

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutus

Tuomo Immonen

TIETOMALLIPOHJAINEN TUOTANNON SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020
Insinööri, rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Tuomo Immonen

Nimeke
Tietomallipohjainen tuotannon suunnittelu

Toimeksiantaja
Lehto Asunnot Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tietomallin käyttöä työmaan tuotannon suunnittelussa yleisesti ja tapauskohtaisesti tutkittavan kohteen osalta. Työssä esitellään tämän lisäksi oleelliset huomioon otavat asiat tietomallin käyttöönotossa, jotta sitä pystytään hyödyntämään tehokkaasti. Tulosten pohjalta koottiin Lehto Groupin käyttöön erillinen dokumentti, jossa käydään tietomallin käytön onnistuminen tutkittavan kohteen osalta mahdollisimman yksityiskohtaisesti.

Työtä varten tutustuttiin aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja tutkittiin tietomallin käyttöä hankkeen aikana haastattelemalla yhdeksän hankkeen parissa työskennellyttä henkilöä. Haastatellut ovat toimineet hankkeessa muun muassa laskennassa, työnjohdossa ja projektinjohdossa. Kysymykset koostuivat yleisistä tietomallin käyttöön liittyvistä kysymyksistä sekä henkilöiden työtehtäviin liittyvistä tarkennetuista kysymyksistä.

Tietomallin koettiin nopeuttavan monia tuotannon suunnittelun tehtäviä ja sitä käytettiin erityisen paljon suunnitelmien hahmottamisen tukena sekä määrälaskennassa. Mallin käyttöä työmaalla hankkeen aikana vähensi erityisesti työnjohdon osaamattomuus tietomallin hyödyntämisessä sekä tietomallin päivityksessä olleet viiveet.

| | | |
|-------|----------------|----|
| Kieli | Sivuja | 25 |
| suomi | Liitteet | 3 |
| | Liitesivumäärä | 10 |

Asiasanat
tietomalli, tuotannon suunnittelu



THESIS
April 2020
Construction engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)

Tuomo Immonen

Title

Building Information Model in Construction Production Planning

Commissioned by
Lehto Asunnot Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to study the usage of building information model in construction production planning in general and on target site. The thesis also contains information about some matters that are relevant when using BIM efficiently. The results of the thesis were used to make a separate report which includes the successes and failures of BIM on target site. The report is only for the use of Lehto Group.

Nine people involved in the construction project were interviewed for the thesis. The persons interviewed were working as foremen, project managers and performing calculations. The questions were about how they use BIM at work in general and specifically in their work tasks.

BIM is seen as a positive new tool which helps and speeds up many production planning tasks. On construction site it was mostly used for visualizing traditional blueprints and quantity calculations. Employees lack of skills using BIM and delays in updating BIM compared to traditional blueprints were the main reasons why it was not used as efficiently as possible.

Language

Finnish

Pages

25

Appendices

3

Pages of Appendices

10

Keywords

building information model, BIM, production planning

Sisällysluettelo

| | |
|---|----|
| Lyhenteet | 5 |
| 1 Johdanto | 5 |
| 2 Tietomalli..... | 6 |
| 2.1 Tarkkuustasot ja vaatimukset | 7 |
| 2.2 Inventointimalli | 7 |
| 2.3 Arkkitehtimalli..... | 9 |
| 2.4 Rakennemalli | 9 |
| 2.5 TATE-mallit | 10 |
| 2.5.1 LVI | 10 |
| 2.5.2 Sähkö..... | 10 |
| 2.5.3 Läpiviennit ja varaukset | 10 |
| 2.6 Yhdistelmämalli..... | 11 |
| 2.7 Toteumamalli | 12 |
| 2.8 Tietomalliselostus | 12 |
| 3 Ohjelmat | 12 |
| 3.1 Solibri..... | 12 |
| 3.2 Trimble Connect..... | 13 |
| 3.3 Synchro Pro | 14 |
| 4 Tietomalli hankkeen aloituksessa | 14 |
| 4.1 Tietomallinnussuunnitelma | 14 |
| 4.2 Tietomallikoordinaattori..... | 15 |
| 5 Tietomallin käyttö hankkeen aikana | 16 |
| 5.1 Suunnittelun ohjaus | 16 |
| 5.2 Runkovaihe..... | 17 |
| 5.3 Sisävalmistusvaihe | 18 |
| 5.4 Visuaalinen esitys | 18 |
| 5.5 Määrälaskenta | 20 |
| 5.6 Aikataulu | 22 |
| 5.7 Työturvallisuus..... | 23 |
| 5.8 Aluesuunnitelma | 24 |
| 6 Vertailu 2D-piirustuksiin | 25 |
| 6.1 Tietomallin edut ja vahvuudet | 25 |
| 6.2 Tietomallin puutteet ja heikkoudet..... | 26 |
| 7 Tietomallin tulevaisuus..... | 27 |
| 7.1 Lisätty todellisuus..... | 27 |
| 7.2 Automatisoidut määrälaskennat ja kustannusarviot..... | 28 |
| 8 Pohdinta..... | 28 |
| Lähteet..... | 30 |

Liitteet

- Liite 1 Tietomallinnussuunnitelma
- Liite 2 Haastattelun kysymykset
- Liite 3 Massalaskennan tulokset

Lyhenteet

| | |
|------|--|
| 2D | Kaksiulotteinen. Kahden koordinaatin avulla luotu tasoesitys kappaleesta. |
| 3D | Kolmiulotteinen. Kolmen koordinaatin avulla luotu esitys kappaleesta. |
| 4D | Aikaa kuvaava ulottuvuus |
| 5D | Kustannuksia kuvaava ulottuvuus. |
| BCF | BIM Collaboration Format, standardi tiedostomuoto, joka mahdollistaa kommunikaation tietomallissa. |
| TATE | Talotekniikka |

1 Johdanto

Rakennusallalla käytetään edelleen laajasti yksinkertaisia tietokoneohjelmia tai papereita tuotannon suunnittelussa. Näillä menetelmillä ei pystytä havaitsemaan kaikkia ongelmia riittävän tehokkaasti kaikissa kohteissa, jolloin arvioidut aikataulut venyvät ja kustannukset ylittyvät. Syynä ongelmiin on usein tiedonkulun puute, suunnittelun virheet ja muutokset sekä työnjohdon riittävän ammattitaidon puute. (Ratajczak, Riedl & Matt 2019, 2.) Monet rakennusliikkeet ovatkin havainneet digitalisaation tarpeellisuuden vastaamaan nykyajan rakentamisen ongelmiin ja tuottavuuden parantamiseen.

Osa rakennusalan digitalisaatiota on tietomallien käyttöönotto ja kehittäminen osaksi jokapäiväistä työskentelyä sekä limittäminen muiden teknologioiden kanssa. Sen avulla voidaan selkeyttää viestintää ongelmatilanteissa, vähentää uudelleen suunnittelun tarvetta ja kuroa kiinni työnjohdon ammattitaitoon liittyviä eroja sekä muutenkin nopeuttaa tuotannon suunnittelun eri vaiheita.

Opinnäytetyössä tutkittu kohde on Lehto Asuntojen vuoden 2019 lopussa valmistunut As Oy Kuopion Pankki. Rakennus on alun perin valmistunut vuonna 1977, ja siinä on aikaisemmin sijainnut useita liiketiloja. Hankkeen aikana kaikki rakennuksen vanhat rakenteet on purettu suojeltua julkisivua ja kantavaa betonirunkoa

lukuun ottamatta. Vanhat liiketilat on uusittu ja muutettu asuinkäyttöön, jonka lisäksi rakennuksen takaosaa korotettiin neljällä kerroksella yhteensä 2266 m², josta huoneistoalaa 1635 m². Laajennustöiden jälkeen kohteen kokonaisala on 12623,5 m². Hankkeen alussa tietomallinnussuunnitelmaan asetettiin tietomallin käyttötarkoitukseksi tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus, joista korostettiin erityisesti työsuunnittelua, määrälaskentaa ja visualisointia (liite 1).

2 Tietomalli

Tietomalli on rakennuksesta tai sen osasta tehty digitaalinen kuvaus, joka sisältää 3D-mallin lisäksi tietoja, jotka hyödyttävät rakennushanketta. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi rakennusosien mitat, massa ja materiaali. Lisäksi malliin voidaan syöttää aikataulu- ja kustannustietoja, jolloin puhutaan 4D- ja 5D-tietomalleista (Koskenvesa A. & Sahlstedt S. 2017, 114–115).

Tietomallinnuksen tavoitteena on parantaa rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta ja tukea kestäväää kehitystä koko rakennuksen elinkaaren ajan aina suunnittelusta käyttöön ja ylläpitoon. Tietomallin avulla voidaan parantaa suunnittelun tiedonsiirtoa ja laatua, havainnollistaa suunnitelmia ja tarkastella suunnitteluratkaisujen toimivuutta sekä kustannuksia ennen investointipäätöksiä. Malli mahdollistaa myös erilaisten energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysien tekemisen sekä rakentamisen aikaisten tietojen hyödyntämisen rakennuksen käytön aikana. (BuildingSMART 2012a, 5.)

Tietomallien laadusta, virheiden korjaamisesta ja päivittämisestä vastaavat omalta osaltaan jokaisen suunnittelualan suunnittelijat (BuildingSMART 2012b, 11, 17). Työmallit ovat kuitenkin aina jossain määrin keskeneräisiä, joten erilaiset virheet ja törmäykset ovat tavallisia. Jokaisen suunnittelijan on tästä huolimatta varmistettava omista malleistaan, että ne eivät sisällä muita kuin suunnittelun keskeneräisyydestä johtuvia virheitä. (BuildingSMART 2012a, 11.)

2.1 Tarkkuustasot ja vaatimukset

Tietomallin tarkkuustasot voidaan jakaa hankkeen vaiheen ja tietomallin käyttötärpeen mukaan kolmeen tasoon: Ensimmäisessä tarkkuustasossa rakennusosat on mallinnettu, nimetty ja niiden sijainti määritetty. Ensimmäisen tarkkuustason tarkoitus on palvella suunnittelijoiden välistä kommunikaatioita ja suunnitelmien yhteensovittamista. Toisessa tarkkuustasossa rakennetyypit on määritetty ja nimetty oikein, tuoteosat mallinnettu, jotta niiden määrätiedot saadaan tietomallista tuotetyypeittäin. Tätä tarkkuustasoa käytetään energia-analyyseihin hanke- ja luonnosvaiheissa sekä määrälaskentaan. Kolmannella tarkkuustasolla rakennusosien hankinnan kannalta oleelliset tiedot, kuten esimerkiksi ääneneristysvaatimukset ja aukkomitat, on liitetty rakennusosiin. Kolmas tarkkuustaso palvelee työmaan tuotannon suunnittelua ja hankintoja. (BuildingSMART 2012c, 7.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa mallinnus toteutetaan rakentamisen edellyttämällä tarkkuudella, jolloin malleja voidaan käyttää tarjouslaskennassa. Kaikki laskennassa käytettävät dokumentit, esimerkiksi rakennedetaljit, eivät kuitenkaan välttämättä pohjaudu tietomalliin johtuen mallinnuksen tarkkuudesta. Tietomallipohjaista toteutussuunnitelmaa päivitetään rakentamisen edetessä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa. (BuildingSMART 2012d, 19.)

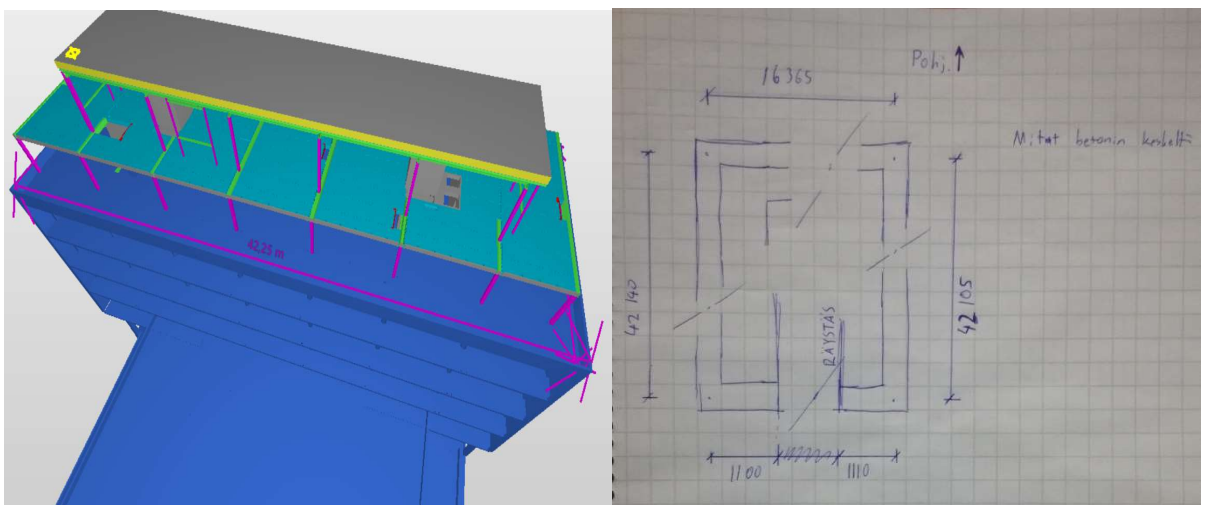
2.2 Inventointimalli

Inventointimallilla (kuva 1) tarkoitetaan olemassa olevan rakennuksen mallia. Inventointimalli vaaditaan korjausrakentamisessa suunnittelun lähtökohdaksi tontin mallin lisäksi, kun taas uudiskohteissa pelkkä tontin malli riittää. (BuildingSMART 2012e, 12.)



Kuva 1. Leikkaus inventointi mallista

Koska vanhat rakenteet ovat aina hieman vinoja, ei inventointimallilta vaadita täydellistä tarkkuutta. Rakenteiden nurkkapisteissä sallitaan 10 mm mittapoikkeama, pintarakenteilla kuten seinillä ja lattioilla 25 mm ja epäsäännöllisillä rakenteilla 50 mm. (BuildingSMART 2012e, 13.) Kuvan 2 tapauksessa vanha betonirakenne on ollut vesikaton alla, eikä todellisia mittoja ole saatu tarkistettua ja siirrettyä malliin. Mitan tarkkuudella on tässä tapauksessa suuri merkitys betonin päälle tulevan lasikaiteen suunnittelussa. Tästä syystä inventointimallin mittoihin on suhtauduttava suuntaa antavina ja todelliset mitat tarkistettava työmaalla.



Kuva 2. Tietomallin ja tarkemittauksen välinen ero.

2.3 Arkkitehtimalli

Arkkitehtimalli on pohja kaikille muille suunnittelualojen malleille sekä keskeinen osa simulointeja ja analyysyjä. Siksi mallin on oltava teknisesti virheetön hankkeen kaikissa vaiheissa, ja se on pakollinen kaikissa suunnittelun vaiheissa. (BuildingSMART 2012c, 5.)

Arkkitehtimalli sisältää kaikki ei-kantavat rakenteet, ja niiden rakennetyypit määritetään joko arkkitehdin tai rakennesuunnittelijan toimesta. Kaikki kantavat rakenteet mallinnetaan tilavarauksina. Näihin kuuluvat myös rakenteissa olevat aukot, jotka mallinnetaan nimellimitoilla. Lopulliset mitat ja rakennetyypit määrittää rakennesuunnittelija. Arkkitehti määrittää mallissaan myös ikkuna- ja ovityypit. (BuildingSMART 2012c, 7, 8.)

2.4 Rakennemalli

Rakennemalli sisältää kaikki kantavat rakenteet, ei-kantavat betonirakenteet ja tilaa vievät rakennustuotteet, kuten teräsportaat ja muut konepaja tuotteet, joilla on merkitystä muille suunnittelijoille. Olemassa olevat kantavat rakenteet täytyy mallintaa, mikäli niillä on vaikutusta muutostöihin. Muulloin jo olemassa olevat kantavat rakenteet voidaan jättää pois rakennemallista. (BuildingSMART 2012f, 6, 8.)

Rakennemallia käytetään tuotannon suunnittelussa pääsääntöisesti määrälaskentaan ja muuhun rakennusosien tuotannon suunnitteluun. Rakennemalli on arkkitehtimalliin verrattuna pelkistetympi näkymä rakennuksesta ja siksi se sopii hyvin yhdistettäväksi TATE-mallien kanssa. Tällöin talotekniikan sijainti voidaan helpommin paikantaa rakennuksessa.

Rakennemallia päivitetään koko hankkeen ajan, jolloin erillistä toteumamallia ei yleensä tarvitse tehdä. Mikäli rakenteisiin tehtyjä muutoksia ei ole päivitetty ajantasaisesti, päivitetään ne toteumamalliin. Läpivientien, varausten ja valmisosien tietosisällön päivittämisestä sovitaan erikseen. (BuildingSMART 2012f, 19.)

2.5 TATE-mallit

2.5.1 LVI

LVI-malli sisältää vesi-, viemäri-, lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto- ja palonsammutusjärjestelmät omina malleinaan. Mikäli kohde sisältää tilaa vaativia erikoisjärjestelmiä, mallinnetaan nekin omiksi järjestelmikseen, jotta pystytään selvittämään niiden vaatima tilan tarve ja törmäystarkasteluista saadaan mahdollisimman kattavat. Tällaisia erikoisjärjestelmiä voivat olla esimerkiksi savunpoisto-, keskuspölynimuri- ja paineilmajärjestelmät. (BuildingSMART 2012g, 22 – 25.)

LVI-malliin on mallinnettuna kaikki toiminnan kannalta oleelliset komponentit. Eristeet mallinnetaan, jotta mallia voidaan hyödyntää törmäystarkastelussa. Myös viemärien kaadot ovat mallissa todellisina pois lukien paikallisia hajotuksia. Lattialämmitysjärjestelmästä tulee mallista ilmetä palvelualue, asennusväli, teho, virtaus ja säätöarvo, mutta putkituksia ei tarvitse mallintaa. Kiinnitystarvikkeita ei yleensä ole syytä mallintaa. (BuildingSMART 2012g, 22, 23, 26.)

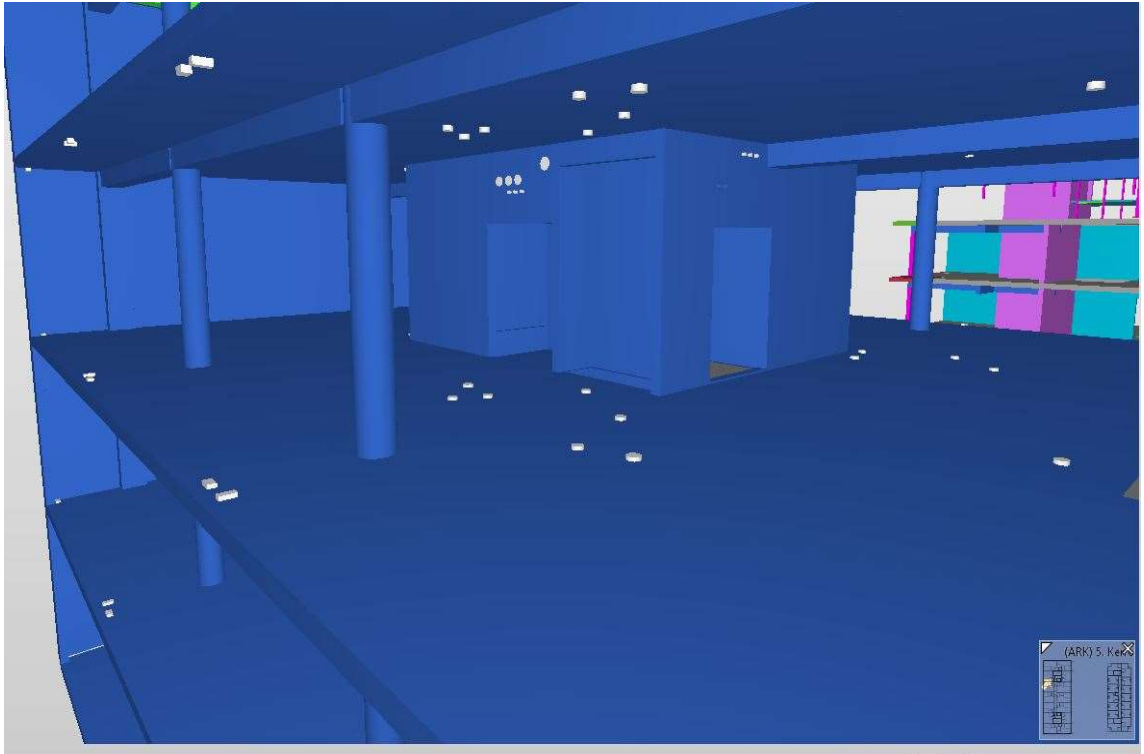
2.5.2 Sähkö

Sähkömalliin on mallinnettuna keskukset, muuntajat, valaisimet sekä kaapelihyllyt ja muut johtotiet niiden todellista kokoa vastaavina objekteina. Asennuskaapeleita, -putkia, kannakkeita, kytkimiä ja muita vähän tilaa vieviä komponentteja ei mallinneta, ellei siitä ole erikseen sovittu. Mahdolliset turva-, ja valvontajärjestelmät ovat turvallisuussyistä omina malleinaan, joihin on pääsy ainoastaan rajatuilla henkilöillä. (BuildingSMART 2012g, 28 – 30.)

2.5.3 Läpiviennit ja varaukset

Läpivientien ja varauksien suunnittelua voidaan helpottaa yhdistämällä TATE-mallit rakenne- ja arkkitehtimallin kanssa. Läpivientien paikantamisessa hyödynnetään tietomallin törmäystarkastelua. (BuildingSMART 2012g, 36.) Läpivientien mallintaminen omana mallinaan ei ole välttämätöntä, sillä suuri osa läpivienneistä voidaan päätellä suoraan TATE-malleista putkien ja rakenteiden törmäyksistä. Sähköläpivientien osalta erillinen malli voi helpottaa niiden hahmottamista (kuva

3), mutta näistäkin suuri osa voidaan päätellä esimerkiksi kaapelihyllyjen perusteella.



Kuva 3. rakenne- ja varausmalli. Läpiviennit esitettyinä vaaleanharmailla varausobjekteilla.

2.6 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli on nimensä mukaisesti tietomalli, johon on yhdistetty useita eri suunnittelualueiden malleja. Yhdistelmämallista on erityisesti hyötyä suunnitelmien visuaalisessa esittelyssä ja suunnitelmien yhteensopivuuden tarkastelussa (BuildingSMART 2012g, 32). Monet ongelmat voidaan havaita yhdistelmämallin avulla jo ennen kuin ne tulevat ilmi työmaalla. Myös suunnitelmien määräystenmukaisuutta voidaan tarkastella mallista tietyin rajoittein. Työmaalla yhdistelmämallin avulla voidaan tarkastella mahdollisesti haastavia työvaiheita ja ongelma-kohtia hyvissä ajoin tuotannon suunnittelun aikana. (BuildingSMART 2012b, 17, 18.)

2.7 Toteumamalli

Projektin valmistuttua kaikki vaaditut tietomallit päivitetään sen mukaan, millaisia muutoksia rakennusvaiheessa suunnitelmiin on tehty. Toteumamallia käytetään pääasiassa rakennuksen käytön, huollon ja korjausten aikana. Tietomallipohjaisessa projektissa toteumamalli onkin huoltokirjan ohella mallintamisen näkökulmasta tärkein tuotettava asia. (BuildingSMART 2012a, 20.)

2.8 Tietomalliselostus

Tietomalliselostuksen tarkoitus on selventää hankkeen osapuolille tietomallin käyttötarkoitusta ja sisältöä. Tietomalliselostus sisältää tietoa mallin rakennetyyppien nimeämiskäytännöstä, tarkkuus- ja valmiusasteesta sekä mallin käyttöön liittyvistä rajoitteista. Selostus tehdään ja jaetaan projektipankkiin aina tietomallin päivityksen yhteydessä. (BuildingSMART 2012c, 8.)

3 Ohjelmat

3.1 Solibri

Solibri-tuoteperhe on jaettu kolmeen erilliseen ohjelmaan: Anywhere, Site ja Office. Kaikki kolme ohjelmaa sisältävät työkalut mallin visuaaliseen tarkasteluun, merkintään, kommentointiin, mittaukseen sekä rakennusosien mitta-, määrä- ja materiaalitietojen tarkasteluun. Myös useamman tietomallin ja esimerkiksi PDF-tiedostojen yhdistäminen on mahdollista. (Solibri 2020.) Tällöin on mahdollisuus yhdistää tietomalliin perinteisiä piirustuksia täydentämään mallia.

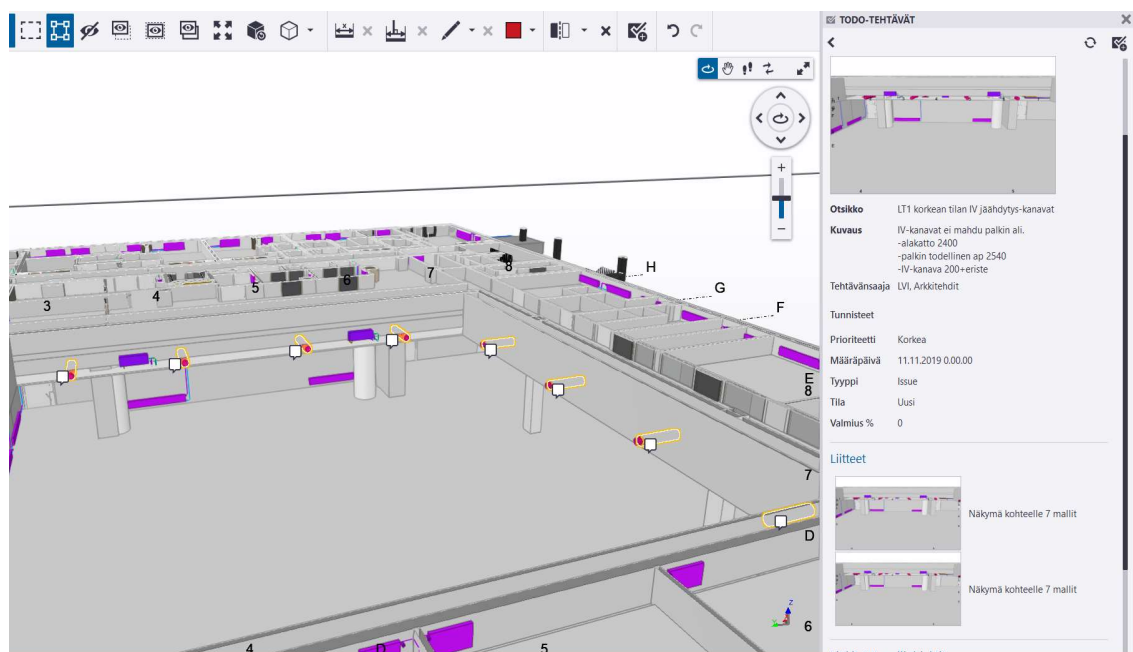
Anywhere ja Site ovat pääasiassa työmaan ja hankinnan käyttöön soveltuvia ohjelmia. Anywhere on tuoteperheen pelkistetyin, mutta myös ilmainen kaikkien saatavilla oleva ohjelma. Site puolestaan sisältää kaikkien edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi työkalut määrälaskentaan ja laajempaan mallin tietosisällön tarkasteluun. Siten avulla on mahdollista luokitella tietomallin rakennusosia, jolloin määrälaskenta voidaan toteuttaa luokittain. (Solibri 2020.)

Office on Solibrin täysversio ja tarkoitettu erityisesti suunnittelijoille ja muille toimistokäyttäjille, jotka vastaavat tietomallin laadusta. Office sisältää esimerkiksi suunnittelunohjauksessa tarpeelliset tarkastustyökalut mallin törmäystarkasteluun. Tarkastuksiin käytettäviä sääntöjä voidaan myös muokata halutun tarkkuuden saavuttamiseksi. (Solibri 2020.)

3.2 Trimble Connect

Trimble Connect on suojattuun pilvipalveluun perustuva sovellus, jota voidaan käyttää projektipankkina tietomallipohjaiselle hankkeelle. Trimble Connectia voidaan käyttää mobiililaitteella ja tietokoneen selaimella tai erillisenä ohjelmalla. Ohjelma tukee myös yhdistettyä todellisuutta eli MR-tekniologiaa hyödyntäviä laitteita. (Trimble Connect 2019.)

Sovelluksen avulla kaikki projektin osapuolet voivat tarkastella ja kommentoida tietomallia sekä päivittää ja seurata projektin etenemistä reaaliajassa. ToDo-tehtävillä osapuolet voivat kohdistaa esimerkiksi suunnitteluun tai hankintaan liittyviä tehtäviä toisilleen (kuva 4). Tietomallipohjainen viestinnässä ToDo-tehtävät merkitään rakennusosiin, jolloin väärinkäsityksiltä voidaan todennäköisemmin välttyä. Trimble Connectilla luodut ToDo-tehtävät ovat standardisoidussa BCF-muodossa, jolloin suurin osa tietomallipohjaisista ohjelmista voi hyödyntää niitä.



Kuva 4. LVI suunnittelijoille ja arkkitehdeille suunnattu ToDo-tehtävä.

Trimble Connectin mobiilisovelluksesta löytyy projektin etenemisen seurantaan tarkoitettu statuspäivitys ominaisuus. Työkalun avulla on mahdollista merkitä rakennusosiin niiden valmistumisen tilanne työvaiheittain. Status sharing -työnkulutyökalu on saatavilla erillisenä latauksena Trimble Connectin työpöytäversioon. (Trimble Connect 2019.)

3.3 Synchro Pro

Synchro Pro on tietomallia hyödyntävä työmaan suunnittelu- ja hallintaohjelma. Ohjelmalla voidaan luoda 4D-aikatauluja lisäämällä rakennusosille aikataulutietoja, lisätä malliin 3D-objekteja, joilla voidaan esittää työmaan aluesuunnitelmia tai turvallisuutta aikatauluun sidottuna sekä seurata kustannusten kehittymistä projektin edetessä. Suunnitelmien pohjalta voidaan tehdä työvaiheiden etenemistä kuvaava animaatio. (Synchro Software 2020, 1 – 7.)

4 Tietomalli hankkeen aloituksessa

Rakennushankkeen alussa tehtävät päätökset ovat koko hankkeen kannalta tärkeimmässä roolissa. Tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa määräytyvät hankkeen budjetti-, aikataulu- ja laajuustavoitteet. Näitä tietoja käytetään lähtötietona suunnitteluprosessille. (BuildingSMART 2012a, 11.)

Tarveselvitysvaiheen aikana tietomallilla ei välttämättä ole minkäänlaista geometrista muotoa. Tällöin selvitetään vasta kiinteistön omistajan ja käyttäjän tarpeet ja tavoitteet, kuten tilojen laajuudet ja niiden vaatimukset sekä toimintamalli niiden saavuttamiseksi. Näiden pohjalta tehdään vaatimusmalli sähköiseen muotoon. (BuildingSMART 2012a, 11.)

4.1 Tietomallinnussuunnitelma

Tietomallille asetetaan hankkeen alussa vaatimuksia ja tavoitteita, joilla varmistetaan mallinnuksen onnistuminen. Etenkin tilaajat painottavat useimmiten työmaavirheiden ennaltaehkäisyä. Mallin tavoitteita voivat olla esimerkiksi

osapuolten sitouttaminen hankkeen tavoitteisiin, suunnitelmien yhteensovittaminen ja havainnollistaminen, rakentamisaikaisten prosessien tehostaminen, rakentamisen ja käytön aikaisen turvallisuuden parantaminen, laadun parantaminen sekä päätöksentekoprosessien, tiedonsiirron, kustannus ja elinkaarianalyysien tukeminen. (BuildingSMART 2012a, 5, 18.) Rakentamis- ja ylläpitovaiheen tavoitteet määritetään hankkeen alussa tehtävään tietomallinnussuunnitelmaan, joka mahdollistaa niiden seurannan koko projektin ajan (BuildingSMART 2012d, 6).

Suunnitelman tietoja käytetään varsinaisen tietomallinnusprosessin suunnittelussa, jotta se tukee mallinnukselle asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Suunnitelman avulla sopimukset ja toteutustavat voidaan ottaa vaikutuksineen huomioon. Lisäksi erilaisten koordinoitavien, suunnittelun rajojen, tiedonsiirron ja tiedonhallinnan tarpeet on helpompi suunnitella varhaisemmassa vaiheessa. (BuildingSMART 2012d, 6.)

Suunnitelmalla pyritään myös selkeyttämään osapuolille tietomallinnuksen tavoitteet ja käyttötarkoitus sekä siihen liittyvien resurssien, roolien, vastuiden, tehtävien ja osaamisvaatimusten selventämiseen. Näin ollen menettelytavat voidaan kuvata tarkasti myöhemmin projektiin liittyville osapuolille. (BuildingSMART 2012d, 6.)

4.2 Tietomallikoordinaattori

Tietomallikoordinaattori tukee pääsuunnittelijaa ja muita osapuolia varmistamaan suunnitelmien ristiriidattomuuden ja rakennettavuuden suunnittelun edetessä (BuildingSMART 2012a, 18). Tehtävään valitaan projektin alussa henkilö, joka kykenee vastaamaan alustavasta tietomallisuunnittelusta ja eri suunnittelualojen tietomallinnuksen koordinoinnista. Tietomallikoordinaattori valitaan tehtävään viimeistään suunnittelun valmisteluvaiheessa. (BuildingSMART 2012d, 7, 9.)

Tietomallikoordinaattorin tehtävänä on kuvata tietomallinnuksen tavoitteet, päämäärät ja käytön laajuus yhdessä projektinjohdon kanssa sekä selventää tietomallinnustehtävät, vastuut ja velvollisuudet projektin jokaiselle osapuolelle. Projektin edetessä tietomallikoordinaattori raportoi hankkeen ja/tai suunnittelun

johdolle tietomallintamisen tilan, toimenpiteet, ongelmat ja laadunvarmistuksen tulokset. (BuildingSMART 2012d, 7.)

5 Tietomallin käyttö hankkeen aikana

Hanketta valmistellessa arvioidaan tietomallista saatava hyöty ja sen myötä, missä laajuudessa tietomallia hyödynnetään. Tietomallin hyödyt korostuvat erityisesti haastavissa kohteissa, mutta se soveltuu kaiken tyyppisiin rakennushankkeisiin. Jotta tietomallista saatava hyöty on mahdollisimman suuri, edellyttää se erityistä sitoutumista hankkeen johdolta. Johdon kannalta tietomalli vaikuttaa erityisesti hankkeen aikatauluun, viestintään, koordinointiin ja organisointiin. Tietomallipohjaisissa hankkeissa myös kaikkien hankkeen osapuolten tietotekninen osaaminen korostuu. (BuildingSMART 2012d, 4.)

Työmaalla tietomallia hyödynnetään tehostamaan eri prosesseja. Tällaisia voivat olla esimerkiksi logistiikka, hankinta, määrälaskenta, aluesuunnittelu, 4D-aikataulusuunnittelu ja -seuranta sekä visualisointi esimerkiksi kokouksissa ja perehdytyksissä. (BuildingSMART 2012d, 22.) Tietomalli voidaan liittää myös osaksi alihankintojen tarjouspyyntöjä (BuildingSMART 2012h, 10).

5.1 Suunnittelun ohjaus

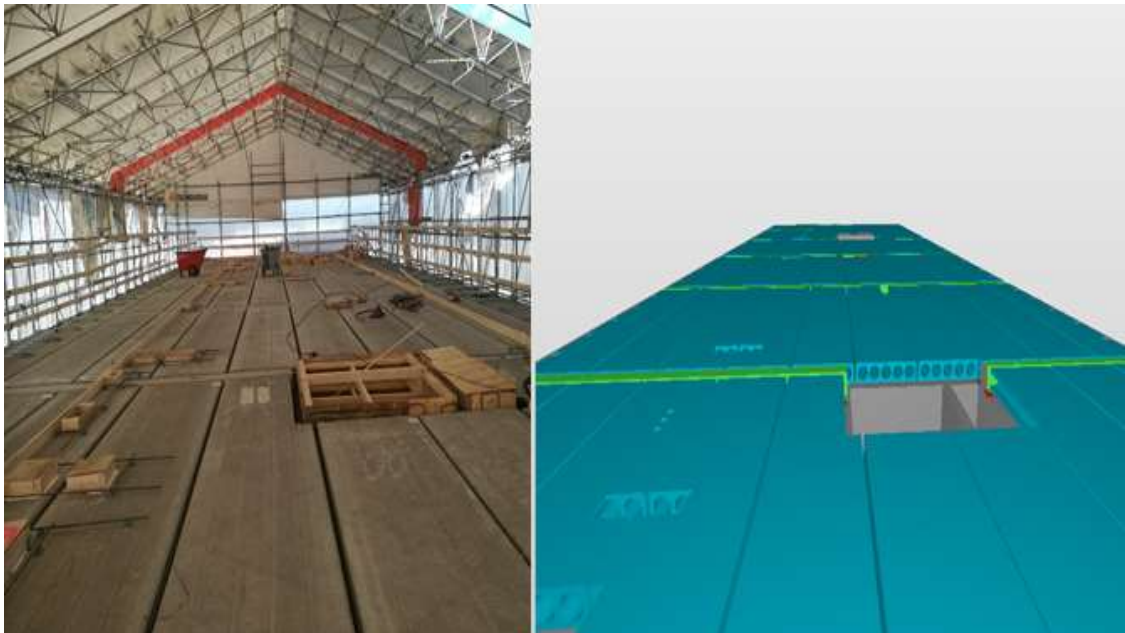
Suunnittelun ohjauksen tarkoituksena on varmistaa osapuolten välinen yhteistyö, tehtävien toimeenpanon seuranta, laadunvarmistuksen toteutus ja tarvittaessa suunnitelmien päivittäminen (BuildingSMART 2012d, 6, 15). Tietomalli tekee asioiden riippuvuuksien ja yhteensopivuuksien hahmottamisen helpommaksi, mistä on paljon apua suunnittelun ohjauksesta vastaavalle henkilölle. Mallista voidaan havaita sellaisia asioita, jotka ovat aiemmin tulleet esiin vasta rakennusvaiheessa.

Suunnittelun ohjauksesta vastaavan henkilön on myös ymmärrettävä suunnittelijoiden käyttäminen ohjelmistojen toimintaa. Suunnittelijoille on osattava kertoa, millaisia toimia heidän täytyy tehdä omien suunnitteluohjelmiansa puolella, jotta tietomalliin saadaan haluttua tietoa. (liite 2)

5.2 Runkovaihe

Tietomallin avulla voidaan tarkastella ja suunnitella paikallavalettavien rakenteiden muottijärjestelmät, -kierrot, työnaikaiset tuennat ja jäykistykset (BuildingSMART 2012h, 16). Yleisin tietomallin käytötapa runkovaiheessa on massojen laskennan nopeuttaminen ja suunnitelmien yhteensopivuuden tarkastelu. Erityisesti läpivientien tarkastelussa mallista on suurta apua, vaikka viimekädessä etenkin vanhoihin rakenteisiin tulevien läpivientien sijainnit varmistettiin työkohteessa yhdessä asentajien kanssa. (liite 2)

Elementti rakentamisessa tietomallia voidaan hyödyntää elementtitukien suunnittelussa siten, että ne eivät aiheuta ongelmia työmaan turvallisuudelle ja logistialle viemällä liikaa tilaa varastoinnilta tai kulkureiteiltä. Myös riittävät tukipisteet ja niiden sijainnit holvilta voidaan suunnitella mallin avulla. (BuildingSMART 2012h, 16.) Tietomallista nähdään tarkasti elementtien lopullinen sijoittuminen (kuva 5), jolloin myös runkovaiheen työturvallisuuden suunnittelu helpottuu.



Kuva 5. Kuva ontelolaattakentästä ja tietomallin näkymä samasta kohtaa.

5.3 Sisävalmistusvaihe

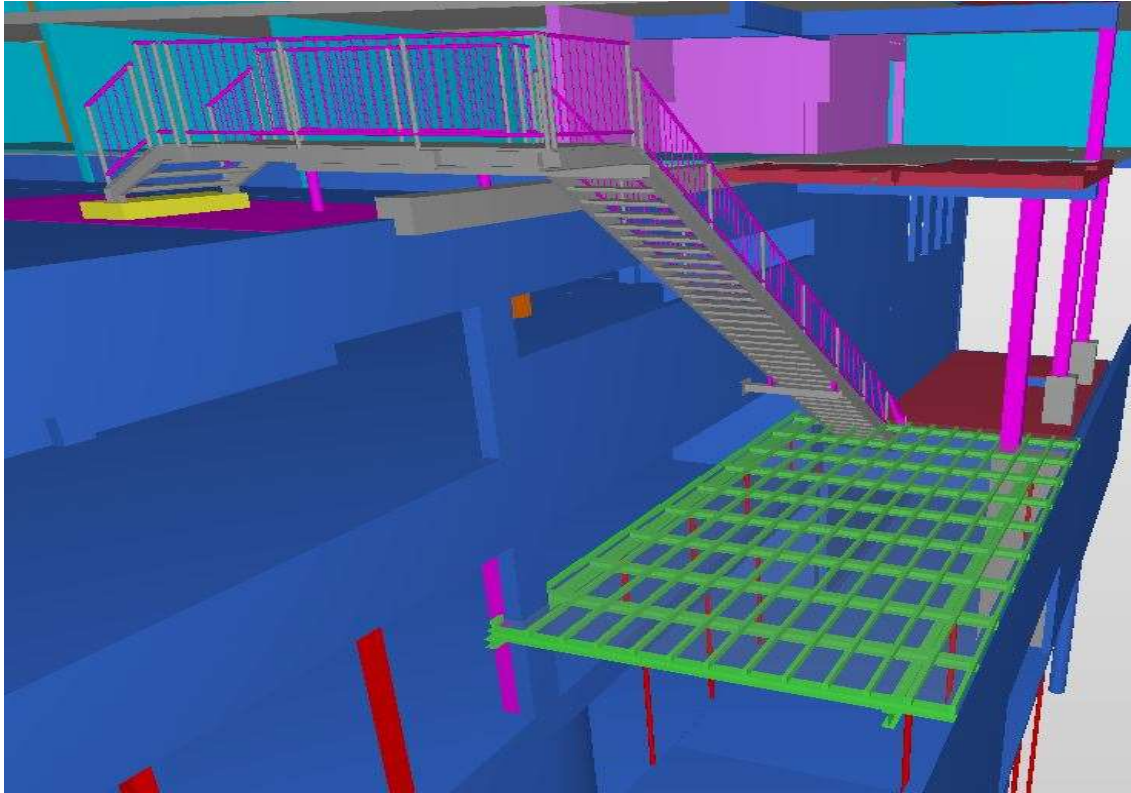
Määrälaskennan lisäksi tietomallia voidaan käyttää sisävalmistusvaiheessa talotekniikan tilantarpeen hahmottamiseen, alakattojen korkojen tarkastukseen sekä väliseinien mittojen ja sijaintien tarkastukseen (liite 2). Mallista voidaan myös havaita ovien, kalusteiden ja talotekniikan väliset törmäykset hyvissä ajoin ennen ovien ja kalusteiden tilausta (kuva 6).



Kuva 6. IV-pääte on osittain alakaton sisässä ja törmää kattokiinnitteisen liukuoven kanssa.

5.4 Visuaalinen esitys

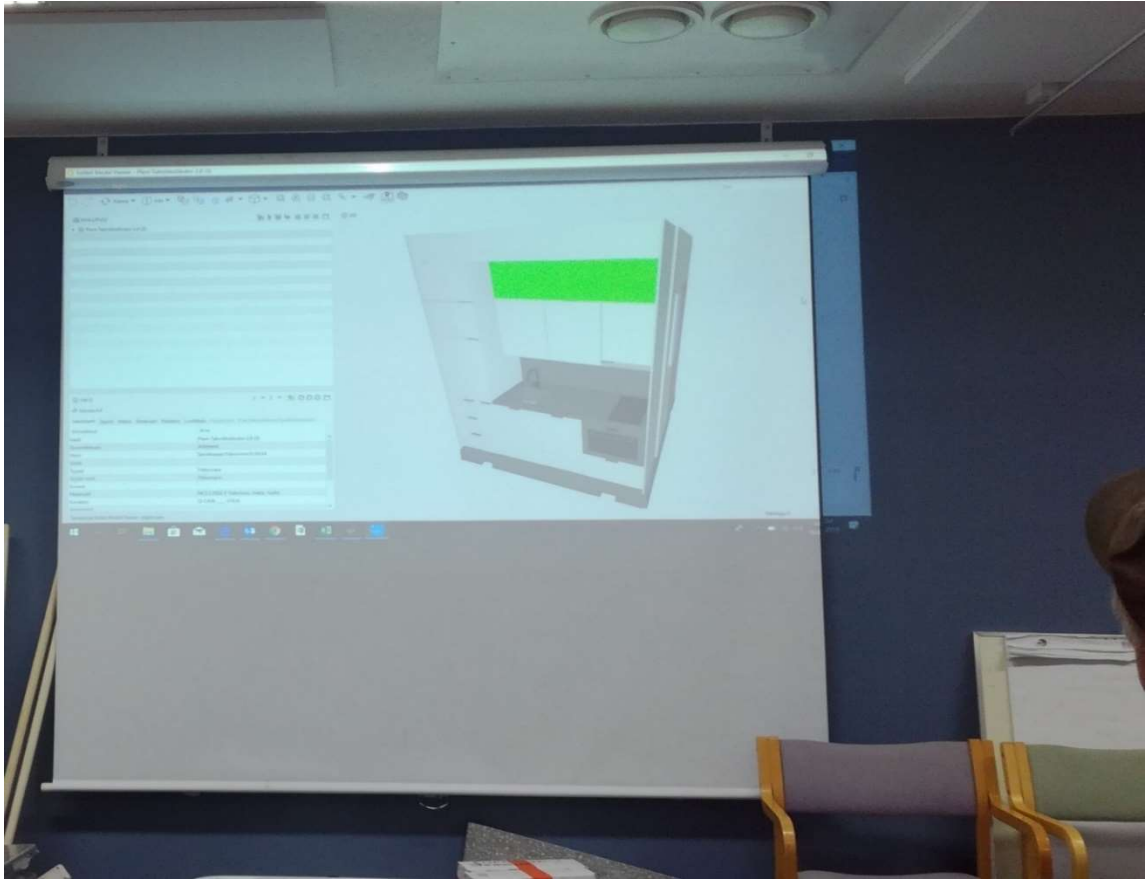
Visuaalinen esitys on työmaan kannalta merkittävin ja monipuolisin tietomallin hyödyntämistapa (BuildingSMART 2012h, 10). Mallin avulla on mahdollista saada nopeasti selkeä kokonaiskuva rakennettavasta kohteesta ja yksittäisistä rakenteista, mikäli ne on mallinnettu riittävän yksityiskohtaisesti. Mallista nähdään rakennusosien sijoittuminen toisiinsa nähden, jolloin rakennusjärjestyksen suunnittelu helpottuu. Malliin voidaan myös mallintaa työaikaisia rakenteita, jolloin niiden vaikutus muihin rakenteisiin voidaan hahmottaa selkeämmin (kuva 7).



Kuva 7. Poistumistieporras ja väliaikainen työtaso mallinnettuna rakennemalliin.

Mallin avulla työryhmä voi perehtyä muun muassa tilaelementteihin ennen niiden asennusta. Aloituspalaverissa elementistä tehtyä mallia voidaan käyttää asennus ohjeiden ja videoiden tukena (kuva 8). Tällöin tilaelementtiin voidaan tutustua ennakkoon, jolloin elementtien saapuessa työmaalle asennusryhmällä on valmiiksi yksityiskohtaiset tiedot elementeistä ja niiden asentamisesta. Sama periaate toimii mihin tahansa poikkeavaan työvaiheeseen tai rakenteeseen.

Uusia työntekijöitä perehdyttäessä työmaalle tietomalli ja erityisesti sen pohjalle tehty aluesuunnitelma antavat paremman kuvan rakennettavasta kohteesta, kuin perinteiset pohjapiirustukset. Kaikki perehdytyksessä tarvittava tieto eri alueiden ja kerrosten välillä on mallissa sidottuna yhteen. Tällöin pystytään antamaan työmaasta kattava kokonaiskuva, käymään työmaan toiminnot, turvallisuus sekä työntekijöiden työkohteet ja sosiaalilat nopeasti läpi eikä työntekijältä vaadita niin hyvää hahmotuskykyä kuin 2D-piirustuksia käytettäessä. Tietomallin avulla tehty perehdytys työmaahan ei tästä huolimatta korvaa työmaakierrosta, koska hyvinkään tehdystä mallista ei voida nähdä työmaan sen hetkistä todellista tilannetta.

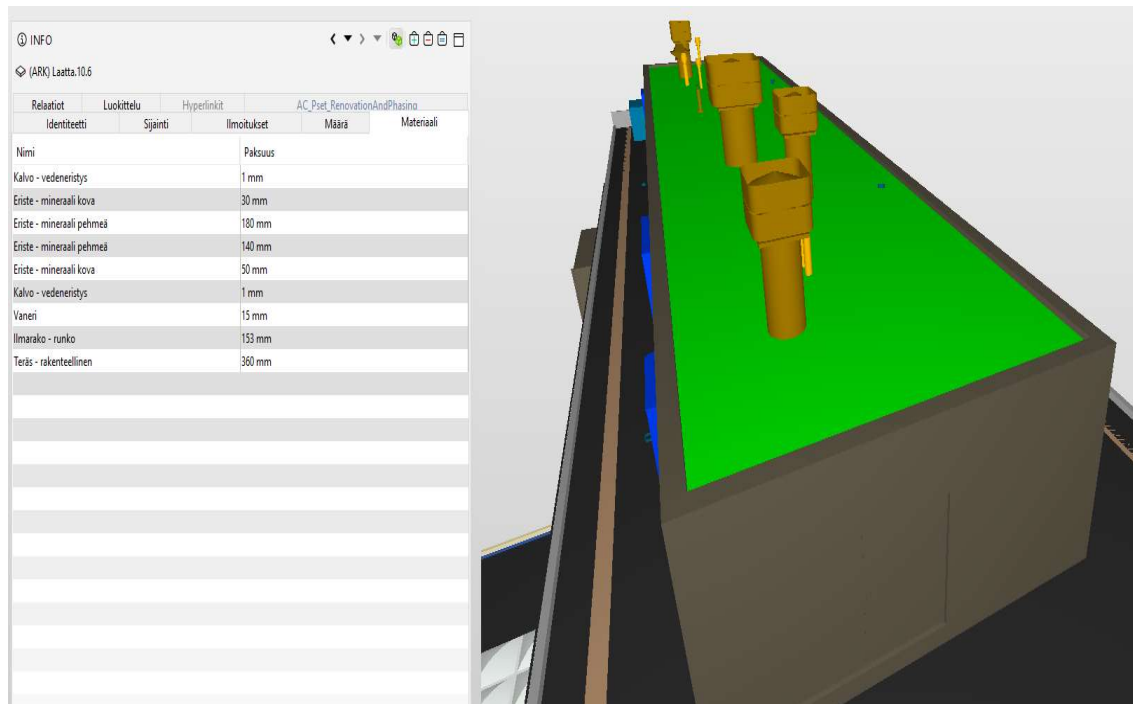


Kuva 8. Tilaelementistä tehty yksityiskohtainen tietomalli asennustyön aloituspa-laverin tukena.

5.5 Määrälaskenta

Tietomallista saadaan rakennusosista suoraan raakatietoa sen mukaan, millai-sissa osissa ne on mallinnettu. Tuotannon suunnittelun kannalta on syytä muis-taa, että rakennusosat voidaan joutua valmistamaan työmaalla erikokoisissa osissa, kuin ne on mallinnettu. Näissä tapauksissa joitain mittoja joudutaan arvi-oimaan mittaustyökaluilla tai mittaamaan paikanpäältä työmaalla.

Määrälaskennan kannalta olennaisimmat tietomallista saatavat tiedot ovat raken-nusosien mitat, pinta-ala, tilavuus sekä materiaalitiedot. Mallista nähdään esimer-kiksi vesikaton tyyppi, pinta-ala ja materiaalitiedot (kuva 9), joiden avulla voidaan laskea tarvittavien materiaalien määrät. Paikallavalettavien betonirakenteiden kohdalla kiinnostavimmat tiedot ovat tilavuus ja pinta-ala, joita käytetään betonin ja raudotteiden laskentaan.



Kuva 9. Tietomallista nähdään rakennusosan mitta- ja materiaalityöt.

Hyödyntämällä tietomallia määrälaskentaa voidaan nopeuttaa ja saada tarkemmat tulokset, mikäli malli on tehty virheettömästi (BuildingSMART 2012h, 10). Rungon massaa laskiessa tietomallipohjaisen ja perinteisen laskenta tavan ero oli ainoastaan 0,05% (liite 3). Yksittäisten rakennusosien väliset erot voivat olla suurempiakin ja selittyvät useimmiten aukkojen mitoissa olevista eroista ja läpivientien puuttumisella mallista tai 2D-piirustuksista.

Suurin etu tietomallipohjaisessa määrälaskennassa syntyy laskutoimenpiteiden vähäisestä määrästä verrattuna perinteiseen laskentatapaan. Määrien laskenta nopeutuu huomattavasti, kun rakennusosan eri mittoja ei tarvitse etsiä tai mitata kuvista, eikä aukkoja tarvitse laskea erikseen, mikäli ne on mallinnettu valmiiksi rakennusosiin. Samasta syystä laskuvirheiden todennäköisyys pienenee, jolloin tulokset ovat luotettavampia. Perinteiseen laskentatapaan verrattuna tietomallipohjainen laskenta voidaan myös toistaa ja eri vaihtoehtoja tarkastella nopeammin (BuildingSMART 2012i, 9).

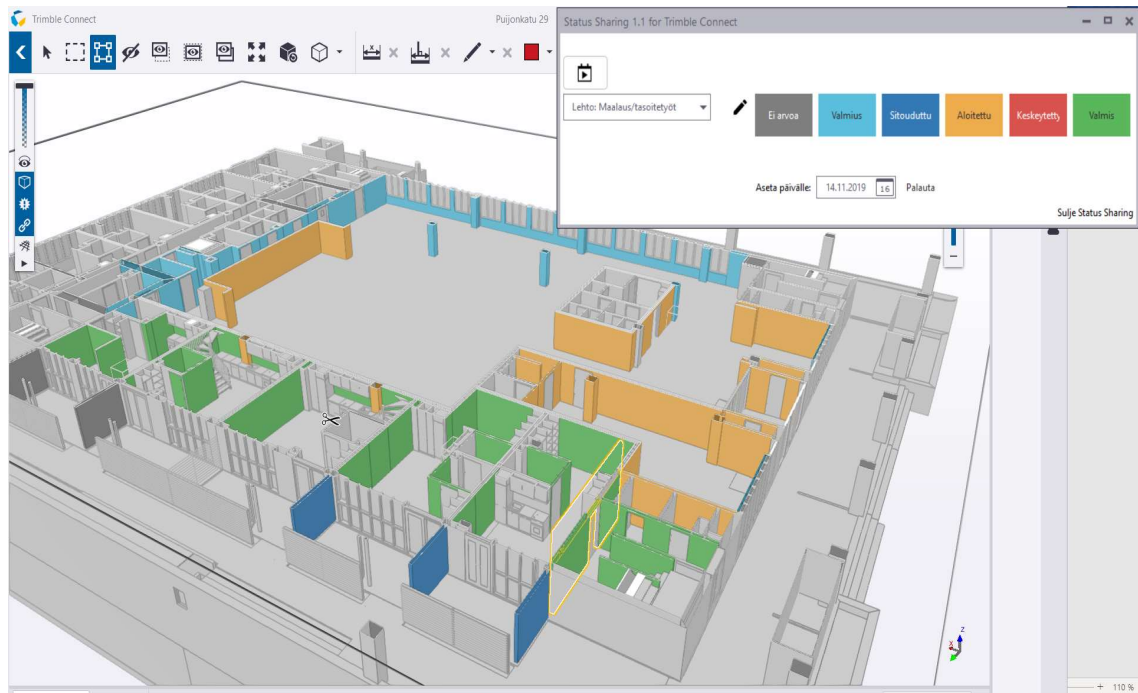
Raudoitteiden määrät seinille ja laatoille voidaan laskea tietomallista saatavien pinta-ala ja pituus tietojen avulla. Tämä pätee kuitenkin ainoastaan rauditusverkkoja sekä kappaleen reunateräksien laskentaa, jolloin mahdolliset

lisäteräkset muualla rakenteessa on tarkastettava muulla tavalla. Esimerkiksi kaikille palkeille ei voida laskea raudoitteita pelkästään kappaleen mittojen perusteella. Joissain tapauksissa malliin on voitu tehdä erillinen raudoitusobjekti, josta voidaan nähdä suoraan kaikki tarvittavat raudoitteet kyseiselle kappaleelle (BuildingSMART 2012i, 12). Työmaalla tehtävän määrälaskennan kannalta yksittäisten ei toistuvien rakennusosien raudoitteiden mallintaminen ei kuitenkaan välttämättä ole järkevää, koska määrälaskennassa ei näissä tapauksissa säästetä kovinkaan paljoa aikaa tai saada muuta vastaavaa hyötyä. Lisäksi monimutkaiset ja paljon erillisiä komponentteja sisältävät mallit vaativat enemmän mallin tarkasteluun käytettävältä laitteelta. Raudoitusobjektia kannattaakin hyödyntää, kun samanlaisia raudoitteita on määrällisesti paljon. Mallinnusta ei tarvitse tehdä jokaiseen rakennusosaan erikseen, vaan raudoitusobjekti voidaan linkittää muilla tavoin niihin rakennusosiin, joissa se esiintyy.

5.6 Aikataulu

Tietomalliin voidaan viedä aikataulutietoa mallinnetuista rakennusosista ja niiden työvaiheista. Aikataulutiedon tarkkuus riippuu kuitenkin rakennusosien mallinnuksen tarkkuudesta. (BuildingSMART 2012h, 10, 11.) Esimerkiksi holvi tai seinä on voitu mallintaa yhtenä objektina, mutta ne saatetaan tehdä työmaalla useammassa osassa. Tietomallin avulla esitetty aikataulu on perinteiseen aikatauluun verrattuna havainnollisempi (BuildingSMART 2012h, 12).

Rakennustöiden etenemistä voidaan päivittää myös Trimble Connectin (kuva 10) avulla, jolloin projektin kaikilla osapuolilla on mahdollisuus seurata projektin etenemistä. Visuaalinen esitystapa helpottaa hahmottamaan työvaiheiden valmiusastetta ja työjärjestystä. Elementti ja muut tavarantoimittajat voivat myös hyödyntää tietomallia merkitsemällä rakennusosien tuotannon valmiusasteet omissa tehtaissaan.



Kuva 10. Työvaiheiden etenemisen visuaalinen esitys Trimble Connectissa.

4D-aikatauluohjelmalla tehty aikataulu auttaa visuaalisesti hahmottamaan aikataulusuunnitelmien toimivuutta. Etenkin kriittisissä työvaiheissa, kuten rakennuksen runkovaiheessa, voidaan säästää paljonkin aikaa, kun rakennus on jo kerran ”rakennettu” virtuaalisesti. Myös päällekkäisten työvaiheiden suunnittelu helpottuu, kun eri työryhmien eteneminen nähdään konkreettisesti.

5.7 Työturvallisuus

Työturvallisuutta voidaan tietomallin avulla parantaa suunnittelemalla ja mallintamalla työvaiheet sekä niissä käytettävät turvajärjestelyt ja varusteet. Lisäksi mallin avulla voidaan varmistua siitä, että rakenne on turvallista toteuttaa. Tietomallipohjaisella turvallisuussuunnitelmalla voidaan varmistua suunnitelman riittävästä havainnollisuudesta, joka helpottaa tiedon välitystä ja ymmärtämistä työntekijätasolla. (BuildingSMART 2012h, 16, 17.) Mallia hyödyntämällä turvallisuuden kannalta haastavat paikat on helppo havaita hyvissä ajoin. Tällöin esimerkiksi kuhunkin työkohteeseen soveltuvan kaidetyypin suunnittelu helpottuu. (liite 2)

Työturvallisuussuunnitelma voidaan tehdä tietomallipohjaisena mallintamalla kai-
teet ja muut turvavälineet tarkasti 3D-objekteina, jolloin esimerkiksi kaiteen tyyppi
on mallista tunnistettavissa. Vaihtoehtoisesti tarkat mallinnukset voidaan korvata
yksinkertaisilla merkinnöillä. (BuildingSMART 2012h, 17.) Tällöin on kuitenkin
syytä tehdä erillinen dokumentti, josta turvavarusteiden ja -välineiden tarkat tyypit
saadaan selville.

Suunnittelemalla pysyvien rakenteiden työ- ja asennusjärjestyksen 4D-aikatau-
luun voidaan tietomallin avulla tarkastella niiden vaikutusta työturvallisuuteen.
Tarvittavat turvavälineiden kiinnityspisteet voidaan mallintaa elementteihin ja
tieto viedä tehtaalle. Suunnittelu vaatii kuitenkin rakennesuunnittelun osaamista
ja ymmärrystä yksittäisten rakennusosien soveltuvuudesta kunkin turvavälineen
kiinnityspisteeksi. (BuildingSMART 2012h, 17.)

Työturvallisuussuunnitelmaa ei ole välttämätöntä mallintaa kohteeseen kokonai-
suudessaan (BuildingSMART 2012h, 16). Hyvänä vaihtoehtona on tehdä suun-
nitelma jokaisesta merkittävästi toisistaan eroavista kerroksista tai alueista. Tur-
vallisuuden kannalta merkittävät yksittäiset poikkeamat on syytä mallintaa erik-
seen.

5.8 Aluesuunnitelma

Tietomallipohjaisesta aluesuunnitelmasta on erityistä hyötyä, kun työmaan va-
rastot, sosiaalityöt ja muut varusteet sijaitsevat päällekkäin useammassa kerrok-
sessa. 3D-aluesuunnitelmalla saadaan työmaan järjestelyistä visuaalisesti hel-
pommin esitettäviä ja ymmärrettäviä esimerkiksi uutta työntekijää perehdyttä-
essä. Mallin avulla työnjohdon on helpompi hahmottaa varastoalueiden todellinen
tilantarve (liite 2).

Tietomalliin tehty aluesuunnitelma on sisällöltään samanlainen kuin perinteinen
2D-suunnitelma. Aluesuunnitelmaan tehtävät merkinnät tehdään joko täsmälli-
sillä tai yksinkertaistetuilla 3D-objekteilla siten, että ne ovat visuaalisesti tunnis-
tettavissa. Objekteihin on kuitenkin lisättävä tekstiselitykset, jolloin aluesuunni-
telma on helposti ymmärrettävissä myös tietomallista tehtynä 2D-suunnitelmana.
(BuildingSMART 2012h, 13, 14.) Vaihtoehtoisesti aluesuunnitelma voidaan tehdä
perinteisellä tavalla 2D-piirustuksien pohjalle, jonka jälkeen aluesuunnitelma

liitetään tietomalliin. Asemapiirustusta kannattaa hyödyntää muutenkin silloin, kun rakennuksen ympäristöä ei ole mallinnettu.

Aluesuunnitelman pohjana voidaan käyttää joko rakenne- tai arkkitehtimallia rakennustyömaan etenemisen mukaan. Rakennemalli sopii pohjaksi hankkeen alku- ja runkovaiheessa ja arkkitehtimallia kannattaa hyödyntää kohteen edessä, kun aluesuunnitteluun vaikuttavat rakennusosat valmistuvat. (BuildingSMART 2012h, 13.)

6 Vertailu 2D-piirustuksiin

Rakennustuotannon näkökulmasta tietomallin rooli on edelleen 2D-kuvien rinnalla käytettävä apuväline. 2D-suunnitelmia ja tietomallia tehdessä tulee välttää niiden teettämistä eri suunnitteluryhmillä. Tällöin suunnittelukustannukset nousevat huomattavan paljon eikä tietomallinnuksella voida parantaa suunnitelmien laatua yhtä tehokkaasti. (BuildingSMART 2012b, 4, 5.) Suunnitelmien päivityksessä saattaa myös esiintyä ongelmia, mikäli eri suunnitteluryhmien välisessä tiedonkulussa on ongelmia.

6.1 Tietomallin edut ja vahvuudet

Suunnitelmien tiedoista voidaan tietomallin avulla tarkastaa systemaattisesti 40 – 60 %, kun taas perinteisessä suunnitteluprosessissa vastaava luku on 5 – 10 % luokkaa. Lisäksi mallin avulla voidaan tarkastaa suunnitelmien toimivuus ja tarkoituksenmukaisuus esimerkiksi törmäystarkastelujen avulla. Ongelmien havaitseminen ja ratkaiseminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa on keskeinen tietomallinnuksen tavoite, jolla on suora vaikutus työmaan aikatauluun ja kustannuksiin. (BuildingSMART 2012b, 3, 4.)

Tietomallista saatava raakatieto on pidemmälle jalostettua kuin 2D-piirustuksista saatava raakatieto. Esimerkiksi tilavuuksia laskiessa 2D-kuvien avulla kaikkia tarvittavia mittoja ei välttämättä ole merkitty suoraan kuviin, vaan ne täytyy laskea esimerkiksi annettujen korkojen perusteella. Mallista tilavuustiedot löytyvät

suoraan ja jäljelle jää vain haluttujen rakennusosien tietojen yhdistäminen. Tuotannon suunnittelu tietomallin avulla on tästä syystä monissa tilanteissa huomattavasti nopeampaa ja virheettömämpää.

Tietomallilla on edelleen potentiaalia sellaisiin toimintoihin, joihin 2D-piirustuksilla ei ole mahdollista päästä. Tietomalli voidaan liittää osaksi kiinteistön toimintoja ja kuntoa seuraaviin järjestelmiin, joka helpottaa kiinteistön huoltoa (liite 2). Mallia voidaan hyödyntää automatisoitaessa rakennusprosessia muun muassa suunnittelun laadun tarkastusta ja määrälaskentaa.

6.2 Tietomallin puutteet ja heikkoudet

Etenkin arkkitehtimallissa on päällekkäisyyksiä muihin malleihin nähden, vaikka mallinnus olisikin tehty oikein. Tällaisia päällekkäisyyksiä ovat esimerkiksi arkkitehtimalliin mallinnetut kantavat rakenteet ja vesikalusteet. Määrälaskennassa päällekkäisyydet on huomioitava ja päätettävä, mitä mallia laskentaan kulloinkin käytetään. (BuildingSMART 2012i, 18.)

Vaikka tietomalli sisältääkin valtavan määrän tietoa, kaiken tarpeellisen tiedon esittäminen mallin avulla vaatii enemmän aikaa ja viitseliäisyyttä työnjohdolta etenkin työmaa olosuhteissa. Muun muassa kaikki välttämättömät mittatiedot on useimmiten merkitty suunnittelijoiden toimesta 2D-piirustuksiin, mutta mallista nämä on etsittävä erikseen. Kyseessä ei ole varsinaisesti mallista johtuvasta puutteesta, vaan mallin tarkasteluun käytettävien sovellusten käytettävyydestä etenkin mobiililaitteilla.

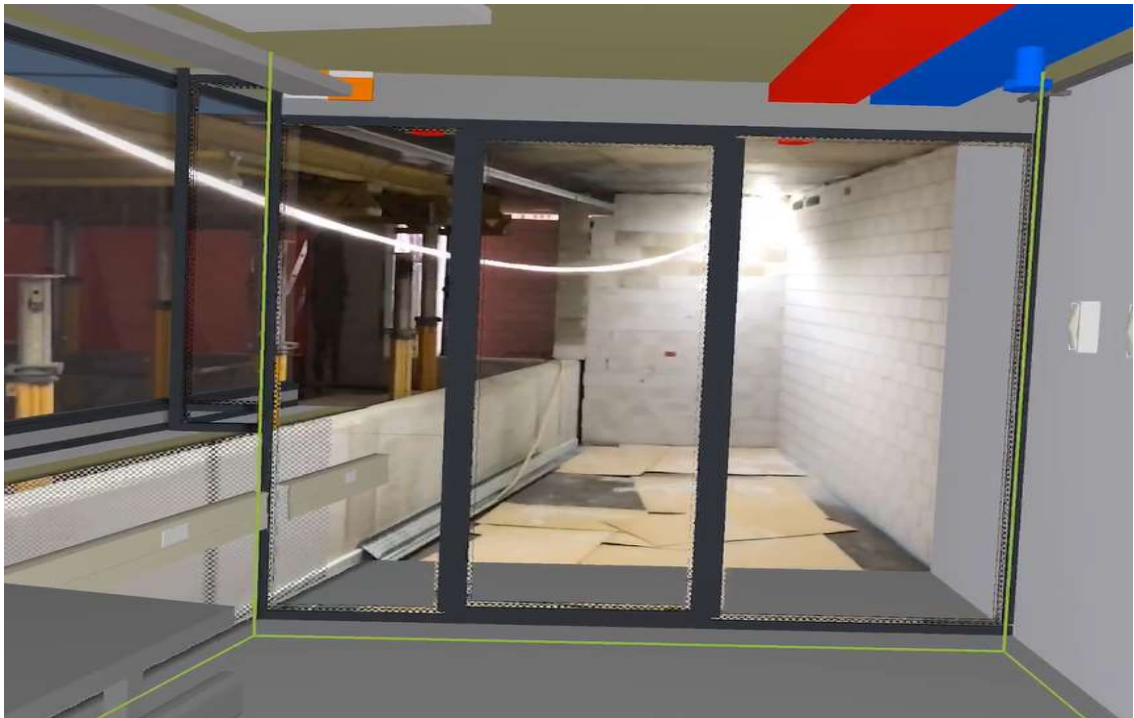
Nopeita suunnitteluratkaisuja tehdessä perinteisten leikkaus- ja detaljipiirrosten tekeminen on nopeampaa kuin mallintaminen. Mallista ei myöskään saada kaikkea irti, mikäli tietomallinnussuunnitelmaa laadittaessa on päätetty rajata tiettyjä asioita pois mallinnuksen piiristä. 2D-piirustukset päivittyvät suunnittelijoiden toimesta edelleen tietomallia nopeammin ja ovat siksi mallia luotettavampia. Ongelmana on useimmiten suunnittelijoiden sitouttaminen tietomallin aktiiviseen päivittämiseen. Etenkin hankkeen loppuvaiheessa pieniä muutoksia ei aina muisteta tai viitsitä päivittää tietomalliin sovituksessa ajassa. (liite 2) Tästä syystä ristiriitatilanteissa on suositeltavaa käyttää ensisijaisesti perinteisiä piirustuksia.

7 Tietomallin tulevaisuus

7.1 Lisätty todellisuus

Tietomallin ja AR-tekniikan eli lisätyn todellisuuden yhdistäminen on yksi lähitulevaisuudessa laajemmin käyttöönotettavista teknologioista. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi ACCEPT tutkimus- ja innovaatioprojektin kehitteillä oleva AR4C, Autodesk BIM 360 sekä Daluxin kehittämä TwinBIM (kuva 11) (Ratajczak, Riedl & Matt 2019, 4).

Lisätyn todellisuuden ja tietomallin yhdistämisen päätavoitteina on parantaa työn tehokkuutta, laatua ja tiedon kulkua. Teknologiaa hyödyntäviä sovelluksia käytetään älypuhelimella tai -laseilla, jolloin sovellus lisää tietomallin todelliseen ympäristöön hyödyntäen erilaisia mittaus- ja paikannusmenetelmiä. (Ratajczak, Riedl & Matt 2019 3, 5)



Kuva 11. Tietomalli yhdistettynä todelliseen ympäristöön AR teknologian avulla (Kuvankaappaus: www.dalux.com/fi/dalux-field/twinbim/).

AR4C:hen on kehitteillä ominaisuuksia, joiden avulla työnjohtajat ja työntekijät voivat nähdä mallista kunkin rakennusosan valmiusasteen ja seuraavat työvaiheet

sekä syöttää rakennusosiin uutta tietoa. Kulkiessaan työmaalla työntekijä voi valita seuraavan itselleen osoitetun työtehtävän, jolloin sovellus korostaa tehtävään liittyvät rakennusosat ja näyttää työnsuorittamisen edellyttämät yksityiskohtaiset tiedot. (Ratajczak, Riedl & Matt 2019, 7)

7.2 Automatisoidut määrälaskennat ja kustannusarviot

Määrälaskennan ja kustannusarvioiden virheet koostuvat usein suunnittelussa tapahtuneista virheistä ja puutteista sekä itse laskennassa tapahtuneista virheistä. Määrälaskennan ja kustannusarvioiden virheiden määrää voidaan pienentää ja laskentaa nopeuttaa automatisoimalla niitä siihen erikoistuneilla ohjelmissa. (LIM, LEE, HONG & KIM 2019, 2.)

Tällä hetkellä on saatavilla tietomalliin perustuvia määrälaskentaohjelmia, mutta ne eivät itsessään sisällä kustannusarviointia, jolloin se on tehtävä erillisellä ohjelmalla. Tämä vaatii määrälaskennassa saatujen tulosten muuttamista sellaiseen muotoon, jota kustannusarviota tekevä ohjelma pystyy lukemaan. Muutos prosessissa voi kuitenkin kadota suuriakin määriä kriittistä tietoa, jonka seurauksena kustannusarvion tulokset eivät ole luotettavia. Tästä syystä onkin nähty välttämättömäksi kehittää ohjelmia, jotka pystyvät suorittamaan määrä- ja kustannusarvioinnin ilman tiedostomuodon muuttamista. (LIM, LEE, HONG & KIM 2019, 3, 4)

8 Pohdinta

Tietomalli on osoittautunut erittäin hyödylliseksi rakennushankkeen eri vaiheissa ja sille on kaavailtu monia lupaavia käyttötarkoituksia. Oikein käytettynä malli selkeyttää ja nopeuttaa toimintaa tuotannon suunnittelussa. Johtuen tietomallin rajoituksista on tärkeää osata erottaa ne tuotannon suunnittelun tilanteet, joissa malli toimii ensisijaisena työkaluna ja ne, joissa sitä käytetään havainnollistamaan 2D-piirustuksia.

Käyttöönottaessa tietomallia projektinjohdon on kiinnitettävä erityistä huomiota henkilöstön osaamiseen, joka on suurin syy tietomallin vähäiselle hyödyntämiselle hankkeen aikana. Tämä on syytä huomioida jo tietomallinnussuunnitelmaa laatiessa, jolloin voidaan ajoissa varmistaa tarvittavat toimenpiteet mallintamisen tavoitteiden saavuttamiseksi. Keskeistä on huomioida henkilöstön taidot mallin käytössä eri käytännön tilanteissa, ei ainoastaan ohjelmien käytössä. Henkilöt, jotka eivät ole koskaan käyttäneet mallia työssään, eivät osaa välttämättä hakea juuri mitään tietoa mallista tai hyödyntää sitä tehokkaasti. Jo pienellä osaavan henkilön antamalla perehdytyksellä on merkittävä vaikutus mallin hyödyntämiseen.

Toinen tärkeä huomion aihe on suunnittelijoiden sitouttaminen tietomallin päivittämiseen sovitussa ajassa. Mallin päivitysten viivästyminen johtaa väistämättä tilanteeseen, jossa työnjohtajat eivät uskalla luottaa tietomalliin. Pahimmillaan tämä voi johtaa mallille asetettujen tavoitteiden epäonnistumiseen.

Kun tietomallista saadaan rakennushankkeisiin uusi normaali ja sitä opitaan hyödyntämään tehokkaasti, voidaan välttää lähes kaikki aikaisemmin ennalta arvaamattomat aikatauluihin vaikuttavat häiriöt ja kustannus ylitykset. Tämä vaatii rakennusliikkeeltä aikaa ja malttia, mutta maksaa itsensä pitkällä aikavälillä takaisin moninkertaisesti.

Lähteet

- BuildingSMART 2012a. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1 Yleinen osuus, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012e. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 2 Lähtötilanteen mallinnus, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012c. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 3 Arkkitehtisuunnittelu <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012g. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 4 Talotekninen suunnittelu, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012f. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5 Rakennesuunnittelu, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012b. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 6 Laadunvarmistus, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012i. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 7 Määrälaskenta: <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012d. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART 2012h. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- Koskenvesa A. & Sahlstedt S., Talonrakennusteollisuus ry, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 2017
- LIM C., LEE D., HONG W. & KIM S., Automatic Estimation System of Building Frames Integrated with Structural Design Information (AutoES), Kyung Hee University, <https://journalofindustrializedconstruction.com/index.php/mocs/article/download/160/157>, 2019
- Ratajczak J., Riedl M. & Matt D. T., BIM-based and AR Application Combined with Location-Based Management System for the Improvement of the Construction Performance, MDPI, <https://www.mdpi.com/2075-5309/9/5/118>, 2019
- Solibri, <https://www.solibri.com/fi/our-offering>, 21.01.2020
- Synchro Software, <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/209864/Synchro%20PRO%202018%20-%20technical%20overview.pdf>, 09.02.2020
- Trimble Connect, <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>, 13.10.2019

Puijonkatu 29 tietomallinnus- suunnitelma

Hanke Puijonkatu 29

Versio 0.1
Lehto Group Oyj

Tämä ohjeistus täydentää Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – ohjeistusta.

| Versio | Muutokset | Päivittäjä | Hyväksytty |
|--------|--|-------------|------------|
| 1.0 | Tietomallinnussuunnitelman läpikäynti ja täydentäminen | Lehto Group | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Puijonkatu 29 tietomallinnussuunnitelma

Tietomallintamisen tavoitteet ja käyttötarkoitukset

Tietomallintamisen käyttötarkoitukset tässä projektissa:

(ohje: rastitaan käyttötarkoituksen mukaiset rivit, rivejä ei saa poistaa)

| | |
|---|--|
| x | Suunnittelunohjaus hyödyntäen tietomallia |
| x | Suunnittelualojen yhteensovitus ja tarkastus |
| x | Suunnittelijoiden välinen tiedonsiirto ja kommunikaatio |
| x | Tietomallipohjainen kommunikointi |
| x | Visualisointi sisäisesti |
| x | Visualisointi myynti- ja markkinointitarkoituksiin |
| x | Käyttäjyhteistyö ja tarpeiden varmistaminen (mm. visualisoinnin avulla) |
| x | Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus, mm. aikataulutus |
| x | Työnsuunnittelu työmaalla |
| x | Määrä- ja kustannuslaskenta |
| | Hankinta |
| | Työmaan jälkilaskenta toteutumamallista |
| | Turvallisuussuunnittelu |
| | Mallin käyttö rakennusluvan hakuprosessissa (huomioitava paikallisen valvontaviranomaisen ohjeistus) |
| | Energia-, olosuhde- ja elinkaarianalyysit (huomioitava ohjelmistojen vaatimukset) |
| | Ylläpito |

Tämän asiakirjan liitteenä on tavoitteiden sekä käyttötarkoitusten mukaiset suunnittelualakohtaiset tietomallintamisen sisältötaulukot (*liitteet 1.1 – 1.3*).

Haastattelun kysymykset

Yleiset kysymykset:

- Kuinka usein käytät tietomallia apuna työtehtävissäsi? Missä tehtävissä?
- Kuinka hyödylliseksi koet tietomallin? Kuinka paljon koet saavasi apua työhösi?
- Koetko tietomallin nopeuttavan/tehostavan työskentelyäsi?
- Mitä tarjolla olevista ohjelmista pääsääntöisesti käytät ja mihin tarkoitukseen?
- Oletko käyttänyt tietomallia mobiililaitteella työmaalla? Missä tilanteessa?
- Mitkä ovat mielestäsi tietomallin suurimmat vahvuudet perinteisiin suunnitelmiin verrattuna? Entä heikkoudet?
- Millaisia mahdollisuuksia näet tietomallin antavan rakentamiseen tulevaisuudessa?
- Mitkä ovat mielestäsi tietomallin suurimmat uhat/riskit?
- Oletko kysynyt tukea yrityksen omalta organisaatiolta? Millaista tukea olet saanut?
- Mikä on omalla kohdallasi tärkein asia tietomallin käyttöönoton kannalta?
- Kerro omin sanoin kokemuksesi tietomallin käytöstä työssäsi.

Kohdennetut kysymykset:

Tietomallisuunnitelma:

- Millaisia tavoitteita tietomallille asetetaan hankkeen alussa?
- Mitkä osapuolet ovat olleet sopimassa tietomallisuunnitelman sisällöstä? Voisiko mukana olla muitakin osapuolia? Miksi?

Työturvallisuus:

Haastattelun kysymykset

- Oletko nähnyt käytettävän tietomallipohjaista työturvallisuus suunnitelmaa?
- Voiko tietomalli antaa mielestäsi merkittävää lisäarvoa työturvallisuuteen?
- Mitkä työturvallisuuden osa-alueet voivat hyötyä tietomallin käytöstä?

Runkovaihe:

- Miten olet käyttänyt tietomallia runkovaiheen tuotannon suunnittelussa?
- Käytitkö mallia rakennusosien valmistuksen suunnittelussa (muottikierto, määrät, läpiviennit tms.)?

Sisävalmistusvaihe:

- Miten olet hyödyntänyt tietomallia sisävalmistusvaiheen tuotannon suunnittelussa?
- Onko tietomalli hyödyttänyt laadunvarmistusta esim. kalusteasennuksissa?

Aluesuunnittelu:

- Miten olet hyödyntänyt tietomallia työmaan aluesuunnitelman teossa?
- Onko tietomallipohjaisesta aluesuunnitelmasta etua verrattuna perinteiseen aluesuunnitelmaan? Millaista etua?

Tietomallin käyttöönoton edistäminen:

- Miten työpäällikkö voi edistää tietomallin käyttöä työmaalla?

Haastattelun kysymykset

- Saako työpäällikkö riittävästi sellaista tietoa tietomallin hyödyntämisestä, jota voi jakaa työmaalle?
- Miten tiedon jakaminen tapahtuu? Onko siinä parannettavaa?
- Onko tietomallin käyttöönotossa ilmennyt ongelmia? Millaisia? Miten ne voidaan selvittää?

Suunnittelunohjaus:

- Helpottaako tietomalli suunnittelunohjausta? Miten?
- Miten kommunikointi suunnittelijoiden kanssa sujuu? Toimivatko Trimblen ToDo-tehtävät?
- Onko tietomallin päivityksessä ollut mielestäsi ongelmia? Jos on niin mistä ne voivat johtua? Entä miten ne voitaisiin ratkaista?

Massalaskennan tulokset

Tietomalli

| 3.krs | | | | |
|------------|----------------------|-------------|----------------------|--|
| Seinä nro. | Seinä V | Laatta mod. | Laatta V | |
| 1 | 13,65 m ³ | 1-2 | 11,10 m ³ | |
| 2 | 16,26 m ³ | 7-8 | 11,59 m ³ | |
| 3 | 2,53 m ³ | 2-7/E-G | 18,99 m ³ | |
| 4 | 1,34 m ³ | 2-7/G-H | 14,58 m ³ | |
| 5 | 2,10 m ³ | PH C | 0,90 m ³ | |
| 6 | 1,66 m ³ | PH D | 0,89 m ³ | |
| 7 | 1,87 m ³ | Yht. | 58,05 m ³ | |
| 8 | 2,17 m ³ | | | |
| 9 | 4,88 m ³ | | | |
| 10 | 3,87 m ³ | Palkki | Palkki V | |
| 11 | 3,89 m ³ | PV-K-1 | 20,37 m ³ | |
| 12 | 2,63 m ³ | PV-K-2 | 0,82 m ³ | |
| 13 | 3,89 m ³ | PV-K-3 | 0,80 m ³ | |
| 14 | 5,00 m ³ | PV-K-4 | 1,88 m ³ | |
| 15 | 2,28 m ³ | PV-K-5 | 0,82 m ³ | |
| 16 | 3,64 m ³ | PV-K-6 | 0,79 m ³ | |
| 17 | 3,64 m ³ | Yht. | 25,47 m ³ | |
| 18 | 3,67 m ³ | | | |
| 19 | 3,67 m ³ | Pilarit | | |
| 20 | 3,67 m ³ | Yht. | 0,99 m ³ | |
| 21 | 3,65 m ³ | | | |
| 22 | 1,24 m ³ | | | |
| 23 | 1,65 m ³ | | | |
| 24 | 1,65 m ³ | | | |
| Yht. | 94,49 m ³ | | | |

Käsinlaskenta tulokset

(HUOM! Ainoastaan 3. kerroksen seinät on laskettu yksittäin. Muissa kerroksissa seinät on jaettu niiden paksuuden mukaan.)

| 3.krs | | | | |
|------------|----------------------|-------------|----------------------|--|
| Seinä nro. | Seinä V | Laatta mod. | Laatta V | |
| 1 | 13,81 m ³ | 1-2 | 11,37 m ³ | |
| 2 | 17,08 m ³ | 7-8 | 11,71 m ³ | |
| 3 | 2,55 m ³ | 2-7/E-G | 17,72 m ³ | |
| 4 | 1,34 m ³ | 2-7/G-H | 14,85 m ³ | |
| 5 | 2,09 m ³ | PH C | 0,9 m ³ | |
| 6 | 1,86 m ³ | PH D | 0,88 m ³ | |
| 7 | 1,87 m ³ | Yht. | 57,43 m ³ | |
| 8 | 2,16 m ³ | | | |
| 9 | 5,03 m ³ | | | |
| 10 | 3,88 m ³ | Palkki | Palkki V | |
| 11 | 3,88 m ³ | PV-K-1 | 21,18 m ³ | |
| 12 | 2,49 m ³ | PV-K-2 | 0,82 m ³ | |
| 13 | 3,88 m ³ | PV-K-3 | 0,80 m ³ | |
| 14 | 5,03 m ³ | PV-K-4 | 1,84 m ³ | |
| 15 | 2,28 m ³ | PV-K-5 | 0,82 m ³ | |
| 16 | 3,68 m ³ | PV-K-6 | 0,79 m ³ | |
| 17 | 3,68 m ³ | Yht. | 26,24 m ³ | |
| 18 | 3,68 m ³ | | | |
| 19 | 3,68 m ³ | Pilarit | | |
| 20 | 3,68 m ³ | Yht. | 0,93 m ³ | |
| 21 | 3,68 m ³ | | | |
| 22 | 1,24 m ³ | | | |
| 23 | 1,65 m ³ | | | |
| 24 | 1,65 m ³ | | | |
| Yht. | 95,85 m ³ | | | |

Massalaskennan tulokset

| 4.krs | | | | |
|------------|---------|----------------|-------------|-----------------------|
| Seinä nro. | Seinä V | | Laatta mod. | Laatta V |
| VS 101 | 44,27 | m ³ | 1-8/E-H | 102,2 m ³ |
| VS 102 | 30,65 | m ³ | PH C | 1,04 m ³ |
| Yht. | 74,92 | m ³ | PHD | 0,97 m ³ |
| | | | Yht. | 104,21 m ³ |

| Palkki | Palkki V |
|---------|---------------------|
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-8 | 0,63 m ³ |
| PV-K-9 | 0,61 m ³ |
| PV-K-10 | 0,68 m ³ |
| PV-K-11 | 0,68 m ³ |
| PV-K-12 | 2,89 m ³ |
| Yht. | 6,07 m ³ |

| Pilarit | |
|---------|----------------------|
| Yht. | 0,932 m ³ |

| 4.krs | | | | |
|--------|---------|----------------|-------------|-----------------------|
| Seinä | Seinä V | | Laatta mod. | Laatta V |
| VS 101 | 43,47 | m ³ | 1-8/E-H | 102,06 m ³ |
| VS 102 | 30,62 | m ³ | PH C | 0,97 m ³ |
| Yht. | 74,09 | m ³ | PH D | 0,96 m ³ |
| | | | Yht. | 103,99 m ³ |

| Palkki | Palkki V |
|---------|---------------------|
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-8 | 0,63 m ³ |
| PV-K-9 | 0,60 m ³ |
| PV-K-10 | 0,67 m ³ |
| PV-K-11 | 0,67 m ³ |
| PV-K-12 | 2,89 m ³ |
| Yht. | 6,03 m ³ |

| Pilarit | |
|---------|----------------------|
| Yht. | 0,932 m ³ |

Massalaskennan tulokset

| 5.krs | | | |
|------------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Seinä nro. | Seinä V | Laatta mod. | Laatta V |
| VS 101 | 43,65 m ³ | 1-8/E-H | 101,64 m ³ |
| VS 102 | 30,24 m ³ | PH C | 1,04 m ³ |
| Yht. | 73,89 m ³ | PHD | 0,96 m ³ |
| | | Yht. | 103,64 m ³ |

| Palkki | Palkki V |
|---------|---------------------|
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-8 | 0,63 m ³ |
| PV-K-9 | 0,61 m ³ |
| PV-K-10 | 0,68 m ³ |
| PV-K-11 | 0,68 m ³ |
| PV-K-12 | 2,89 m ³ |
| Yht. | 6,07 m ³ |

| Pilarit | |
|---------|----------------------|
| Yht. | 0,932 m ³ |

| 5.krs | | | |
|--------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Seinä | Seinä V | Laatta mod. | Laatta V |
| VS 101 | 42,78 m ³ | 1-8/E-H | 101,75 m ³ |
| VS 102 | 30,3 m ³ | PH C | 0,97 m ³ |
| Yht. | 73,08 m ³ | PH D | 0,96 m ³ |
| | | Yht. | 103,68 m ³ |

| Palkki | Palkki V |
|---------|---------------------|
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-7 | 0,29 m ³ |
| PV-K-8 | 0,63 m ³ |
| PV-K-9 | 0,60 m ³ |
| PV-K-10 | 0,67 m ³ |
| PV-K-11 | 0,67 m ³ |
| PV-K-12 | 2,89 m ³ |
| Yht. | 6,03 m ³ |

| Pilarit | |
|---------|----------------------|
| Yht. | 0,932 m ³ |

Massalaskennan tulokset

| 6.krs | | | |
|--------------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Seinä | Seinä V | | |
| Hissikuilu 1 | 4,80 m ³ | Laatta mod. | Laatta V |
| Possarsh. 4 | 9,05 m ³ | 1-8/E-H | 101,37 m ³ |
| Yht. | 13,85 m ³ | 2-5/F-G | 6,33 m ³ |
| | | Possashuone | 2,74 m ³ |
| | | hissikuilu | 0,83 m ³ |
| | | Yht. | 111,27 m ³ |
| | | Palkki | Palkki V |
| | | PV-K-13 | 0,26 m ³ |
| | | PV-K-13 | 0,26 m ³ |
| | | PV-K-14 | 0,57 m ³ |
| | | PV-K-15 | 0,56 m ³ |
| | | PV-K-16 | 0,62 m ³ |
| | | PV-K-17 | 0,62 m ³ |
| | | PV-K-18 | 2,62 m ³ |
| | | Yht. | 5,50 m ³ |

| 6.krs | | | |
|-------------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Seinä | Seinä V | | |
| Hissikuilu | 4,85 m ³ | Laatta mod. | Laatta V |
| Porrashuone | 9,19 m ³ | 1-8/E-H | 101,88 m ³ |
| Yht. | 14,04 m ³ | 2-5/F-G | 6,48 m ³ |
| | | Possashuone | 2,74 m ³ |
| | | hissikuilu | 0,80 m ³ |
| | | Yht. | 111,90 m ³ |
| | | Palkki | Palkki V |
| | | PV-K-13 | 0,26 m ³ |
| | | PV-K-13 | 0,26 m ³ |
| | | PV-K-14 | 0,55 m ³ |
| | | PV-K-15 | 0,54 m ³ |
| | | PV-K-16 | 0,60 m ³ |
| | | PV-K-17 | 0,61 m ³ |
| | | PV-K-18 | 2,62 m ³ |
| | | Yht. | 5,46 m ³ |

| | |
|------------------|-----------------------|
| Koko runko käsin | 680,62 m ³ |
| Koko runko malli | 680,28 m ³ |
| ero-% | 0,05 % |