rakenteita. Ohjelmistolla on mahdollisuus toimia yhteistyössä laajan projektitiimin kanssa, sillä ohjelmisto toimii muun muassa IFC-, DWG- ja myös DGN-formaatin kanssa. [17.]

4 Tietomallin käsittelyn prosessit

4.1 Visuaalinen tarkastelu Bim Vision-ohjelmistolla

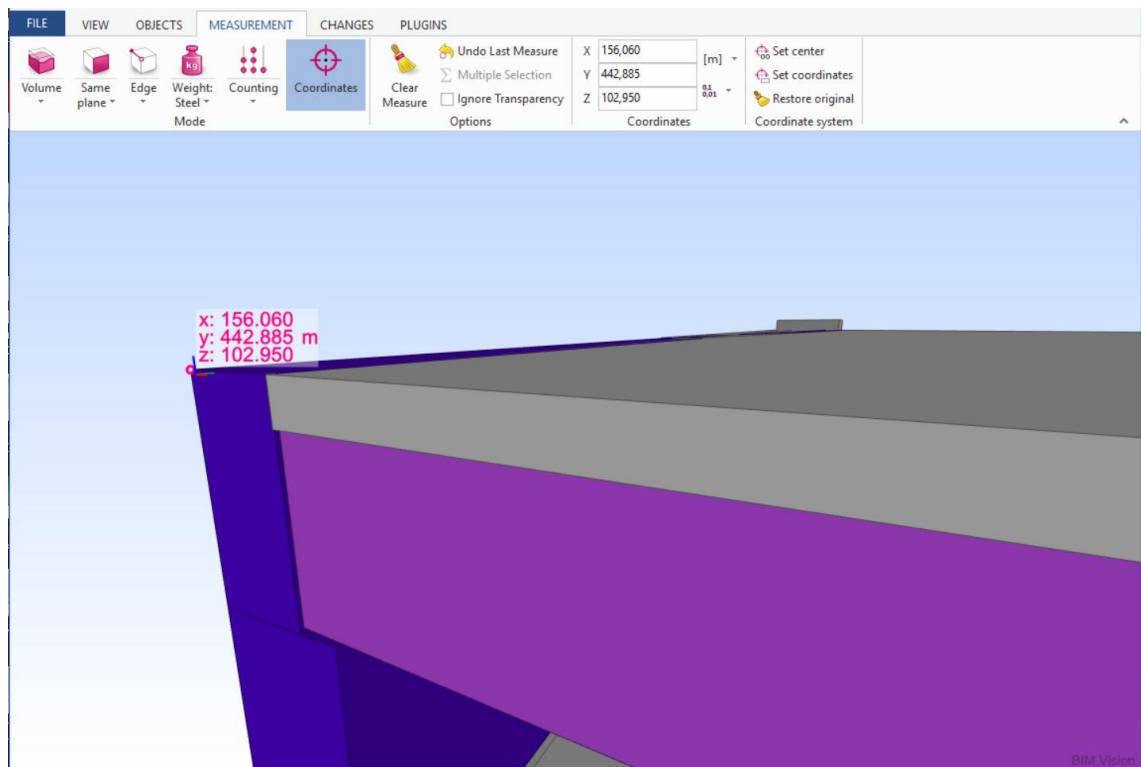
Tässä osiossa perehdytään tarkemmin tietomallin tarkasteluun Bim Vision-ohjelmistolla. Näkökulma tarkastelulle on maanmittaajan näkökulmasta, joten ohjelmiston toiminnoista kiinnostavat erityisesti rakenteiden mitoitus ja korkeusasema.

Tarkastelu aloitetaan lataamalla IFC-malli projektipankista haluttuun hakemistoon, minkä jälkeen malli avataan Bim Visionilla. Tietomallista voidaan aluksi tarkastella rakennusosien luokituksia, esimerkiksi klikkaamalla hiirellä jokin objekti aktiiviseksi. Näytön alareunassa esitetään tämän jälkeen objektin luokitus, esimerkiksi paalu. Yksittäisen objektin voidaan piilottaa tässä kohtaa piilottaa painamalla hiiren oikeaa painiketta ja valitsemalla hide. Objektin saa takaisin näkyviin valitsemalla Objects-valikosta Display all. Kaikki saman luokituksen objektit voidaan poistaa näkyvistä Objects-valikosta avaamalla Types-lista. Listalta voidaan poistaa luokituksen aktiivisuus, minkä jälkeen kaikki kyseisen luokituksen alaiset objektit piilotetaan. Tässä on haittapuolena se, että piiloteuksi saattaa joutua objekteja, joita halutaan tarkastella. Esimerkiksi seinän osia on tässä tietomallissa luokiteltu useamman eri pääluokan alle, joten poistamalla aktiivisuus luokitukselta olennaisia objekteja poistuu näkyvistä. Halutut objektit on mahdollista valita yksitellen aktiiviseksi Types-listalla. Tämä tapahtuu avaamalla pääluokan lista, jossa näkyvät kaikki luokituksen sisältämät objektit yksitellen.



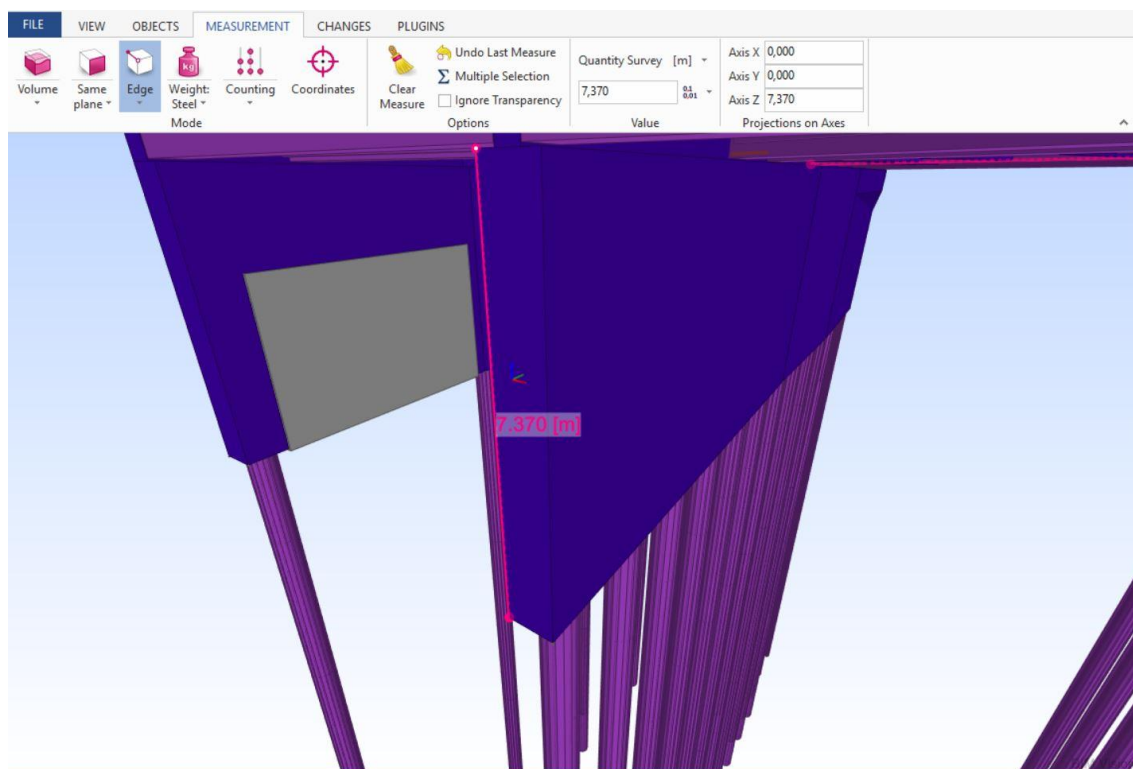
Kuva 6. IFC-malli sekä Types-lista. Kaikki valinnat ovat aktiivisia tässä kuvassa, eli kaikki tietomallin sisältämät objektit ovat näkyvissä.

Bim Visionilla on mahdollista suorittaa objektien mittauksia Measurement-valikon toiminnoilla. Mittaus toimintoja ovat tilavuuden laskenta, pinta-alan laskenta, objektien mittaus, massan laskenta sekä koordinaattien esitys. Yleisesti tärkeimmät työkalut ovat koordinaattien esitys sekä objektin mittaus. Koordinaattien esityksellä on mahdollista selvittää objektin nurkkapisteiden koordinaatit. Tietomalli on projektikoordinaatistossa, joten XY-koordinaatit eivät ole suoraan hyödynnettävissä esimerkiksi maastoonmerkintä lähtötiedoksi. Korkeuden tietoa voidaan hyödyntää suunnitelma aineistoja tutkittaessa. Suunnitelmadokumenttien mittakuvissa on yleisesti paljon mitoituksia ja korkeuslukemia, joten tietomallista korkeuksien avulla pystytään hahmottelemaan selkeämmin, minkä rakennusosan korkeus on kyseessä.



Kuva 7. Rakenneseosan kulmapisteen koordinaatit. X- ja Y-koordinaatit näkyvät projektikoordinaatistossa, mutta tässä esimerkkitapauksessa korkeus on todellisessa kunnan korkeusjärjestelmässä.

Objektien mittaus työkalusta on hyötyä tehdessä suunnitelmadokumenttien tulkintaa. Tietomallista on yleisestikin hyötyä suunnitelmadokumenttien tulkitsemisessä, kolmiulotteinen malli auttaa havainnollistamaan rakennettavaa kohdetta. Objektien mittaustyökalu on Measurement-valikossa, mittaustyökalun saa käyttöön valitsemalla Edge-toiminto aktiiviseksi. Tällöin viemällä hiiren osoitin objektin päälle lähimmän objektin viivan pituuden lukema esitetään näkymässä. Tällä työkalulla voi siis liikutella hiirtä vapaasti, ja samalla lähimmän viivan pituuden lukema on näkyvillä.



Kuva 8. Kuvassa on käytössä Edge-mittaustyökalu, joka osoittaa hiiren osoitinta lähimpänä olevan viivan pituuden.

Bim Vision on käyttäjäystävällinen ja helppokäyttöinen ohjelmisto, jota voisin suositella maanmittaajalle käytettäväksi tietomallipohjaiselle työmaalle.

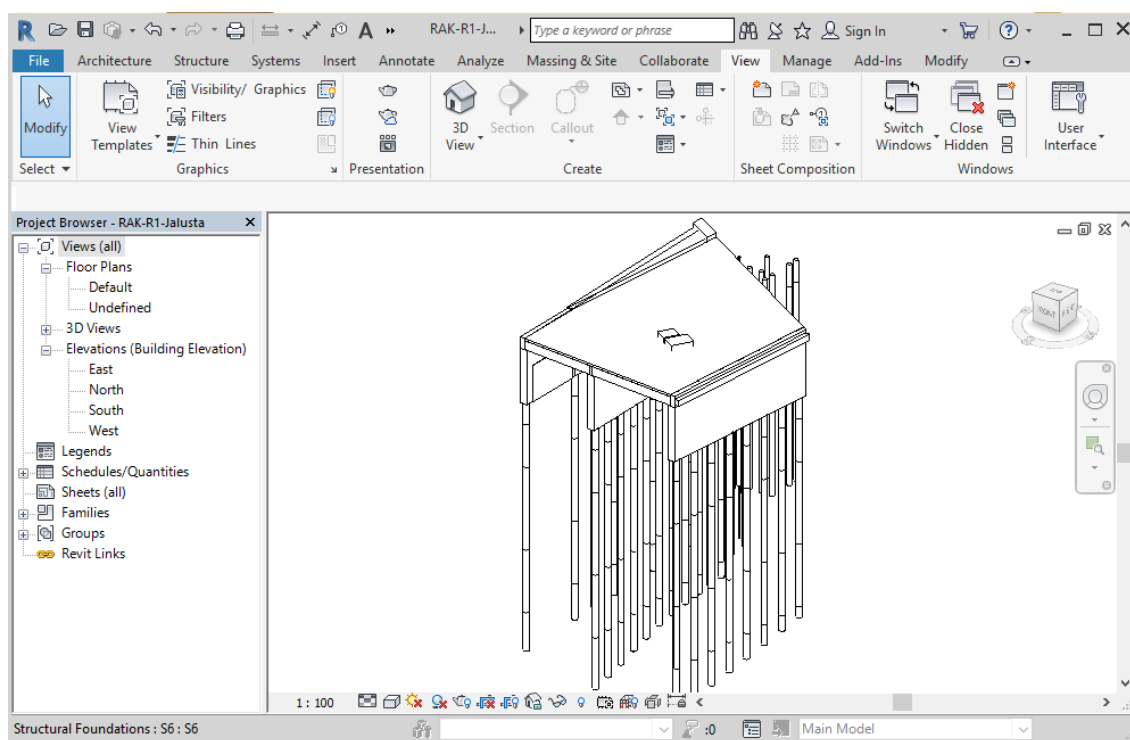
4.2 Tietomallista mittausaineisto

4.2.1 Autodesk Revit-ohjelmisto

Tässä osiossa käydään läpi tietomallin käsittely mittausaineistoksi Autodesk Revit-ohjelmistolla, jolla suoritetaan IFC-mallista haluttujen rakennusosien valinta mittausaineistoon ja tiedosto muunnetaan DWG-tiedostomuotoon. Prosessi suoritettiin Autodesk Revit 2018-ohjelmistolla. Revit on kehitetty käytettäväksi arkkitehtien ja eri alojen suunnittelijoiden tietomallien suunnittelutyöhön. Tässä osiossa käydään läpi ohjelmiston perustoiminnot, joilla tietomallista saadaan valitut rakennusosat kirjoitettua haluttuun tiedonsiirtoformaattiin, minkä jälkeen aineisto viimeistellään 3D-Win-sovelluksella mittauslaitteelle käyttökelpoiseksi mittausaineistoksi.

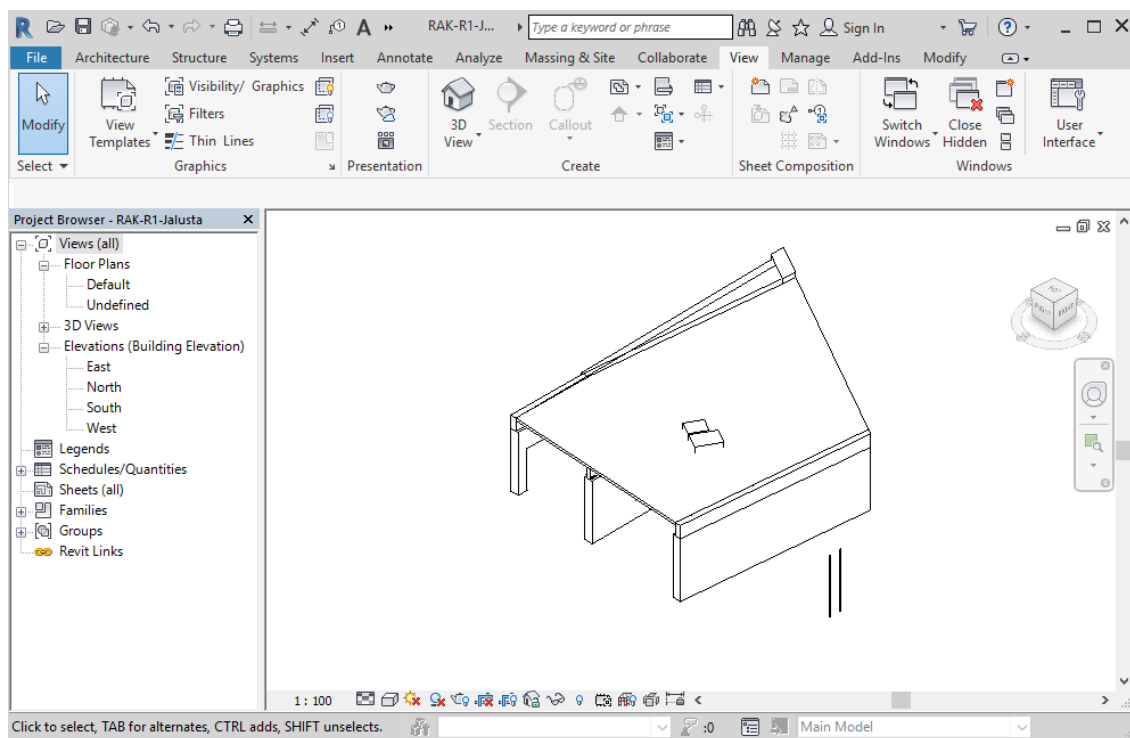
Prosessi alkaa siitä, että työstettävä IFC-malli ladataan projektipankista tietokoneelle. Tässä tapauksessa esimerkki mallina käytettiin Tampereen Kansi ja Areena-työkohteen rakennus 1:n jalustan mallia. Tietomalli tallennetaan tietokoneelle haluttuun hakemistoon, esimerkiksi paikkaan, johon ladataan alkuperäiset tietomallit. Tällöin työstetyt mallit löytyvät samasta hakemistosta ja tiedetään aina, mistä mallista mittausaineisto on työstetty. Tietomalleja päivitetään projektipankkiin säännöllisesti, joten on erityisen tärkeää käyttää aina viimeisintä versiota, jotta varmistutaan tiedon olevan ajantasaista.

Tietomalli avataan Revit-ohjelmistolla seuraavaa polkua pitkin: File- Open- Open IFC-file, minkä jälkeen avautuu ikkuna, jossa työstettävä malli avataan hakemistosta, johon se on aikaisemmin tallennettu. Tämän jälkeen tietomalliprojekti avautuu, vaikka näkymä on alkuun tyhjä. Tietomallin saa näkyviin valitsemalla ylävalikosta View ja valinta 3D view, minkä jälkeen tietomalli avautuu näytölle. Näytöllä oikeassa yläkulmassa on katselusuunnan valinta, jonka avulla tietomallia on mahdollista tarkastella haluamastaan suunnasta. Viemällä hiiri tietomallin elementin päälle näytön alarivillä lukee rakennuselementin luokitus. Tästä tiedosta on hyötyä siinä vaiheessa, kun tietomallista jätetään näkyviin vain halutut elementit.



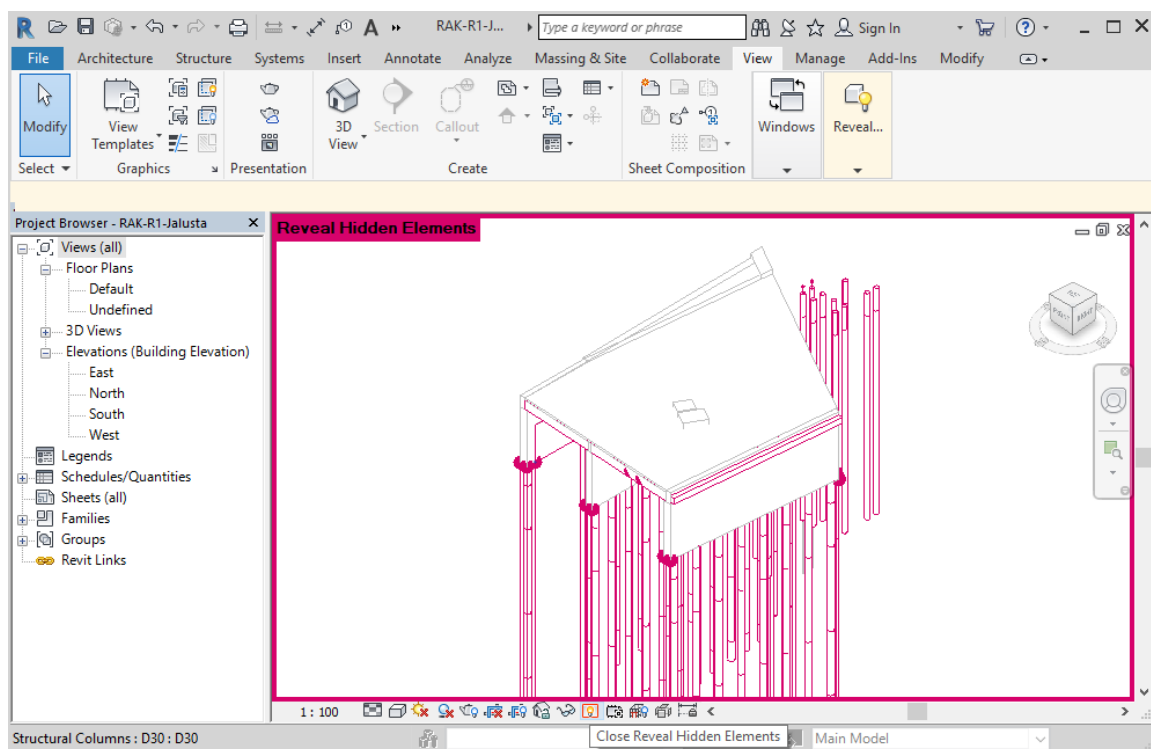
Kuva 9. Revit-ohjelmistolla avatun IFC-mallin perusnäkymä. Kuvan vasemmassa alareunassa näkyvissä elementin luokitus, jonka päällä hiiren osoitin on viimeksi ollut.

Tietomallista voidaan piilottaa rakennusosia eli elementtejä eri tavoilla. Yksi tapa on valita jokin rakennusosa aktiiviseksi valitsemalla hiirellä vaikkapa mallinnettua paalua. Tämän jälkeen painamalla hiiren oikeaa painiketta avautuu valikko, josta valitaan Hide in view. Yksittäisen elementin voi piilottaa näkyvistä valitsemalla Hide in view-valikosta Elements, minkä jälkeen yksittäinen elementti katoaa näkyvistä. Halutessa voidaan poistaa näkyvistä kaikki samoin luokitellut elementit, mikä onnistuu valitsemalla Hide in view-valikosta tällä kertaa Category. Tällä toiminnolla kaikki saman luokituksen elementit piilotetaan näkymästä.



Kuva 10. Paalut on piilotettu näkyvistä Hidden in view-valikon Category-toiminnolla.

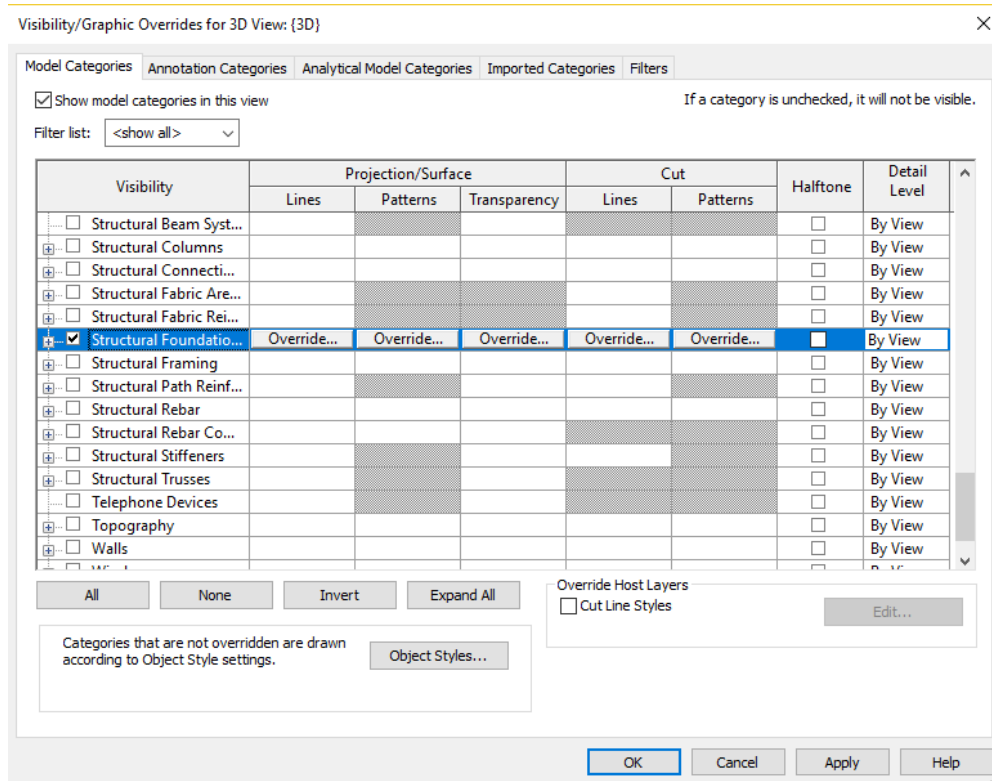
Piilotetut elementit saadaan takaisin näkyviin Reveal hidden elements-toiminnolla. Valittaessa edellä mainittu toiminto avautuu näkymä, jossa piilotetut elementit näkyvät korostetusti punaisena ja näytöllä esitetyt elementit harmaana. Piilotetut elementit saadaan takaisin näkyviksi elementeiksi valitsemalla jokin piilotettu elementti. Hiiren oikeaa painiketta painamalla avautuu lista valinnoista, joista valitaan Unhide in view ja Category. Toiminnon suorittamisen jälkeen piilotetut elementit ovat taas näkyvissä.



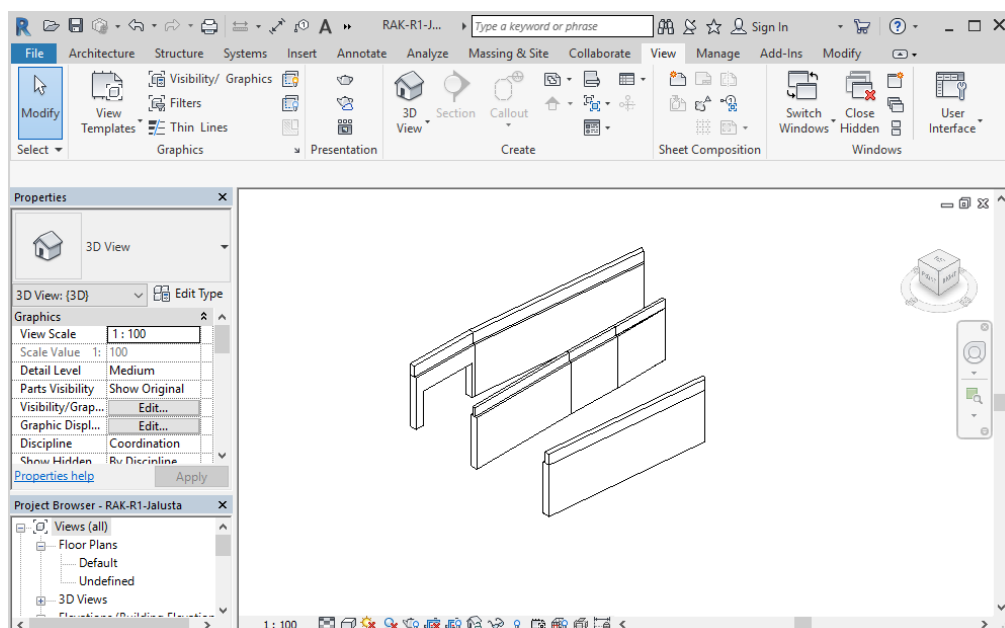
Kuva 11. Valitsemalla alariviltä Reveal hidden elements avautuu ylläesitetty näkymä. Punaisella värjätty elementit ovat piilotettuja ja harmaan väriset ovat näkyviä. Tässä näkymässä voidaan palauttaa piilotetut elementit näkyviksi.

Toinen tapa piilottaa elementtejä on View-valikon valinta Visibility/Graphics. Tällä tavalla toimittaessa täytyy ensiksi selvittää, miten halutut elementit on luokiteltu, mikä selviää viemällä hiiren osoitin halutun elementin päälle. Seuraavassa esimerkissä halutaan jättää näkyviin ainoastaan rakennuksen seinät, jotka on luokiteltu Structural Foundations-luokkaan.

Avataan Visibility/Graphics-ikkuna, jolloin avautuu lista kaikista näkyvissä olevista luokituksista. Valitsemalla All, valintalista muuttuu siniseksi, jolloin kaikki kategoriat ovat valittuna. Seuraavaksi valitaan ylimpänä olevan Air Terminalsin kohdalta valinta tyhjäksi, minkä jälkeen kaikki elementit piilotetaan näkymästä. Tällä tavalla toimittaessa tietomallista saadaan piilotettua esimerkkitapaukseen tarpeettomat elementit näkyvistä yhdellä toimenpiteellä. Toinen vaihtoehto olisi yksitellen poistaa luokitus näkyvistä, mutta se on työlästä, koska tässä esimerkkitapauksessa luokituksia on kymmeniä. Tässä esimerkissä tietomallista poimitaan seinärakenteet maastomittausaineistoon, joten kategorialistalta valitaan Structural Foundations-luokitus aktiiviseksi, jolloin ainoastaan seinän rakenteet ovat näkyvissä.

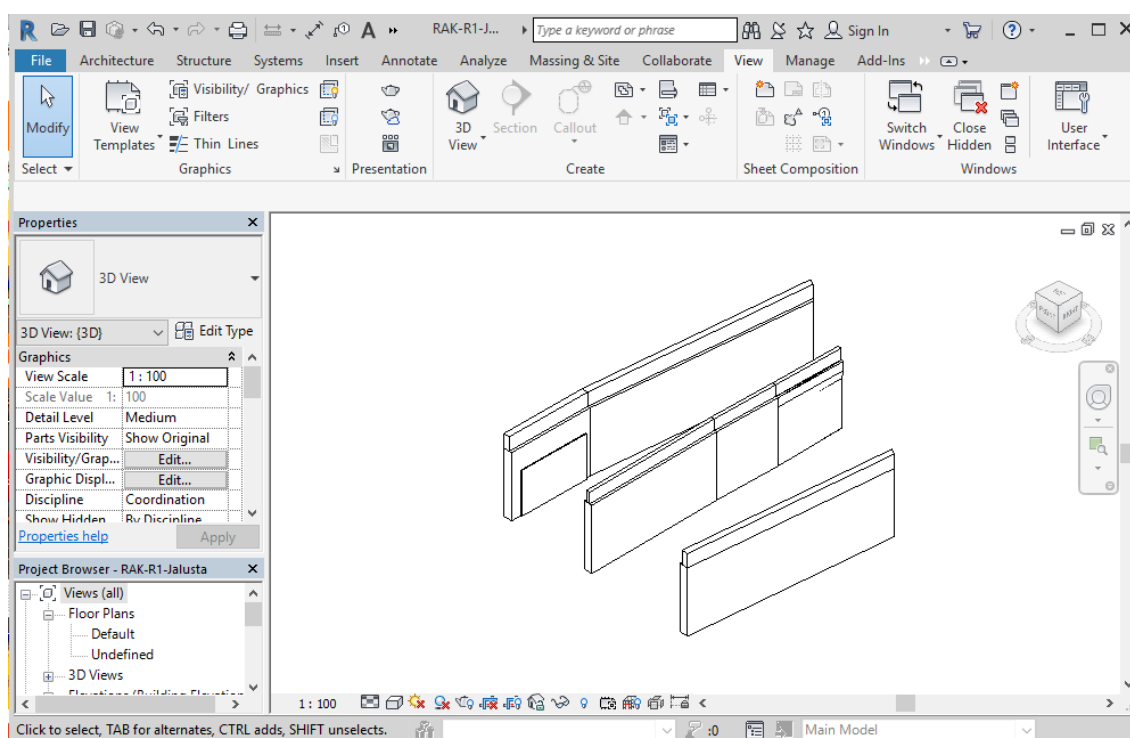


Kuva 12. Visibility/Graphics-ikkuna. Ainoastaan Structural Foundations-luokitus on valittuna aktiiviseksi, jolloin muut elementit eivät näy työnäkymässä.



Kuva 13. Vain Structural Foundations-luokkaan luokitellut elementit.

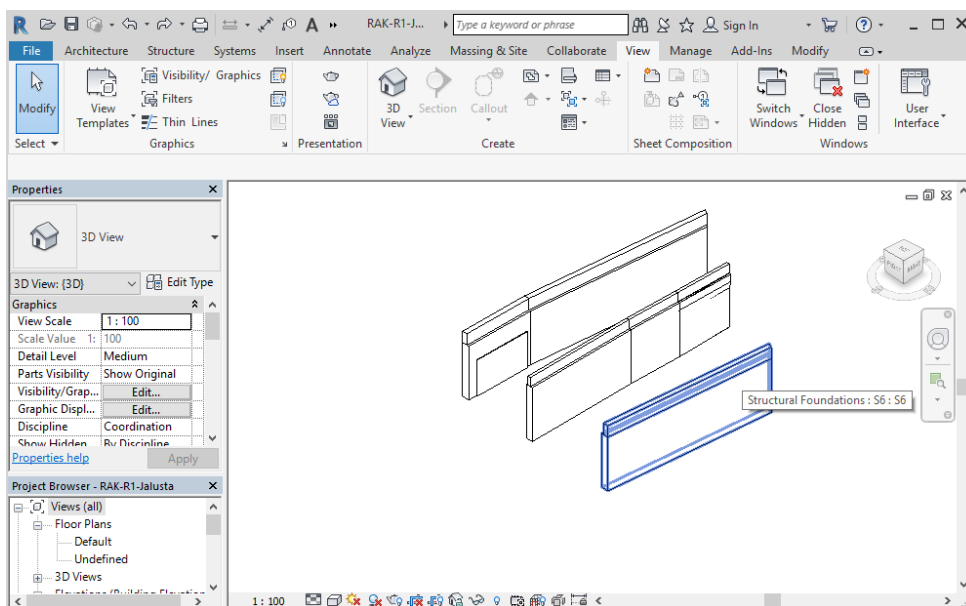
Kuten kuvassa 13. on esitetty, taaimmassa seinässä on aukko. Tämä johtuu siitä, että elementti on luokiteltu Structural Framing-kategoriaan, kun seinät muuten ovat Structural Foundation-kategoriassa. Aukkoon kuuluvan elementin luokitus vaihdetaan samaksi kuin muutkin seinärakenteet. Muutos tapahtuu seuraavanlaisesti: Valitaan Visibility/Graphics-listalta Structural Framing näkyväksi elementiksi, minkä jälkeen kaikki Structural Framing-luokitellut elementit ovat taas näkyviä. Valitaan seinästä puuttuva elementti aktiiviseksi, ja suoritetaan toiminto Edit Family. Avautuu uusi näkymä, jossa avataan Family Category and Parameters-toiminto elementin luokituksen muuttamiseksi. Listalta valitaan kategoria, johon elementti siirretään ja hyväksytään toimenpide. Tämän toimenpiteen jälkeen Visibility/Graphics-listalta piilotetaan Structural Framing varmistukseksi, että elementti siirtyi Structural Foundation-kategoriaan.



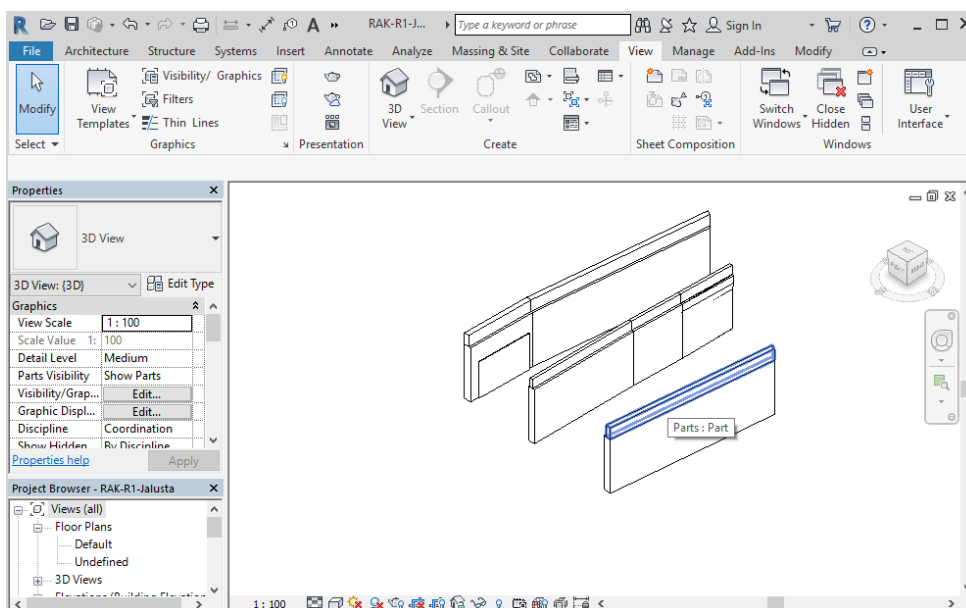
Kuva 14. Tässä kuvassa esitetään suoritettu elementin luokituksenvaihto.

Elementit ovat alkuperäisesti muodostettu niin, että seinän kaikki viivat ovat yhtenäisiä. 3D-Win-sovelluksella suoritettavaa tiedoston käsittelyä varten tulee suorittaa elementtien osittaminen Create Parts-toiminnolla. Ilman tätä toimintoa tiedosto ei aukea 3D-Win-sovelluksella oikein. Ilman Create Parts-toimintoa 3D-Win sovelluksella avattava tiedosto sisältää vain satunnaisia pisteitä ja viivaelementit puuttuvat kokonaan. Create-

Parts-toiminto suoritetaan valitsemalla kaikki elementit työnäkymässä aktiivisiksi, minkä jälkeen Modify-ikkunasta valitaan Create Parts.



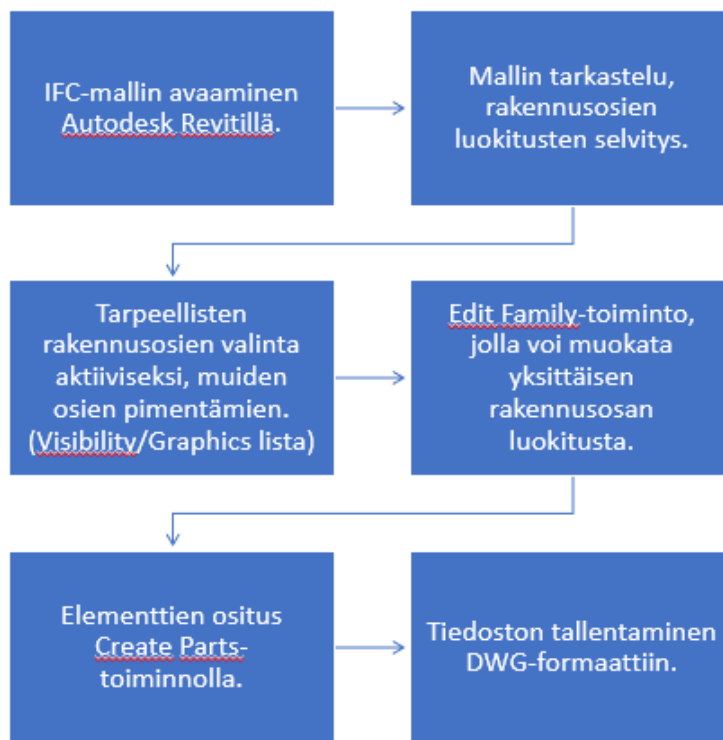
Kuva 15. Voidaan havaita seinän viivojen olevan yhtenäisiä.



Kuva 16. Create Parts-toiminnon jälkeen seinän elementit on jaettu osiin.

Seuraavaksi IFC-malli kirjoitetaan haluttuun tiedonsiirtoformaattiin jatkokäsittelyä varten. Tässä tapauksessa tiedosto kirjoitetaan DWG-formaattiin. DWG-aineistoon tallentuvat

vain aktiiviset elementit, tässä esimerkissä seinärakenteet eli Structural Foundations-luokitus. Tiedoston kirjoitus tapahtuu seuraavasti: Avataan File-valikko, josta valitaan Export- Cad Formats- DWG. Tällöin avautuu esikatseluikkuna, jossa voidaan määritellä, mitä tietoa halutaan kirjoittaa uuteen tiedostoon. Tässä tapauksessa hyväksytään oletus ja tallennetaan DWG-tiedosto haluttuun hakemistoon.

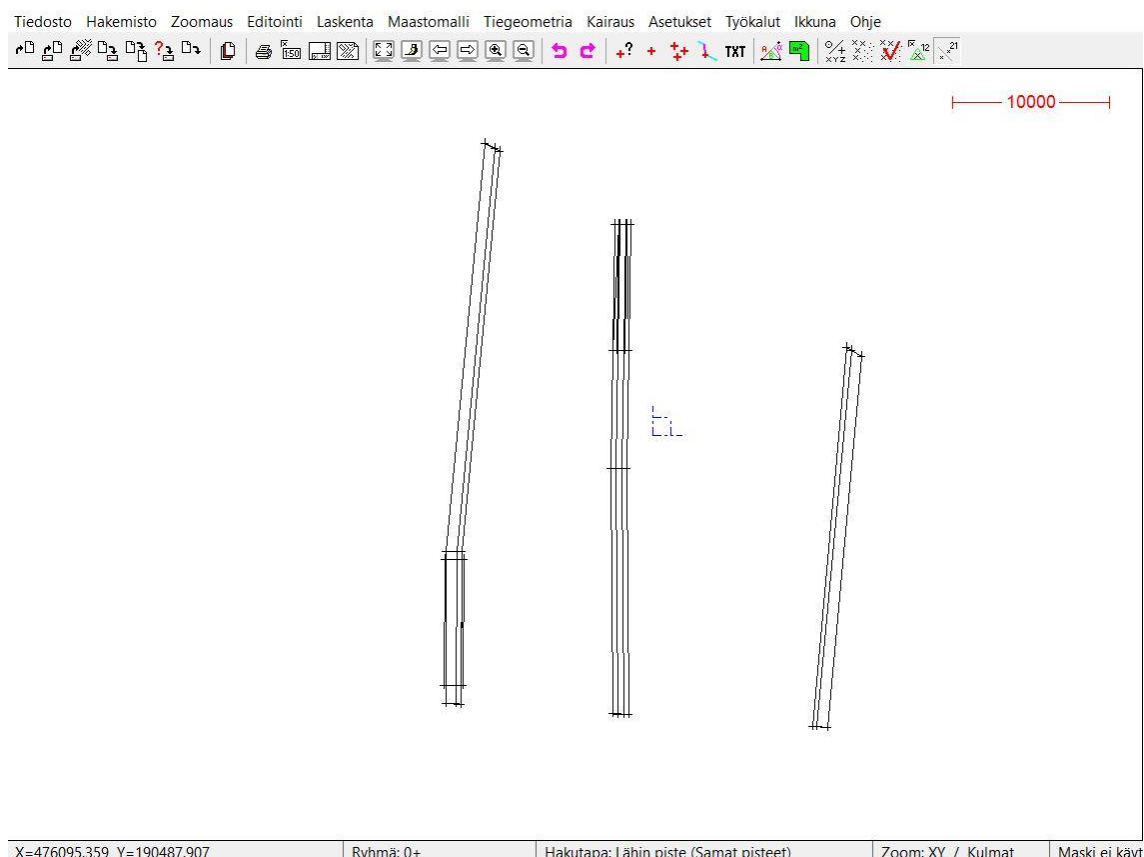


Kuva 17. Kaaviossa Revit-ohjelmistolla suoritettun prosessin kulku.

4.2.2 3D-Win-ohjelmistolla suoritettava editointi

3D-Win-ohjelmisto on kehitetty maastomittaustiedon käsittelyä ja luomista varten, joten DWG-aineiston muokkaaminen on luontevaa viimeistellä kyseisellä ohjelmistolla. Tietomalli on alkuperäisesti suunniteltu millimetri-mittayksikköön sekä omaan projektikoordinaatistoon. Kunnan koordinaattijärjestelmä on tässä tapauksessa ETRS, karttaprojektio ja käytetty keskimeridiaani on GK24 ja korkeusjärjestelmä on N2000. DWG-tiedosto täytyy tällöin muuttaa millimetreistä metreiksi sekä muuntaa projektikoordinaatistosta kunnan koordinaattijärjestelmään.

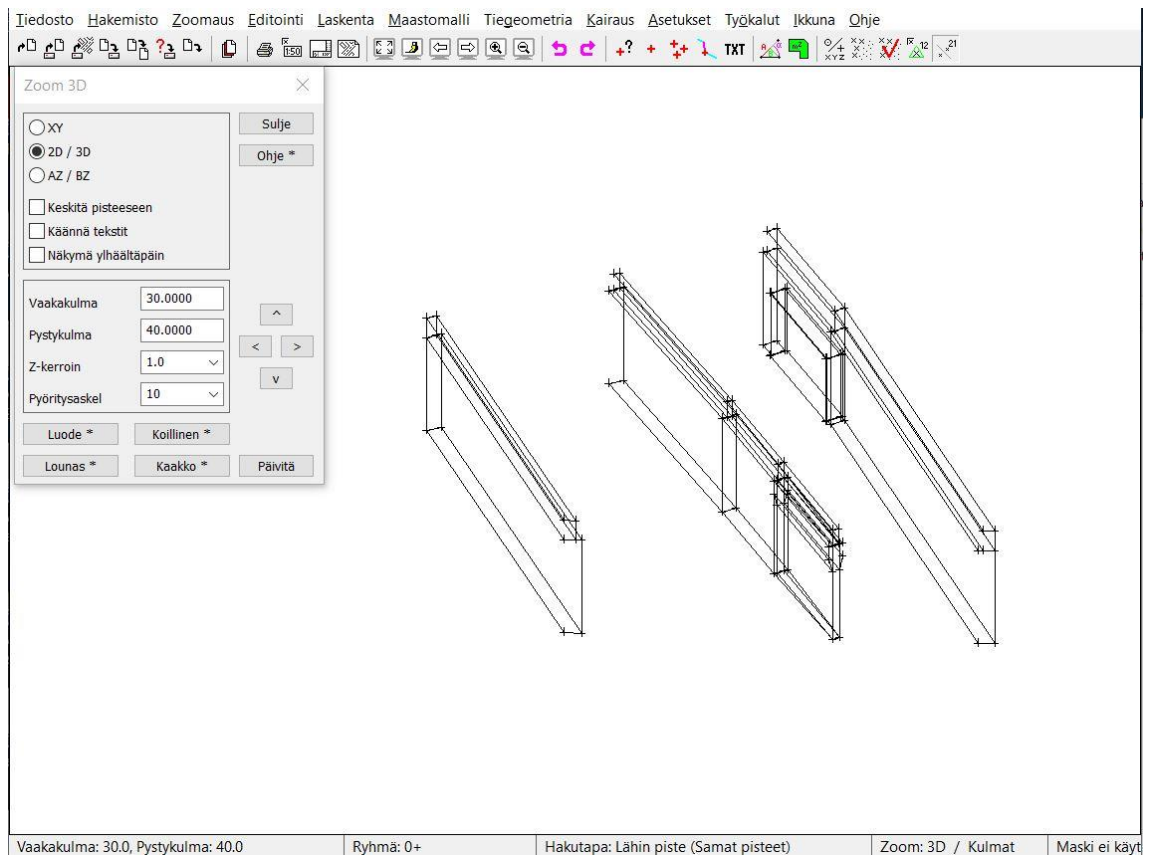
Tiedoston käsittely aloitetaan avaamalla DWG-tiedosto seuraavaa polkua pitkin: Tiedosto- Formaati- Vektoritiedosto- Dwg2 ja valitaan editoitava tiedosto. Tiedosto avautuu tämän jälkeen näkymään. Ensimmäiseksi tarkistetaan tiedoston koordinaattijärjestelmä ja mittayksikkö. Ruudun vasemmassa alareunassa näkyvät hiiren osoittimen koordinaatit, joista voidaan havaita tiedoston olevan projektikoordinaatistossa. Mikäli tiedoston sisältämä aineisto olisi GK- tai Kkj-koordinaatistossa, hiiren osoittimen koordinaattilukeman perässä lukisi suluisissa käytetyn koordinaattijärjestelmän nimi. Näytön oikeassa yläreunassa näkyy mittajana, joka muuttuu zoomauksen mukaan.



Kuva 18. Avattu DWG-tiedosto 2D-näkymässä. Kuvan vasemmassa alareunassa näkyy hiiren osoittimen sijainti ja oikealla yläkulmassa näkyy mittajana.

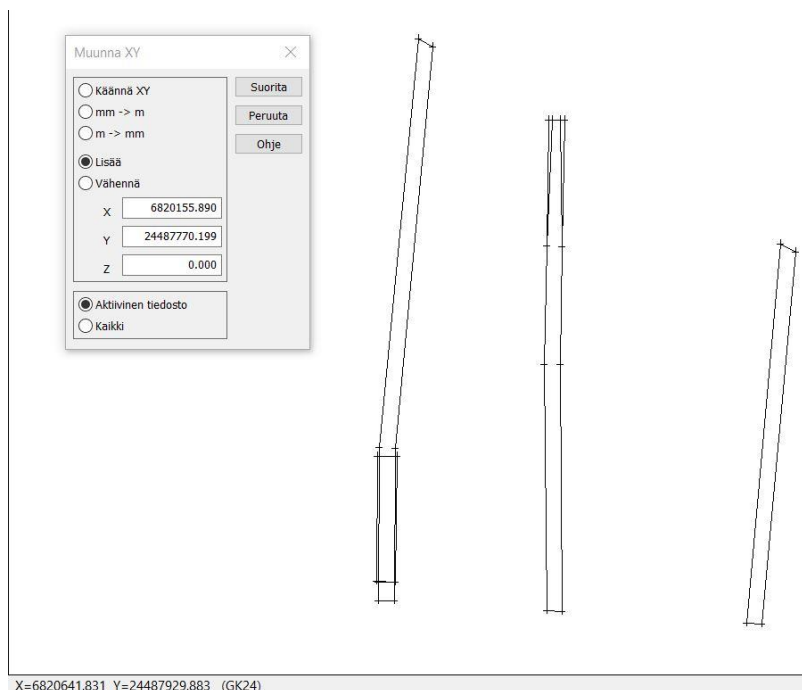
Ennen muokkaamista tiedostoa tarkastellaan kolmiulotteisessa näkymässä, jolloin esimerkiksi viivojen yhdistämisen oikeellisuutta on mahdollista tarkastella visuaalisesti. 3D-näkymään voi siirtyä Zoomaus-valikosta valitsemalla 3D. Tällöin avautuu valikko, josta voi valita täsmällisesti halutun katselukuvakulman. Toinen vaihtoehto kolmiulotteiselle tarkastelulle on näppäimistön Insert-painiketta painamalla, jolloin karttaikkunan

esitystapa muutetaan kolmiulotteiseksi. Painamalla uudelleen Insert-painiketta kuvakulma vaihtuu takaisin alkuperäiseen 2D-näkymään.



Kuva 19. Zoom 3D-ikkuna, jossa kuvakulmaa voidaan säätää halutuksi.

Mittayksikön ja koordinaattijärjestelmän muuntaminen suoritetaan seuraavasti. Toiminnot suoritetaan Laskenta- Muunnokset- Muunna XY-toiminnolla. Ensimmäiseksi valitaan aktiiviseksi muunnos millimetreistä metreiksi ja hyväksytään muunnos Suorita-toiminnolla. Koordinaattijärjestelmän muunnos suoritetaan seuraavasti. Muunna XY-ikkunasta valitaan aktiiviseksi toiminnoksi Lisää, ja lisätään X- ja Y-koordinaatteihin projektikoordinaatiston origon koordinaatit kunnan ETRS GK24-koordinaattijärjestelmässä. Toiminto lisää tiedoston kaikkien pisteiden koordinaatteihin edellä määritetyt X- ja Y-koordinaattiarvot. Siten origon koordinaatit projektikoordinaatistossa ovat $X=0$ ja $Y=0$, jota vastavan pisteen koordinaatit kunnan koordinaattijärjestelmässä ovat $X=6820155.890$ ja $Y=24487770.199$. Toiminto hyväksytään valitsemalla Suorita.



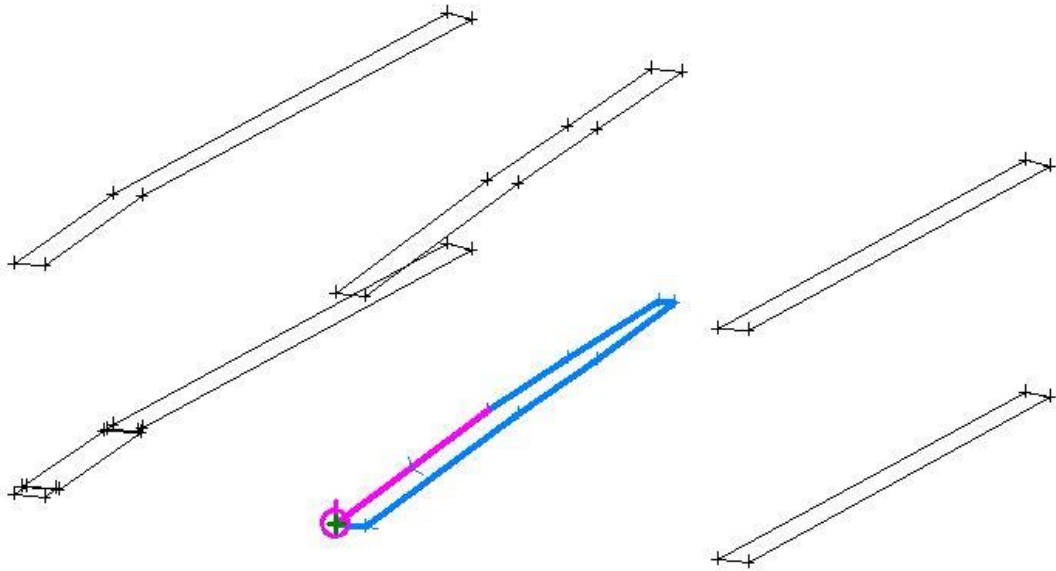
Kuva 20. Muunna XY-toiminnot. Lisää-toiminto on aktiivisena, jolloin X- ja Y-riveille syötetyt arvot lisätään tiedoston kaikkien elementtien koordinaatteihin. Kuvassa esitetään myös millimetreistä metreiksi muunnin, eli mm -> m toiminto.

Muunna XY-toiminnolla tehtyjen muutosten jälkeen tiedostosta poimitaan viivat, jotka ovat oleellisia maastoon merkintää varten. Aineistoa editoidaan niin, että maastomittaus-aineistossa on vain seinän alapinnan ja yläpinnan viivat. On syytä ottaa huomioon, että viivoja on katkaistava ja poistettava paljon, jotta aineistosta saadaan tämäläinen. Tämä onnistuu Editoi viivaa-toiminnolla valitsemalla viiva, jonka haluaa katkaista tai poistaa kokonaan. Tämä editointitapa on kuitenkin työläs, ja alkuperäinen aineisto olisi hyödyllistä pitää taustalla muuttumattomana.

Tässä esimerkissä esitetään yksi toimintatapa viivojen poimintaa varten, vaihtoehtoja on monia muitakin. Tässä esitetään seinän viivojen luonti alkuperäistä tiedostoa hyödyntäen. Uudet ala- ja yläpinnan viivat luodaan alkuperäisen tiedoston viivojen päälle. Tällä tavalla toimittaessa ensiksi valitaan hakutavaksi lähin piste, jolloin hiirellä valitaan automaattisesti lähin piste uuden viivan taitepisteeksi. Uusi viiva luodaan Editoi viivaa- Uusi-toiminnolla. Uudet viivat koodataan vapaasti valittavalla koodilla, jonka perusteella uudet viivat myöhemmin poimitaan omaan tiedostoonsa. Viivojen luonti suoritetaan 3D-näkymässä, koska tällöin alapinnan viivat näkyvät tiedostosta. 2D-näkymässä ylä- ja alapinnan viivat ovat päällekkäin, joten alapinnan viivojen luonti on haastavaa.

Tiedostosta poimitaan uudet viivat koodiin perustuvalla hakutoiminnolla. Hakukenttään syötetään viivojen luonnissa määritelty koodi, jonka perusteella hakutoiminto valitsee tiedostosta kaikki samalla tavalla koodatut viivat ryhmään. Ryhmässä olevat viivat poimitaan uuteen elementtiin alkuperäisestä tiedostosta. Ryhmään kuuluvien pisteiden poiminta uuteen elementtiin toteutetaan Editointi-valikon Poimi pisteryhmä-toiminnolla. Tämän jälkeen elementtien valintalistalla on kaksi tiedostoa, alkuperäinen DWG-tiedosto sekä uudet viivat sisältävä tiedosto 3D-win-sovelluksen omassa tiedostoformaattissa.

Edellisessä esimerkissä vain tarvittavat viivat poimitaan omaksi tiedostoksi, joka on sellaisenaan käyttökelpoinen mittaussaineisto. Alkuperäinen DWG-tiedosto tallennetaan ja säilytetään muuttumattomana, jotta se on hyödynnettävissä myöhemmin tarpeen vaatiessa. Tällöin koko prosessia ei tarvitse aloittaa alusta.

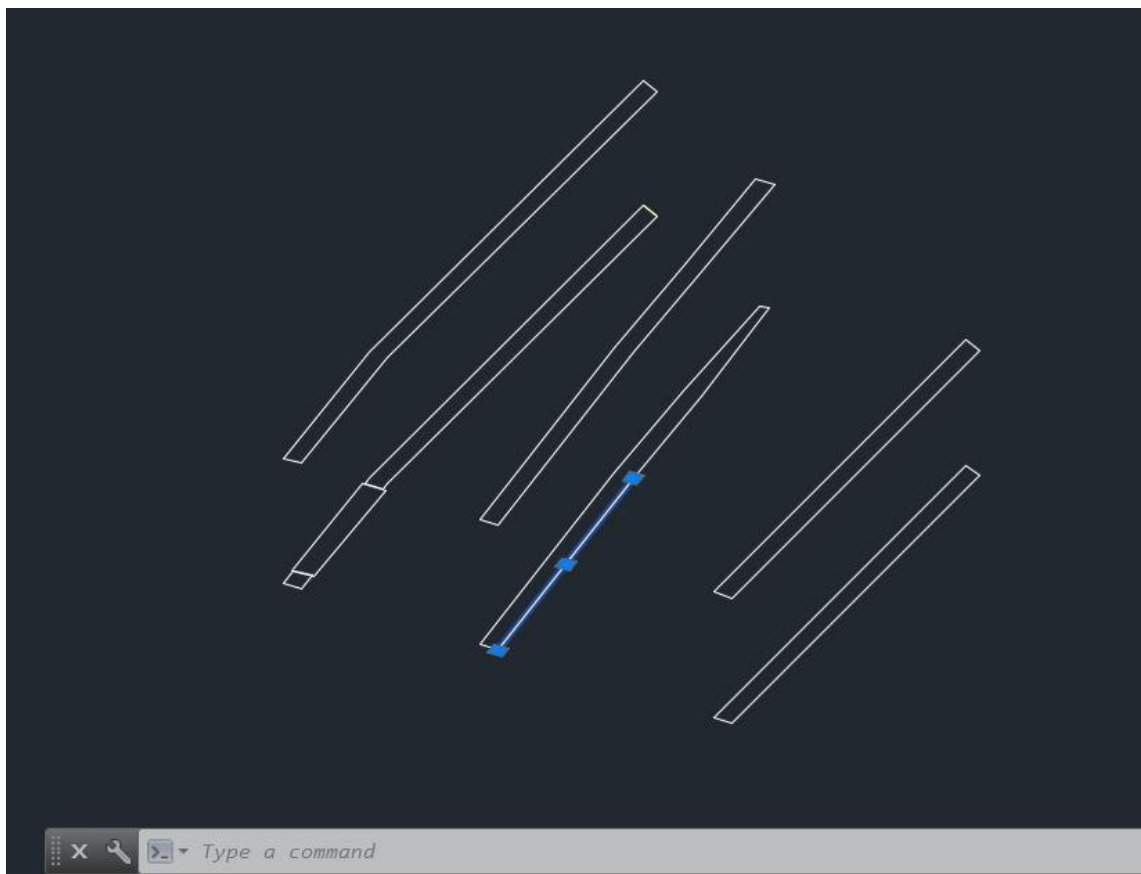


Kuva 21. Seinän ylä- ja alapinnan viivat sisältävä elementti 3D-näkymässä. Tämä tiedosto kirjoitetaan DXF- tai DWG-formaattiin.

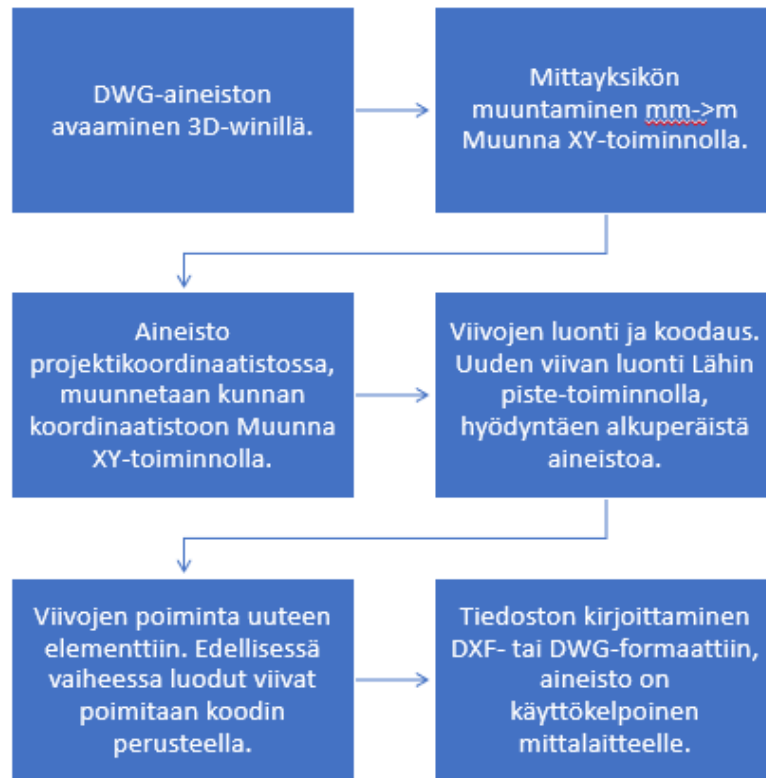
Mittaussaineisto kirjoitetaan DXF- tai DWG-formaattiin, joita kumpaakin formaattia käytetään mittauslaitteelle tiedonsiirtoformaattina. Tässä esimerkkitapauksessa käytetään tiedonsiirtoformaattina DXF-formaattia. Tiedosto kirjoitetaan seuraavasti: Tiedosto-

Formaatit- Kirjoita- Dxf2, hyväksytään toiminto ja tallennetaan tiedosto valittuun hakemistoon.

Kuten kuva 21. osoittaa, tiedoston viivat ovat yhtenäisiä. Tällaisia viivoja on vaikea käyttää maastoonmerkinnässä, esimerkiksi taitekohdan tarkkaa sijaintia on vaikea määrittää. Tiedoston viivaketjut katkaistaan yksittäisiksi viivoiksi AutoCadilla. Mittausaineisto avataan AutoCadilla Open- Drawing ja valitaan editoitava tiedosto. Viivaketjujen katkaisu suoritetaan Explode-toiminnolla. Toiminto valitaan käytettäväksi kirjoittamalla komentoriville Explode. Seuraavaksi valitaan viivat, joille toiminto suoritetaan. Tässä esimerkitapauksessa valitaan kuvanäkymästä kaikki viivaketjut katkaistaviksi ja Enter-painikkeella hyväksytään toiminto. Valmis mittausaineisto tallennetaan.



Kuva 22. Mittausaineisto AutoCAD-ohjelmistolla. Kuvassa esitetään viivaketjujen katkaisun jälkeinen aineisto.



Kuva 23. 3D-Win-ohjelmistolla suoritettavan prosessin kulku.

5 Yhteenveto

Insinööriyön aihevalinta perustui omaan mielenkiintoon valittua aihetta kohtaan. Aihe tuntui myös nykyisten työtehtävieni kannalta houkuttelevalta valinnalta. Työssä käytetyt ohjelmistot toimintoihien tulivat tutuiksi, ja YTV2012-ohjeistuksiin perehtymällä sain aiheesta hyvän yleiskäsityksen.

Visuaalista tarkastelua varten Bim Vision-ohjelmisto vaikuttaa käytännölliseltä ohjelmistolta. Visuaaliseen tarkasteluun tarkoitetuista ohjelmistoista on useita vaihtoehtoja, mutta tässä opinnäytetyössä keskityttiin vain Bim Visioniin. Bim Visionin etuja ovat käyttäjäystävällisyys sekä riittävät ja selkeät toiminnot. Tietomallit avautuvat nopeasti, ja niiden tarkastelu sujuu ongelmitta.

Tietomallin muokkaamisessa mittausaineistoksi Revit vaikuttaa tämän käyttökokemuksen perusteella hyvältä ohjelmistolta. Ohjelmistolla pystyy suorittamaan myös visuaalista tarkastelua. Ohjelmistolla pystyi siistimään aineistosta sellaisen, joka on editoitavissa 3D-winillä valmiiksi mittausaineistoksi. Luultavasti kokeneempi käyttäjä pystyisi hyödyntämään ohjelmiston laajaa työkaluvalikoimaa tehokkaammin. Näin vähäisellä käyttökokemuksella kuitenkin onnistuin tuottamaan Revitillä sellaisen aineiston, jota tavoittelin. Etuna voidaan pitää sitä, että tietomallin käsittelyyn vaadittavat toimenpiteet pystytään toteuttamaan Revitillä, eli aineistoa ei tarvitse käyttää jossakin muussa sovelluksessa ennen 3D-Win-sovelluksella tehtävää tiedoston editointia. Tämä vähentää eri ohjelmistojen tarvetta sekä mahdollisuutta tiedon muuttumisesta eri ohjelmistojen välillä siirrettäessä.

3D-Win oli tuttu ohjelmisto jo koulusta ja aiemman työkokemuksen perusteella, ja sen toiminnot ovat pääosiltaan tuttuja. Insinööriyössä esitettyjä toimintatapoja voi soveltaa monella eri tavalla. Tässä insinööriyössä esitetyt toimintatavat ovat vain yksi esimerkki mittausaineiston luomisesta.

Insinööriyötä tehdessä sain paremman käsityksen tietomallintamisesta ja tietomallipohjaisesta rakennushankkeesta. Teoriaan perehtymisestä oli hyötyä, jotta kokonaiskuva hahmottuu paremmin. Prosessien kulusta kirjoittaessa sain käyttökokemusta ohjelmistoihin, ja varsinkin Revit-ohjelmiston käyttäminen oli mielekästä, sillä toiminnot täytyi itse

oivaltaa. Työhön oli syytä lisätä paljon kuvia prosessien eri vaiheista, jotta lukijalle tulisi selkeämpi kuva prosessin kulusta.

Lähteet

- 1 Jäväjä, Päivi & Lehtoviita, Timo. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. E-kirja. Rakennustieto.
- 2 Rakennushankkeen kustannushallinta. 2018. Talonrakennusteollisuus ry. Metropolia LibGuides
- 3 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. 2012. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. < <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.>
- 4 Yleinen osuus 2012. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. < <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/> >
- 5 Lähtötilanteen mallinnus. 2012. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. < <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/> >
- 6 Laadunvarmistus. 2012. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. <<https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/> >
- 7 Tietomallit ylläpidossa. 2016. Verkkoaineisto. Senaatti-kiinteistöt, Esa Halmetoja. <https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf>
- 8 Oksanen, Riku. 2010. Projektipankin käyttö rakennushankkeessa. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 9 Arkkitehtisuunnittelu. 2012. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. < <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/> >
- 10 IFC Introduction. Verkkoaineisto. Building Smart. <<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/>> Luettu 15.2.2019
- 11 Trimble kannattaa avointa tietomallia (Open Bim). Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/open-bim>> Luettu 15.2.2019
- 12 IFC- DXF- ja DWG tiedonsiirto. 2009. Verkkoaineisto. Micro Aided Design Oy. <<https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja13/YS.DWG%20-%20IFC-%20DXF%20ja%20DWG-tiedonsiirto.pdf>> Luettu 15.2.2019
- 13 Mikä on DWG?. 2009. Verkkoaineisto. Autodesk. < <https://www.autodesk.fi/products/dwg>> Luettu 15.2.2019
- 14 Bim Vision. Verkkoaineisto. Bim Vision. < <https://bimvision.eu/en/about/#>> Luettu 17.2.2019

- 15 3D-Win. Verkkoaineisto. 3D-system Oy. < <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>> Luettu 17.2.2019
- 16 Pihlajamäki, Minna. 2011. Sähköaseman mallinnus 3D:nä. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 17 Revit yleiskatsaus. Verkkoaineisto. Autodesk. < <https://www.autodesk.fi/products/revit/overview>> Luettu 22.2.2019