



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TUOTANNONSUUNNITTELU JA TUOTANNONOHJAUS RAKENNUSTIETOMALLIN AVULLA

TEKIJÄ: Niko Tiitinen

| | |
|---|--------------------------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma | |
| Työn tekijä(t) Niko Tiitinen | |
| Työn nimi Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus rakennustietomallin avulla | |
| Päiväys 24.4.2017 | Sivumäärä/Liitteet 40 |
| Ohjaaja(t) Viljo Kuusela, lehtori; Hannu Haaranen, pt. tuntiopettaja | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rakennusliike U. Lipsanen Oy | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää uusia toimintatapoja, joita rakennusliike voisi ottaa käyttöön hyödyntäessään rakennustietomallia tuotannonsuunnittelu- ja tuotannonohjausvaiheessa. Tutkimuksessa käytettävä ohjelma oli Navisworks Simulate projektinhallintaohjelmisto. Työn toimeksiantaja oli Rakennusliike U.Lipsanen Oy.</p> <p>Työ toteutettiin tutkimalla Navisworks-ohjelmistossa olevia työkaluja, ja pohtimalla mitä niistä voitaisiin käyttää yrityksen toimintamallin tuotannonsuunnittelussa ja tuotannonohjauksessa rakennustietomallin kanssa pääpainopisteen ollessa työmaalla hoidettavissa työtehtävissä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville Navisworks projektinhallintaohjelmiston tarjoamat toimintatavat ja valittiin yrityksen toimintatapoihin soveltuvia osia, joita otetaan kokeiluun yrityksen sisällä.</p> | |
| Avainsanat Tietomalli, tuotannonohjaus, tuotannonsuunnittelu, projektinhallintaohjelmisto | |
| | |

| | | | |
|---|----------------|------------------|--|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering | | | |
| Author(s) Niko Tiitinen | | | |
| Title of Thesis Planning of Production and Production Management using Building Information Model | | | |
| Date | April 24, 2017 | Pages/Appendices | |
| Supervisor(s) Mr Viljo Kuusela, Senior Lecturer and Mr Hannu Haaranen, Lecturer | | | |
| Client Organisation /Partners Rakennusliike U. Lipsanen Ltd | | | |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to examine and improve the procedures that a construction company could implement when using building information model (BIM) in their production management. The main software that was examined in this project was <i>Navisworks Simulate</i>-production management software. This project was commissioned by Rakennusliike U. Lipsanen Ltd.</p> <p>The work was accomplished by studying the tools of <i>Navisworks</i>-software and determining which of them could be used for planning and production management in the company including building information model. The main focus was on the tasks which are completed on construction site.</p> <p>As the result of this thesis, it was found out how <i>Navisworks</i>-software could be used for production management and planning of the construction site. The tools were chosen that are the most suitable for the working methods used in the company. They will be tested in practice on the site.</p> | | | |
| <p>Keywords building information model (BIM), production management, production planning, project management software</p> | | | |
| | | | |

ESIPUHE

Haluan kiittää työni valvojaa lehtori Viljo Kuusela ja ohjaaja Jörg Hansmannia Rakennusliike U. Lipsanen Oy:stä hyvästä ohjauksesta ja motivoivasta tavasta kannustaa miettimään asioita uudesta näkökulmasta. Ilman motivoivaa ohjausta ja tekemieni oivalluksien kyseenalaistamista, olisi työn valmiiksi saaminen ollut paljon nykyistä haastavampaa ja työn tulos olisi ollut heikompi. Iso kiitos Antti Lipsaselle monesta eri opinnäytetyön aiheesta, joista sain valita vapaasti itseäni eniten kiinnostavan. Kiitos Henri Kuokkaselle ohjeistuksesta yrityksen tietomallinnusperiaatteista, sekä kirjoitusvinkkien antamisesta.

22.4.2017

Niko Tiitinen

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 1.1 | Tausta ja tavoitteet | 7 |
| 1.2 | Toimeksiantaja | 8 |
| 1.3 | SANASTO | 8 |
| 2 | TIETOMALLIN KÄYTTÖ RAKENNUSALALLA | 9 |
| 2.1 | Rakennuksen tietomalli | 9 |
| 2.1.1 | IFC-standardi | 9 |
| 2.1.2 | YTV 2012 | 9 |
| 2.1.3 | Yhdistelmämalli | 10 |
| 2.1.4 | Tietomallitarkastukset | 10 |
| 2.2 | Navisworks Simulate-projektinhallintaohjelmisto | 10 |
| 2.2.1 | A360 ja BIM360-aplikaatio mobiililaitteille | 12 |
| 2.2.2 | Timeliner-työkalu | 12 |
| 2.2.3 | Simulate-työkalu | 12 |
| 2.2.4 | Animation-työkalu | 12 |
| 2.2.5 | Quantification-työkalu | 13 |
| 2.2.6 | Viewpoint- ja Review-työkalu | 13 |
| 2.3 | Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus | 13 |
| 2.3.1 | Aikataulusuunnittelu | 13 |
| 2.3.2 | Työvaiheiden riippuvuustarkastelu | 14 |
| 2.3.3 | Työvaiheiden simulointi | 14 |
| 2.3.4 | Työmaan alue- ja logistiikkasuunnitelma | 14 |
| 2.3.5 | Määrien laskeminen | 15 |
| 2.3.6 | Lohkojako | 15 |
| 3 | AIHEEN VALITSEMINEN JA TYÖSKENTELYTAVAT | 16 |
| 3.1 | Tietomallin hyödyntäminen tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa | 16 |
| 3.2 | Menetelmät | 16 |
| 3.3 | Opinnäytetyön päätavoitteet ja tutkittavat aiheet | 16 |
| 3.4 | Opinnäytetyössä käytettävät ohjelmat | 17 |
| 4 | TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN TUOTANNONSUUNNITTELUSSA JA -OHJAUKSESSA | 18 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Aikataulu | 18 |
| 4.1.1 | Aikataulun luominen | 18 |
| 4.1.2 | Työvaihe aikataulu | 18 |
| 4.1.3 | Tuntiaikataulu | 20 |
| 4.2 | Työvaiheiden simulointi ja animaatio | 23 |
| 4.2.1 | Simulaatio | 23 |
| 4.2.2 | Animaatio | 26 |
| 4.3 | Rakentamisen aikainen kommunikointi projektin osapuolten välillä..... | 26 |
| 4.3.1 | Viewpoint | 26 |
| 4.3.2 | Review | 28 |
| 4.3.3 | Add tag | 28 |
| 4.3.4 | A360 ja BIM360-applikaation käyttö mobiililaitteella | 29 |
| 4.3.5 | Määrät tietomallissa | 32 |
| 4.3.6 | Lohkojako..... | 34 |
| 4.4 | Työmaan aluesuunnitelma | 35 |
| 4.5 | Tietomalli työmaan työturvallisuuden kehityksessä..... | 37 |
| 5 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA TULOKSET | 39 |
| | LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 40 |

1 JOHDANTO

Rakennusalalla on jo pidemmän aikaa ollut käynnissä iso muutos alan digitalisoitumisen osalta. Eri-laiset suunnittelu- ja projektinhallintaohjelmistot kehittyvät nopeaa tahtia ja jatkuvasti suurempia määriä työtehtävistä pyritään digitalisoimaan. Teknologian kehitys on tuonut rakennusalalle suunnittelu-, sekä tuotantotyöhön monenlaisia työkaluja. Yksi isoimmista muutoksista on rakennuksen tietomallin käyttö. Tietomalli on nykypäivänä suunnittelu-, sekä tuotantoalalla jatkuvasti kasvavassa roolissa. Laadukkaasti toteutettua rakennustietomallia pystytään hyödyntämään koko rakennuksen elinkaaren ajan.

1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja saada selville uusia toimintatapoja, joita rakennusliike voisi ottaa käyttöön ja hyödyntää työskentelyssä rakennustietomallin parissa tuotannosuunnittelu- ja tuotannonohjausvaiheessa. Rakennustietomallin hyödyntämistä halutaan kasvattaa rakennusliikkeen rakennusprojekteissa. Nykyinen työskentely tietomallien parissa rajoittuu yrityksessä suurimmaksi osin hankesuunnitteluvaiheeseen. Tuotantovaiheessa ja varsinkin työmaalla tapahtuvassa työvaiheiden suunnittelussa ja määrälaskennassa ei hyödynnetä laadukkaitakaan tietomalleja tarpeeksi ja tätä halutaan kehittää. Työssä tutkitaan yrityksessä käytössä olevan ohjelmiston tarjoamia mahdollisuuksia tuotannonhallinnan, sekä -suunnittelun eri osa-alueilla. Käsiteltäviä osa-alueita tässä opinnäytetyössä ovat:

- Navisworks Simulate ohjelmiston tutkiminen yrityksen tarpeisiin
 - aikataulun luominen Autodeks Navisworks ohjelmistolla.
 - aikataulun seuranta.
 - aikataulun liittäminen tietomalliin.
 - rakennustietomallin rakenneosien jakaminen omiin ryhmiin.
 - rakennusprojektin työvaiheiden simulointi.
 - työvaiheiden riippuvuustarkastelu.
 - määrien ulos ottaminen mallista.
 - hankintapakettien luominen tietomallista.

1.2 Toimeksiantaja



Opinnäytetyön tilaajana toimii Rakennusliike U. Lipsanen Oy. Yritys on pääosin urakointiin keskittynyt rakennusliike, jonka toiminta-alueeseen kuuluu koko Suomi. Yritys keskittyy julkisten tilojen, sekä liike- ja teollisuustilojen rakentamiseen ja saneeraukseen. Tavoitteiden saavuttamiseksi yritys toteuttaa laatu politiikkaa, johon kuuluu erikoistuminen perinteisille osaamisalueille, henkilöstön ammattitaidon ja innostuksen ylläpitäminen, yhteistyön ja tiedonsiirron kehittäminen koko rakentamisen arvoketjussa, sekä ajanmukaisten ja tehokkaiden tuotantomenetelmien käyttäminen.

Yrityksen arvot ovat:

- turvallisuus.
- asiakkaan tyytyväisyys.
- laatu.
- kannattavuus.

Rakennusliike U. Lipsanen Oy on perustettu vuonna 1950. Työntekijöitä noin 80. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Pieksämäellä. (Rakennusliike U. Lipsanen Oy:n www-sivut.)

1.3 SANASTO

| | |
|---------------------|--|
| Tuotannonohjaus | rakennustyömaan lyhyen aikavälin työtehtävien suunnittelu ja ohjaus |
| Tuotannosuunnittelu | rakennusprojektin rakentamisvaihetta edeltävä suunnittelu |
| Järjestelmämalli | talotekniikan eri järjestelmien osien muodostoma tietomalli |
| BIM | Building Information Model, rakennuksen tietomalli |
| Mobiililaite | Laite, joka on suunniteltu mukana kannettavaksi ja soveltuu tiedonkäsittelyyn ja langattomaan tiedonsiirtoon |
| Tietomallitarkastus | Yhdistelmämallille suoritettava törmäystarkastelu virheiden löytämiseksi |

2 TIETOMALLIN KÄYTTÖ RAKENNUSALALLA

2.1 Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomalli on tietokoneella luotu visuaalinen malli rakennuksesta. Se sisältää visuaalisen geometriatiedon lisäksi tietoa käytetyistä rakennusmateriaaleista, materiaalien ominaisuuksista ja talotekniikasta. Tietomalli koostuu mallinnetuista visuaalisista objekteista, objektien ominaisuuksista ja niiden välisistä yhteyksistä toisiinsa. Lyhyesti sanottuna tietomalliin voidaan lisätä ja lukea haluttua tietoa rakennettavasta kohteesta

Tietomallin sisältämä tietomäärä kasvaa projektin edetessä ja suunnitelmien edetessä. Projektin alkuvaiheessa esimerkiksi rakennussuunnittelun luonnosvaiheessa ei tietomallista löydy vielä yksityiskohtaista tietoa eri objektien ominaisuuksista, vaan niitä aloitetaan lisäämään ja päivittämään toteutussuunnitelmien valmistuttua. Rakennushankkeen alussa on hyvä sopia pelisäännöistä ja rooleista, joita noudatetaan eri projektin osapuolten kesken koskien tietomallinnusta. Näin vältetään turhalta päällekkäiseltä työskentelyltä, sekä varmistetaan eri osapuolten tuottamien mallien yhteensopivuus.

2.1.1 IFC-standardi

IFC (industry foundation classes)-standardi on pääasiassa rakennusalan käyttämä ja sopima tiedonsiirtomuoto, jolla pystytään siirtämään eri tietomallien välisiä tietoja ohjelmistosta toiseen riippumattomasti. Rakennusprojektin alkuvaiheessa on jokaisen osapuolen etujen mukaista käydä kokouksessa läpi tietomallinnukseen liittyvät asiat ja sopia IFC-standardin käyttö projektin tietomallien tiedonsiirrossa.

2.1.2 YTV 2012

Jotta tietomallien käyttö talonrakennushankkeissa olisi eri osapuolten kesken joustavaa ja ongelmattonta, tarvitaan yhteiset pelisäännöt mallinnustavoista ja -tarkkuuksista. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 toimivat talonrakennusalan tietomallinnuksen epävirallisina standardeina. Ohjeet on luotu yhtenäistämään jatkuvasti kehittyvää ja laajenevaa tietomallien käyttöä talonrakennusalalla.

Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, (Päivi Jäväjä ja Timo Lehtoviita, 2016) kirjassa linjataan:

YTV2012 pyrkii vastaamaan erityisesti seuraaviin peruskysymyksiin:

- Miksi mallinnetaan?
- Miten mallinnetaan?
- Mitä mallinnetaan hankkeen eri vaiheissa?
- Miten mallia hyödynnetään?

2.1.3 Yhdistelmämalli

Rakennushankkeen suunnitelmien valmistuttua eri alojen suunnitelmat tuodaan yhteen ja luodaan yhdistelmä tietomalli. Yhdistelmä tietomallin osia ovat yleisimmin: rakennesuunnittelijan rakennemalli, arkkitehtisuunnittelijan arkkitehtimalli sekä talotekniikan- ja sähkösuunnittelijoiden järjestelmämallit. Yhdistelmämallille voidaan suorittaa törmäystarkastelu jo suunnitteluvaiheessa, jolloin havaitaan ongelmakohdat ennen rakentamisen aloitusta ja vähennetään riskiä ristiriitojen löytymiseen vasta rakennusvaiheessa, joka vaikuttaa suoraan kohteen aikatauluun ja näin ollen kustannuksiin.

2.1.4 Tietomallitarkastukset

Tietomallitarkastuksien teon tärkeyttä täytyy korostaa heti projektin alkuvaiheessa. Projektiin on syytä nimetä tietomallikoordinaattori, joka on vastuussa tarkastuksista ja näin ollen yhdistelmämallin käyttökelpoisuudesta. Koordinaattorin vastuulla on projektin eri vaiheiden tietomallitarkastukset, joissa tarkastellaan eri suunnittelijaosapuolten malleja ja pyritään löytämään virheitä ja yhtenäistämään malleja, jotta yhdistelmämalli olisi mahdollisimman virheetön ja käyttökelpoinen koko hankkeen ajan. Tarkasteluissa suoritetaan törmäystarkastelut, jossa tietomallit yhdistetään ja ohjelma ilmoittaa tietomallien päällekkäisyydet. Törmäystarkasteluista tehdään raportit, jotka käydään läpi palaverissa ja päällekkäisyydet korjataan. Tarkastuksilla pyritään vähentämään suunnitteluvaiheessa tapahtuvien suunnitteluvirheiden määrää. Törmäystarkastelu tehostaa virheiden löytämisen määrää ja on iso uudistus perinteiselle suunnittelulle, jolloin mahdollisuutta tällaiseen tarkasteluun ei tietomallien puutteen vuoksi ollut. Tietomallikoordinaattori ohjeistaa suunnittelijaosapuolia tietomallien päivittämisestä projektin aikana ja huolehtii, että osapuolet pitävät mallinsa ajan tasalla ja tekevät tarvittavat muutokset jolloin koordinaattorin on helppo päivittää yhdistelmämallia. Työmaan tuotannossa käytettävän yhdistelmämallin tarkkuus on oltava hyvää luokkaa, jotta siihen uskalletaan luottaa ja irti saatava hyöty on mahdollisimman suuri. Tästä syystä tietomallitarkastuksia täytyy suorittaa aina tietomalleja päivitettäessä.

2.2 Navisworks Simulate-projektinhallintaohjelmisto



Navisworks-ohjelmistoilla saat työkalut projektien hallintaan ja koordinointiin. Navisworks-ohjelmistoilla yhdistät tietomallit yhdeksi kokonaisuudeksi. Yhdistetyn mallin avulla tehostetaan yhteistyötä osapuolten kesken sekä tehostetaan koordinointia ja tarkastelua. Yhdistetyllä mallilla vähennetään ongelmia suunnittelussa ja rakentamisessa.

-(Futuregroup.fi)

Navisworks-ohjelmisto on Autodesk-yrityksen kehittämä rakennusprojektin koko elinkaaren ajaksi soveltuva projektinhallintaohjelmisto. Ohjelmalla pystyy mm. hallitsemaan, luomaan ja muokkaamaan projektin aikatauluja, tarkastelemaan ja yhdistämään projektin tietomalleja, luomaan hankintapaketteja ja simuloimaan rakennusvaiheita.

Navisworks ei itsessään ole mallinnusohjelma vaan suunniteltu ainoastaan rakennusprojektin hallintaan ja eri osa-alueiden koordinointiin. Ohjelmaan voidaan tuoda eri suunnittelijaosapuolten luomat tietomallit ja yhdistää ne yhdeksi omaksi yhdistelmämalliksi. Ohjelma tukee yleisintä rakennusalan IFC-tiedonsiirtomuotoa. Tuettuihin tiedostomuotoihin kuuluu yleisimmät 3D Cad-formaatit, kuten dwg, dwf, skp ja ifc. Tuetut aikatauluohjelmien tiedostomuodot kuten esimerkiksi mpp, pp ja mpx.

Autodesk on myös kehittänyt mobiililaitteille soveltuvan A360 sovelluksen jolla pystyy tarkastelemaan tietomallia ja sen tietoja Navisworks:n tiedostomuodossa. Sovellus on suunniteltu käyttöliittymältään yksinkertaiseksi ja nopeaksi käyttää, jolloin se soveltuu hyvin työmaalla liikkussa tabletin kanssa käytettäväksi.

Tässä opinnäytetyössä tullaan käyttämään Navisworks Simulate -ohjelmistoa. Navisworks ohjelmistoperheeseen kuuluu

- Navisworks Simulate

Reaaliaikainen navigointi sekä tarkistustyökalut ja yhteydenpitotyökalut projektin eri osapuoliin. Yhdistelmä tiedostojen julkaisu projektin osapuolille, 4D-aikataulutus- ja visualisointityökalut

- Navisworks Manage

Samat ominaisuudet kuin Simulate versiossa. Sisältää lisäksi työkalun törmäystarkastukseen ja siitä raportointiin.

- Navisworks Freedom

Ilmainen navigointi ja tarkasteluohjelmisto, jolla pystyy tarkastelemaan, mittaamaan, lukemaan merkintöjä, simuloimaan tallennettua aikataulua ja tulostamaan. Soveltuu rakennushankkeen osapuolelle, jolla ei ole muut tarvetta kuin päästä tarkastelemaan tietomallia visuaalisesti. Ei mahdollisuutta tallentaa eikä muokata.

Autodeks Navisworks natiivi-tiedostomuodot:

- NWC

Väliaikais-tiedosto, joka luodaan uusiksi aina alkuperäisen tiedoston päivittyessä.

- NWF

Hallitaan referenssitiedostoja, ns päätyöskentelytiedosto.

- NWD

Yhdistetty kevyt kokonaismalli. Navisworks Freedom tukee tätä tiedostomuotoa.

Navisworks Simulate -ohjelma tarjoaa lukuisan määrän työkaluja rakennusprojektin hallintaan. Tässä opinnäytetyössä tutkittavat työkalut valittiin rakennushankkeen tuotannonhallinnan ja -suunnittelun näkökulmasta. Opinnäytetyössä tutkittiin seuraavaksi lueteltavia työkaluja.

2.2.1 A360 ja BIM360-aplikaatio mobiililaitteille

Autodeskin kehittämät sovellukset voi ladata ilmaiseksi käyttöjärjestelmää vastaavasta sovelluskaupasta. Android-järjestelmälle play-kaupasta ja iOS-järjestelmälle appstoresta. A360 on vanhempi sovellus. BIM360 on Autodeskin uudempi vastaava sovellus, johon ollaan siirtymässä vanhasta A360:sta. Sovellukset ovat hyvin identtisiä opinnäytetyön kirjoitushetkellä siirtymävaiheen takia. Tässä opinnäytetyössä käytetään BIM360 sovellusta tutkittaessa tabletin käyttöä Navisworks-mallien käsittelyssä.

2.2.2 Timeliner-työkalu

Timeliner on rakennusprojektin aikataulun luomiseen ja sen ylläpitämiseen tarkoitettu työkalu. Sillä voidaan luoda perinteinen visuaalisesti ja ominaisuuksiltaan jana-tyyppinen aikataulu, tai tuoda kolmannen osapuolen aikatauluohjelmalla luotu aikataulu ja liittää se Navisworksiiin. Timerliner-työkalulla voidaan liittää aikataulun eri työvaiheiden tehtäviä tietomallin visuaalisiin objekteihin tai objektien muodostamiin ryhmiin helpottamaan aikataulun visuaalista hahmotusta.

2.2.3 Simulate-työkalu

Simulate-toiminnolla voidaan simuloida suunnitellun aikataulun mukaan etenevää rakentamista visuaalisesti. Työkalu piirtää asetetulla aikavälillä tapahtuvan rakentamisen visuaalisen tuloksen animaation muodossa tarkasteltavaksi. Tarkasteltavan aikavälin animaatio voidaan tallentaa .avi tiedostomuotoon. Työkalu soveltuu hyvin työvaihesuunnitteluun. Simulaatiosta voidaan piilottaa halutut muut aikataulutetut objektit piiloon ja suunnitella esimerkiksi betoniseinäelementtien asennusjärjestys.

2.2.4 Animation-työkalu

Animation-työkalu antaa mahdollisuuden luoda animaatioita tietomallissa liikkumalla. Eri animointi mahdollisuuksia ovat:

- kävelyanimaatio tietomallin ympäristössä

Voidaan luoda esittelyanimaatio halutuista kohteista ennalta määrättyä kaavaa noudattaen.

- leikkausanimaatio

Käyttäjän luomista leikkauksista luotu animaatio. Voidaan esimerkiksi leikata rakenne alhaalta ylös animaation muodossa.

- objektianimaatio

Kävelyanimaation sisälle voidaan eri objekteille luoda animaatioita. Esimerkiksi oven aukeaminen, nosturin liikeradat.

2.2.5 Quantification-työkalu

Quantification-toiminto on tarkoitettu tietomallin objektien pinta-alojen, tilavuuksien ja kappalemäärien laskemiseen. Tietomallin objekteista luodaan haluttuja ryhmiä ja quantification-työkalulla ryhmistä voidaan luoda listat. Näistä listoista voidaan tarkastella valittujen objektien määriä, pinta-aloja ja tilavuuksia. Listat voidaan myös exportata Navisworksistä Excel-tiedostomuotoon tietojen jatkokäsittelyä varten.

2.2.6 Viewpoint- ja Review-työkalu

Viewpoint-toiminto on tarkoitettu projektin eri osapuolten välisen kommunikoinnin helpottamiseen, sekä tietomallin yhteydessä tapahtuvan navigoinnin nopeuttamiseen. Työkalulla voidaan luoda "viewpointteja" halutusta kuvakulmasta mallia. Review-työkalulla viewpointteja voidaan luoda ja niihin voidaan jättää kommentteja ohjelman sisään. Lisäksi Review-työkalulla voidaan piirtää erilaisia kuvioita, kommentoida ja suorittaa mittauksia tietomallin objekteille. Päivitettäessä uusin tietomalli projektipankkiin, kuka tahansa suunnittelija pääsee käsiksi viewpointeihin. Viewpointteja voi myös tulostaa ulos mallista kuvatiedostoksi ja lähettää eteenpäin.

2.3 Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus

Tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa tietomallia voidaan soveltaa esimerkiksi aikataulujen laadintaan, aikataulujen yhtensovittamiseen, visuaaliseen demonstrointiin työntekijöille ja rakennustarvikkien määrälaskentaan. Seuraavaksi esitellään eri työvaiheita, joita työn tilaajan toiveesta tässä opinnäytetyössä tullaan tutkimaan.

2.3.1 Aikataulusuunnittelu

Rakennustyömaan työvaiheaikataulun suunnittelu on yksi tärkeimmistä vaiheista rakennusprojektissa. Sen vaikutusta hankkeen rakennusvaiheen sulavaan etenemiseen ei voi tarpeeksi korostaa. Ammattitaitoisten henkilöiden tekemänä työvaiheaikataulu antaa hyvät ja realistiset lähtökohdat, sekä mahdollisuudet rakentamisvaiheen sujuvaan läpivientiin ilman suurempia ongelmia. Huonosti ja ilman ammattitaitoa toteutettuna työvaiheaikataululla voidaan pilata koko projekti, niin taloudellisesti kuin aikataulullisesti. Aikataulun ajan tasalla pitäminen ja sen jatkuva tarkkailu on tärkeää. Se helpottaa työvaiheiden suunnittelua ja mahdollisia ristiriitojen huomaamista. Siksi olisikin tärkeää, että työmaalla olisi aikatauluttamisesta vastaava henkilö ja tarvittavat resurssit tehtävän hoitamiseen. Tietomallintaminen on tuonut aikataulusuunnitteluun uusia mahdollisuuksia ja toimintatapoja. Tietomalliin liitettävä aikataulu antaa mahdollisuudet visuaaliseen suunnitteluun työmaalla ja on hyödyllinen visuaalinen lisä työmaakokouksissa puitavien ongelmien ratkaisussa, sekä urakkaneuvotteluissa. Nykyään onkin hyvin yleistä, että aikataulut liitetään tietomalliin ja lähiviikkojen tavoitteet havainnollistetaan työntekijöille visuaalisesti. Vielä tänäkin päivänä yksi rakennustyömaan eniten ongelmia

aiheuttava tekijä on puutteellinen aikataulun suunnittelu tai sen valvonta ja päivittäminen. Tähän onkin syytä kiinnittää erityistä huomiota panostamalla aikataulusuunnittelun tarkkuuteen ja jatkuvaan aikataulusuunnittelutapojen kehittämiseen. Theseuksessa julkaistussa opinnäytetyössä (Kärnä 2011) kuvataan ”Työmaan ajallista suunnittelua ei hallita --> syynä asenne, jonka mukaan kaikki lipsuvat (vaikka aikataulut suunnitellaan hyvin, niitä ei pystytä tai viitsitää pitää työn aikana ajan tasalla) Aikataulut laaditaan liian optimistisesti --> tehtävät ajoitetaan aikaisimman mahdollisimman aloitusajankohdan mukaan”

2.3.2 Työvaiheiden riippuvuustarkastelu

Työvaiheiden riippuvuudet ovat aikataulun tärkeä osa-alue. Riippuvuuksien tarkastelu perustuu ennakointiin ja tiettyjen työvaiheiden suorittamiseen ennen toisen työvaiheen alkamista. Esimerkiksi tehtävät X1 ja X2 on suoritettava ennen kuin tehtävä X3 voidaan aloittaa. Riippuvuuksien ennakointi ja suunnittelu aikataulutuksen yhteydessä vaatii ammattitaitoa ja kokemusta rakennustyömaan toiminnasta. Haastavuutta tuotannosuunnittelu-vaiheen aikataulutukseen tuo usein tiedoiltaan vajaat ja keskeneräiset rakennuspiirustukset, joka lisää haastetta riippuvuuksien löytämiseen. Tietomallien käytön yleistymisen rakennusalalla tuo uusia mahdollisuuksia riippuvuustarkastelun toimintamalleihin. Riippuvuudet ovat sidoksissa aikataulun työtehtävien kanssa ja tietomallipohjaista aikataulua käytettäessä riippuvuuksien visuaalinen demonstrointi helpottuu. Työvaiheita voidaan simuloida, jolloin riippuvuuksien suunnitteluvirheet huomataan ajoissa jo tuotannosuunnitteluvaiheessa, mikäli suunnitelmat ovat riittävän pitkällä. Usein kuitenkin tietomallia voidaan hyödyntää jo projektin alkuvaiheessa vaikka käytössä olisi ainoastaan arkkitehdin tietomalli.

2.3.3 Työvaiheiden simulointi

Simuloinnilla tarkoitetaan eri työvaiheiden tai tapahtumien simulointia. Simulointi on yleistynyt tietomallien kanssa samaa tahtia. Suunnittelijoille simuloinnista on apua esimerkiksi törmäystarkastelussa ja kuormien simuloinnissa rakenteille. Työmaalla simuloinnilla voidaan suunnitella työvaiheita, käydä kokouksissa läpi aikatauluja ja käyttää yleiseen tuotannonohjaukseen.

2.3.4 Työmaan alue- ja logistiikkasuunnitelma

Alue- ja logistiikkasuunnitelma on työmaan jatkuvan toimivuuden kannalta tärkeä. Suunnitelmiin merkataan pysyvät, sekä väliaikaiset rakennusmateriaalien säilytysalueet, ajoneuvojen kulkureitit, sosiaalipotit, työmaakohtaiset isot työvälineet kuten työmaasirkkeli, sähkökeskukset, ensiapupiste, työturvallisuus, nosturit ja työmaan vaara-alueet. Varsinkin isoilla työmailla tonttien ahtauden takia tavaratoimitukset joudutaan usein suunnittelemaan tuntiaikataululla. Tehoton työmaa aiheuttaa lisäkustannuksia. Kustannuksia syntyy pitkien välimatkojen kulkemisesta varastojen tai sosiaalipotkien välillä ja logistiikan mahdollisesta odotusajasta, joka taas vaikuttaa muihin tontilla tapahtuviin töihin. Tietomallin avulla aluesuunnitelman eri vaiheita pystytään simuloimaan ja suunnittelemaan ruuhkaisetkin työmaat toimiviksi. Työmaan työvaiheaikataulu vaikuttaa työvaiheiden osalta työmaa-alueen järjestykseen ollen sidoksissa työmaan aluesuunnitelmaan. Tästä syystä on syytä tutkia aikataulun ja aluesuunnitelmien yhdistämistä tietomallin kanssa.

Tietomallipohjaisen aluesuunnittelun etuja ovat:

- selkemäpi visuaalinen ilme verrattuna 2d-tulostuksiin
- animaatioiden mahdollisuus demonstroida työvaiheita
- työmaaliikenteen visualisointi
- ristiriitojen huomaaminen mahdollisimman ajoissa
- tietomallin objekteista saatava tieto rakennusmateriaaleista

2.3.5 Määrien laskeminen

Määrien laskennalla tarkoitetaan urakkaan kuuluvien materiaalien ja suoritteiden määrää. Määrälaskenta on urakkatarjouksissa pärjäämisen kannalta tärkeää hoitaa hyvin. Määrälaskentaa on suoritettu pitkään asiakirjojen ja tavallisten piirustusten avulla mittoja ottaen ja laskien. Tietomallinnus on tuonut laskentapuolelle uusia toimintatapoja helpottamaan ja tarkentamaan laskusuoritusta. Tietomallista saadaan tietoa pinta-aloista, tilavuuksista ja rakenteiden tyypeistä riippuen käytettävissä olevasta ohjelmistosta. Rakennushankkeen tietomallin käyttö määrälaskennan apuvälineenä edellyttää kuitenkin tietomallin mittojen tarkkuuden olevan todellisuutta vastaavalla tasolla, jotta laskeminen voidaan suorittaa vaaditulla tasolla ja realistiseksi. Yrityksien sisällä vaihtelee suuresti tapa miten tietomallia käytetään hyödyksi laskennassa. On olemassa vielä yrityksiä, jotka eivät hyödynnä tietomallia laskennassa ollenkaa, mutta kasvavissa määrin ja varsinkin suuret yritykset ovat ottaneet tietomallin tarjoaman hyödyn tähänkin työvaiheeseen. Toimintatapoihin saattaa kuulua pelkkien suurimpien pinta-alatietojen ulos ottaminen mallista ja siirtäminen laskentaohjelmaan. Jotkut ottavat pinta-alatietojen lisäksi suurimpien tilauksien tavaraluettelot mallista ja käyttävät nämä laskennassa hyödyksi. Pisimmälle tietomallin parissa laskemista vieneet laskevat perustusten valamisesta aina loppuvaiheen kalusteiden asennukseen asti aiheutuvat työkustannukset käyttäen mallin suurta tietomäärää hyväksi. Työmaalla määrien laskeminen keskittyy työmaalle tilattavaan materiaaliin, kuten betonitilaus, raudoitusten määrät, väliseinien levytykset ja kiinnikkeiden laskemiseen ja hankintaan. Hankintapakettien kokoaminen ja hankintojen ajoitus voi olla myös osa työmaan tehtävälistaa yhdessä hankintapuolen kanssa.

2.3.6 Lohkojako

Lohkojaon teko isossa rakennusprojektissa on kannattavaa hankkeen aikatauluttamisen ja hankintojen kannalta. Rakennuksen jako lohkoihin helpottaa ison rakennushankkeen hankintojen jaksottamista aikataulun mukaiseen järjestykseen. Tämä vähentää suurten tavaraerien säilytystä työmaalueella, kun tilaaminen tapahtuu lohkojen mukaisissa erissä. Myös rakentaminen lohko kerrallaan edistää loppua kohden rakentamisen sujuvuutta, kun aiempien lohkojen rakennusvaiheista opitaan ja virheitä ei toisteta seuraavassa lohossa.

3 AIHEEN VALITSEMINEN JA TYÖSKENTELYTAVAT

3.1 Tietomallin hyödyntäminen tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa

Opinnäytetyön tilaaja haluaa kehittää yrityksensä työmaan tuotannosuunnittelua ja -ohjausta. Yritys haluaa tietomallin enemmän mukaan työmaan päivittäiseen toimintaan ja vuorovaikutukseen toimiston, työmaan ja projektin muiden osapuolten välillä. Tässä opinnäytetyössä selvitetään Navisworks Simulate-ohjelman soveltuvuutta tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen. Pääpainopiste on työmaaolosuhteissa ja tutkittavia aiheita käsitellään suurimmaksi osaksi työmaalla toimivan työmaainsinöörin ja/tai työmaamestarin työtehtävien kehittämisen näkökulmasta. Tutkimustyön tavoitteena on löytää yritykselle uusia toimintatapoja tietomallin hyödyntämiseen työmaalla tuotantovaiheessa. Kehittää yrityksen nykyistä tuotannohallintaa ja -suunnittelua enemmän tietomallinpainotteiseksi.

3.2 Menetelmät

Ennen työn aloitusta tietomallin parissa on suositeltavaa tutustua yrityksen käytäntöihin ja eri toimintatapoihin tietomallien parissa. Tämän takia on syytä lukea rakennusliikkeen itse tuottama tietomalliohje arkkitehtisuunnitteluun. Lisäksi on syytä lukea kirja: *Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla (Päivi Jäväjä, Timo Lehtoviiva, Rakennustieto 2016)*. Lisäksi on syytä haastatella tietomallinuksen parissa työskenteleviä työntekijöitä yrityksessä, jotta työskentelytapa ja ajattelumalli ovat yrityksen kanssa samalla linjalla.

Opinnäytetyön tutkimustyössä käytettävä pääasiallinen ohjelmisto on Autodeskin kehittämä Navisworks Simulate -projektinhallintaohjelmisto. Ohjelman työkaluja tutkitaan ja testataan eri tuotannon-ohjaus ja -suunnittelutehtäviin. Tämän lisäksi tutkimuksessa käytetään Revit 2017 -mallinnusohjelmistoa tuottamaan arkkitehtimalleja tutkimuksen käyttöön. Mobiililaitteiden käytön tutkimisvaiheessa käytetään tablettia, johon asennettu Autodeskin A360-ohjelma.

Tekla Structures 2017 -ohjelmiston soveltuvuutta yrityksen toimintatapoihin tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa tutkitaan, mikäli tutkimuksen aikana se katsotaan tarpeelliseksi.

3.3 Opinnäytetyön päätavoitteet ja tutkittavat aiheet

- Aikataulun luominen Navisworks:n työkaluilla ja yhdistäminen tietomallin rakenteisiin. Selvitetään, kuinka pieniin osiin aikataulu voidaan jakaa ja kuinka tarkka jakaminen on kannattavaa liitettäessä aikataulu tietomalliin. Vertaillaan TCM-planner ohjelmistolla tehdyn jana-aikataulun siirtoa Navisworks:in ja sen vahvuuksia, sekä heikkouksia.
- Työvaiheiden simulointi-osiossa selvitetään, millaisia mahdollisuuksia ohjelma tarjoaa työvaiheiden suunnitteluvaiheeseen työmaalla.
- Selvitetään Navisworks:n tarjoamat mahdollisuudet määrien ottamiseen tietomallin rakenteista työmaan näkökulmasta. Kuinka niitä voidaan käyttää hyödyksi työmaan tuotannossa?
- Työmaan aluesuunnitelman teko rakennustietomalliin. Työmaan logistiikan suunnittelu tietomallin avulla.

- Työturvallisuusasiat, kuinka voidaan käyttää tietomalli hyväksi? Työntekijöiden perehdytys tietomallin avulla.
- Mobiililaitteiden käyttö työmaalla ja yhdessä Navisworks-ohjelmiston kanssa.

Opinnäytetyön aikataulututkimuksissa on käytetty yrityksen vanhan projektin ja toisen kehitysprojektin rakennustietomalleja. Näihin yhdistelmämalleihin on kuulunut arkkitehtimalli, rakennemalli, sekä TATE-malli. Näitä yksittäisiä eri suunnitteluosien malleja on myös käytetty erillään tarvittaessa.

3.4 Opinnäytetyössä käytettävät ohjelmat

- Navisworks Simulate 2017
- Autodesk A360 ja BIM360
- Revit 2017
- Microsoft Excel
- Tekla Structures 2017
- Microsoft Project

4 TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN TUOTANNONSUUNNITTELUSSA JA -OHJAUKSESSA

4.1 Aikataulu

Navisworks-ohjelmisto mahdollistaa aikataulun luomisen, muokkaamisen ja liittämisen tietomalliin. On myös mahdollista tuoda toisessa aikatauluohjelmassa luotu jana-aikataulu Navisworks:iin ja liittää se tietomalliin. Tässä osiossa käsitellään selvitettyjä ohjelman käyttötapoja ja potentiaalisia uusia aikataulutustmenetelmiä rakennusprojektille.

4.1.1 Aikataulun luominen

Navisworks:llä pystyy luomaan jana-aikataulun timeliner-työkalulla. Aikataulun luominen Naviswork:ssä ei poikkea yleisistä aikatauluohjelmista paljoakaan. Itse tehtävien luominen ja keston määrittäminen ovat lähes identtisiä siihen mihin yrityksen nykyisissä ohjelmissa on totuttu. Tehtävälle annetaan nimi, asetetaan suunniteltu aloituspäivämäärä ja valmistumispäivämäärä. Lisäksi on kentät todellisille aloitus- ja valmistuspäiville. Tehtävien hierarkia muutetaan myös klikkaamalla tehtävää ja valitsemalla "hierarkiataso". Task-type -valikosta määritetään onko työ uuden rakentamista, purkua vai väliaikainen työ. Tarvittaessa jana-aikataulu voidaan tehdä nykyisin käytössä olevalla ohjelmistolla ja siirtää Navisworks:in. Aikataulua luodessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että tehtävät täytyy nimetä täysin identtisesti tietomallin ryhmien kanssa, jotta tehtävien automaattinen linkitys tietomallin objekteihin onnistuu. Riskinä tässä työskentelytavassa on, että yksi henkilö tekee aikataulun vanhalla ohjelmalla ja tietomallin parissa työskentelevä toinen henkilö liittää aikataulun tietomalliin, jolloin työtehtävien ja ryhmien nimissä on pieniä eroja ja ohjelma ei osaa liittää aikataulua tietomalliin. Onkin suositeltavaa, että aikataulu luotaisiin suoraan ohjelman sisällä, jotta linkityksessä ei synny ongelmia.

Nykyisen ohjelmiston (TCM-Planner) jana-aikataulun tuominen Navisworks:iin tapahtuu seuraavasti:

TCM-Planner → tallennetaan tiedostomuotoon .xml Tuodaan Microsoft project → tallennetaan tiedostomuotoon .mpp Tuodaan Navisworks Simulate → Aikataulu linkitetty. Huomion arvoinen asia, johon törmättiin jana-aikataulun siirrossa oli, että Navisworks Simulate 2017 ei avaa tai tunnista .mpp -tiedostomuotoa jos koneeseen ei ole asennettu Microsoft project -ohjelmistoa.

4.1.2 Työvaiheaikataulu

Tietomallin luomisvaiheessa mallinnustarkkuus täytyy olla sovittu ja tiedotettu asiasta mallin tekijälle. Esimerkiksi seinäelementtejä ei voida mallintaa vain koko seinämän pinta-alan kokoisena WALL-objektina. Jokainen seinäelementti täytyy mallintaa erikseen (kuva 1), jotta asennusaikataulu pystytään suunnittelemaan ja liittämään tietomalliin seinäelementteihin yksilöllisesti ja saavutetaan haluttu tarkkuus.



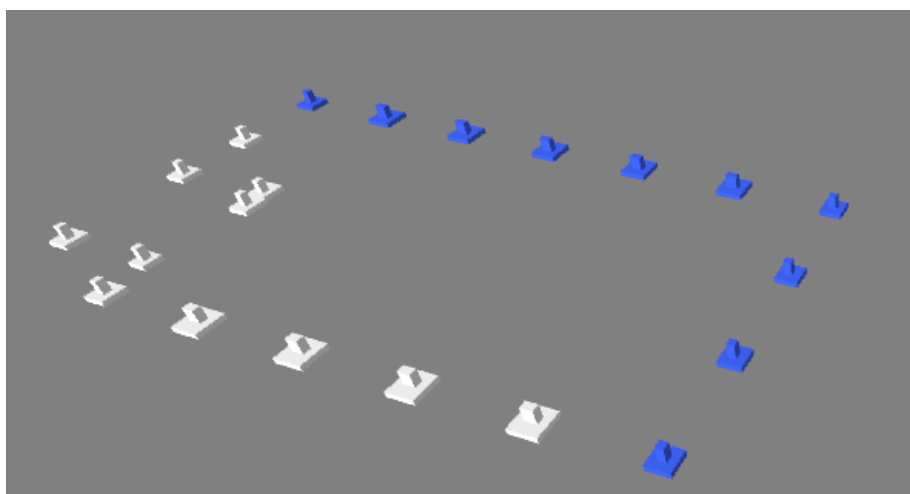
KUVA 1. Seinäelementit on mallinnettava yksilöinä mikäli asennusaikataulu halutaan liittää tietomalliin (Tiitinen 2017).

Seinäelementit voidaan yksilöidä ja nimetä rakennesuunnittelijan tai elementtien toimittajan tunnuk-sien mukaan, tai muulla yhteisesti sovitulla menetelmällä. Aikatauluun nimetään jokainen kivi, sijoitetaan oman työvaiheitsikon alle ja määritetään suunniteltu asennusaikataulu. Seinäelementeille luodaan Navisworks:iin halutun kokoiset ryhmät. Työskentelytavasta riippuen ryhmät luodaan joko yksilöllisesti jokaiselle kivelle, tai esimerkiksi työpäivän tavoitteelliselle asennusmäärälle. Ryhmät ni-metään vastaamaan asennettavien elementtien yksilöllisiä nimiä. Suurin tekijä ryhmien luomisen tarkkuudessa on, että kuinka tarkkaan rakennusprojektin yleisaikataulu halutaan toteuttaa. Yrityksen sisällä tuotettavissa tietomalleissa mallinustarkkuuden sopiminen on ongelmaton mutta projektin muiden suunnittelijaosapuolten kanssa mallinustarkkuus ja halutut toimintatavat täytyy selventää ja sopia jo urakkaneuvotteluissa. Jos asioita ei sovita heti alusta lähtien selvästi, tullaan törmäämään yhteensopivuusongelmiin, kun aikataulun laatiminen aloitetaan ja liitetään tietomalliin.

Navisworksin työkaluilla aikataulun yksittäisiä työtehtäviä pystyy liittämään rakennustietomallin yksit-täisiin visuaalisiin objekteihin (kuva 2), joka mahdollistaa aikataulun helpon lukemisen ja tarkan ai-kataulusuunnittelun vähälläkin aikataulutuskokemuksella verraten pelkkään jana-aikatauluun. Tämän ansiosta käsiteltävien asioiden demonstrointi helpottuu työmaakouksissa myös henkilöille, jotka eivät ole projektissa yhtä aktiivisesti mukana.

| Active | Name | Status | Planned Start | Planned End | Actual Start | Actual End | Task Type | Attached |
|-------------------------------------|--------------------|--------|---------------|-------------|--------------|------------|-----------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Anturavalu 1 | | 6.3.2017 | 6.3.2017 | 6.3.2017 | 6.3.2017 | Construct | Sets->Anturavalu 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Anturavalu 2 | | 7.3.2017 | 7.3.2017 | 7.3.2017 | 7.3.2017 | Construct | Sets->Anturavalu 2 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Anturapilarivalu 1 | | 8.3.2017 | 8.3.2017 | 8.3.2017 | 8.3.2017 | Construct | Sets->Anturapilarivalu 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Anturapilarivalu 2 | | 9.3.2017 | 9.3.2017 | 9.3.2017 | 9.3.2017 | Construct | Sets->Anturapilarivalu 2 |

| maanantai maaliskuuta 06, 2017 | | | | tiistai maaliskuuta 07, 2017 | | | | keskiviikko maaliskuuta 08, 2017 | | | | torstai maaliskuuta 09, 2017 | | | |
|--------------------------------|---|----|---|------------------------------|----|---|---|----------------------------------|---|---|----|------------------------------|---|----|---|
| 4 | 8 | 12 | 4 | 8 | 12 | 4 | 8 | 12 | 4 | 8 | 12 | 4 | 8 | 12 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |



KUVA 2. Kuvakaappaus perustusten aikatauluttamisesta Navisworks ohjelmistolla (Tiitinen 2017).

4.1.3 Tuntiaikataulu

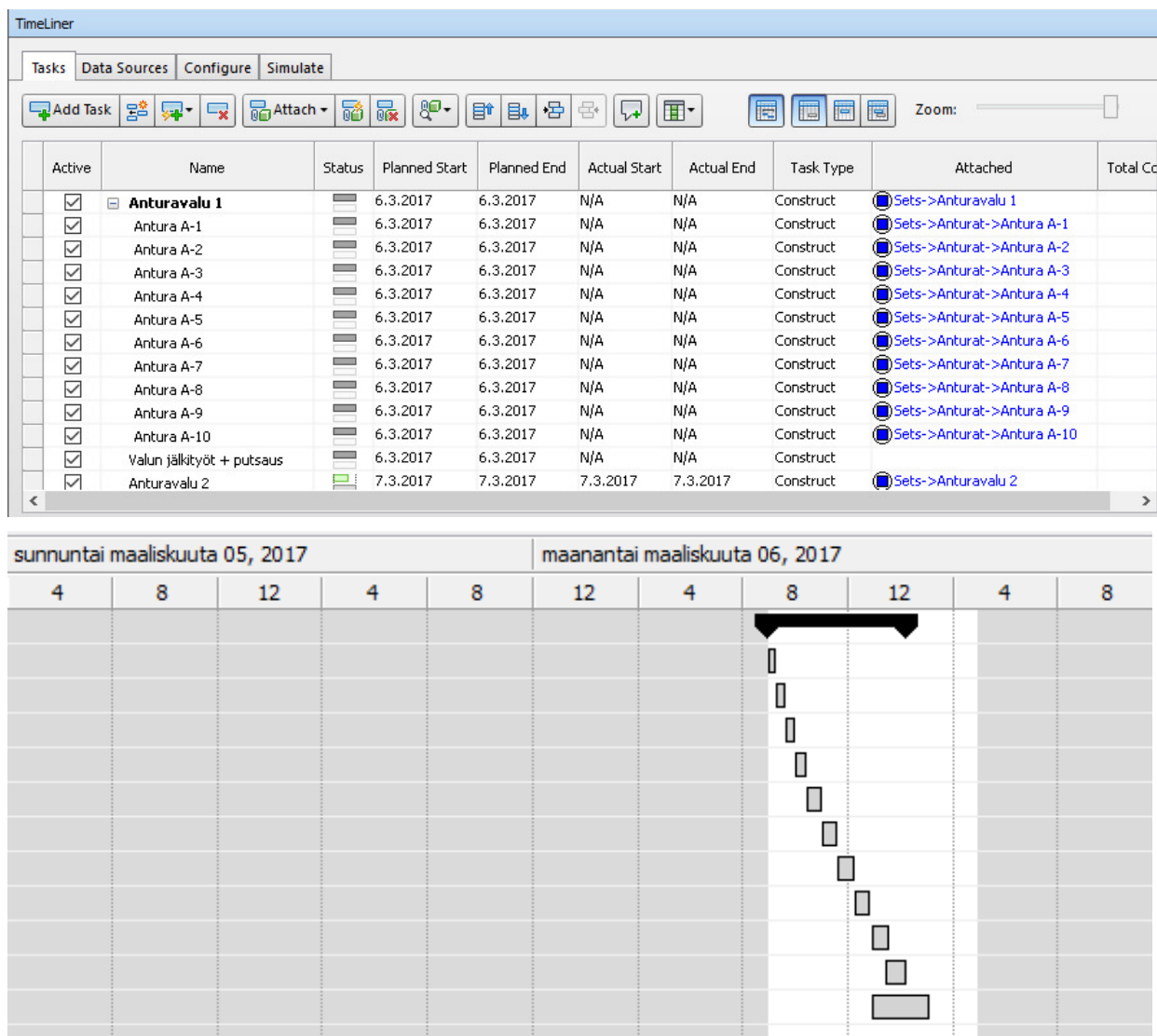
Yrityksen tulevissa projekteissa voitaisiin ottaa kokeiluun esimerkiksi Navisworks:llä toteutettu tuntiaikataulu joillekin yksittäisille ja helposti ennakoitaville työvaiheille (kuva 3). Nykyinen aikataulut perustuu työpäiviin ja tuntiaikataulutuksen tuomia mahdollisuuksia olisi syytä tutkia tarkemmin. Haasteita tuntiaikataulun suunnittelussa voi mahdollisesti tulla, jos muiden rinnalla kulkevien aikataulujen tarkkuus ei ole samalla tasolla. Esimerkkinä talotekniikan asennusaikataulu on vain suuntaa antava, eikä sitä tällöin voida käyttää apuna ja välttää töiden päällekkäisyydet samassa tilassa.

Tuntiaikataulutuksen etuja ovat

- tehokkaampi työskentely useassa eri työpisteessä vaihtuvien työntekijöiden kesken
- työmaalle tulevien rakennustarvikkeiden sijoitus työpisteen perusteella
- odottelun vähentyminen
- työmiehille käselynjoissa annettava kokonaisen päivän työlista
- eri alojen töiden yhteensovittaminen samaan tilaan ilman päällekkäisyyksiä, esimerkiksi IV- ja alakatto-työntekijä.

Haasteita ovat:

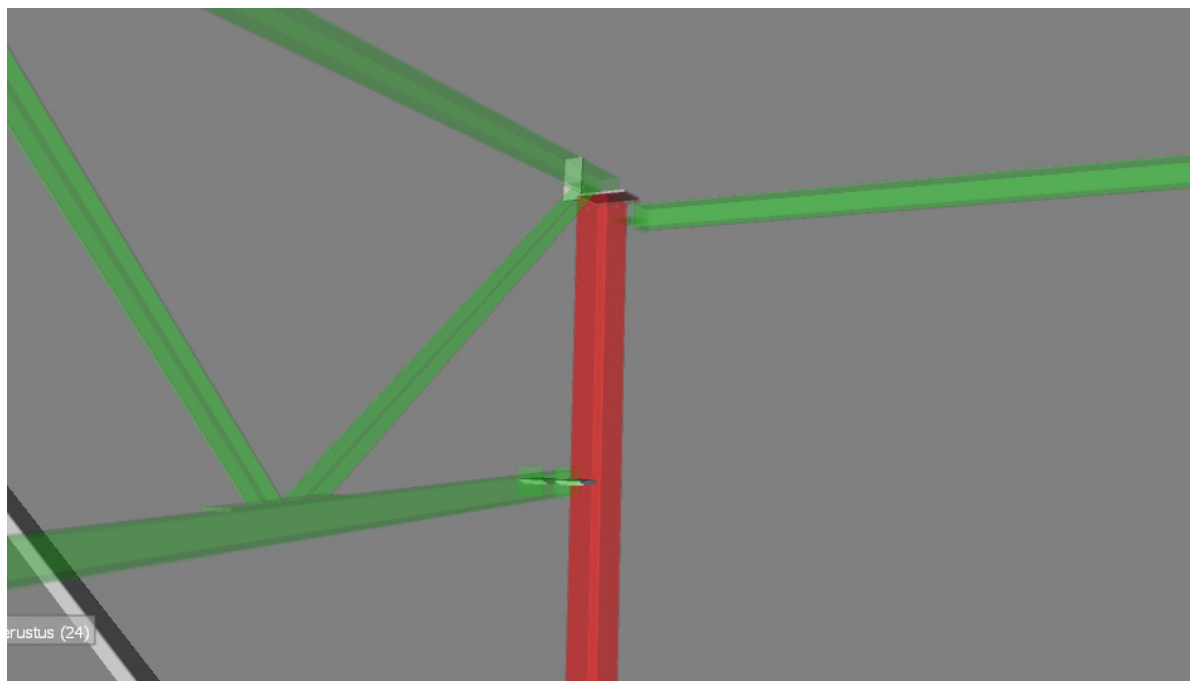
- aikataulun laatijalla täytyy olla kokemusta eri työvaiheista, jotta tuntiaikataulu on realistinen. (ei pelkkien taulukoiden perusteella)
- mahdollisten ongelmakohtien ennakoiminen
- muut rinnalla kulkevat aikataulut eri tarkkuustasolla



KUVA 3. Esimerkki tuntiaikatauluttamisesta anturavalun työvaiheille ottaen huomioon yksittäisten anturoiden koot (Tiitinen 2017).

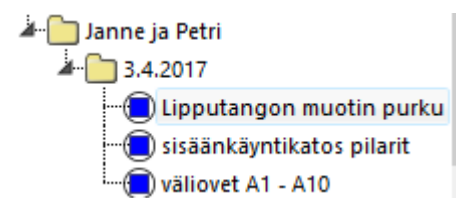
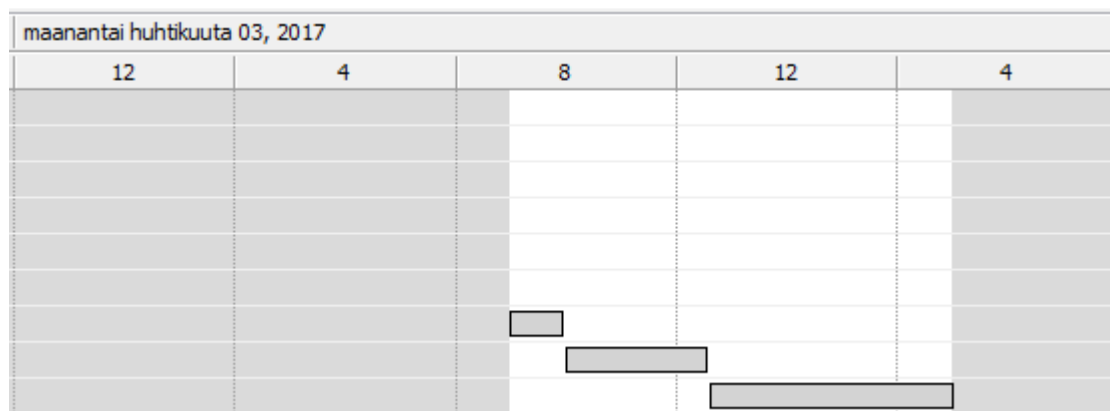
Navisworks-ohjelmistoon voidaan luoda asetettujen ryhmien listaan kansioita, joihin voidaan lisätä esimerkiksi työntekijöille omat alakansiot ja näin jakaa ja suunnitella päivittäiset työvaiheet käytössä olevan työntekijämäärän mukaan. Voidaan käyttää töiden suunnittelussa pitkällä aikavälillä. Työmaalla voidaan merkata kolmiviikkoaikatauluun arvioidut työtehtävät ja työntekijät tehtäville. Töiden tärkeysjärjestys on myös visuaalisesti nähtävillä ja näin voidaan ennakoida ja nopeasti päättää ketkä voivat irrota omasta työstä ja hoitaa äkilliset pienet työt.

Työvaiheiden riippuvuusia voidaan tarkastella aikataulua simuloimalla ja visualisoimalla simulaatiossa rakentuvaa mallia josta huomataan ristiriidat (kuva 4) jos rakentamisjärjestys on väärä ja toteutuskelvoton. Tämä tuo ilmi virheen aikataulutuksessa ja ristiriita pystytään korjaamaan ennakkoon.



KUVA 4. Aikataulun mukaan ristikon asennus on jo käynnissä mutta teräspilarin asennusta ei ole aloitettu. Ristiriita työvaiheiden aikataulutuksessa (Tiitinen 2017).

| Active | Name | Status | Planned Start | Planned End | Actual Start | Actual End | Task Type | Attached |
|-------------------------------------|---------------------------|--------|---------------|-------------|--------------|------------|-----------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | muotin purku | | 3.4.2017 | 3.4.2017 | N/A | N/A | Demolish | Sets->Janne ja Petri->3.4.2... |
| <input checked="" type="checkbox"/> | sisäänkäyntikatos pilarit | | 3.4.2017 | 3.4.2017 | N/A | N/A | Construct | Sets->Janne ja Petri->3.4.2... |
| <input checked="" type="checkbox"/> | väliovet | | 3.4.2017 | 3.4.2017 | N/A | N/A | Construct | Sets->Janne ja Petri->3.4.2... |



KUVA 5. Esimerkki työparin tuntiaikataulusta yhdelle työpäivälle (Tiitinen 2017).

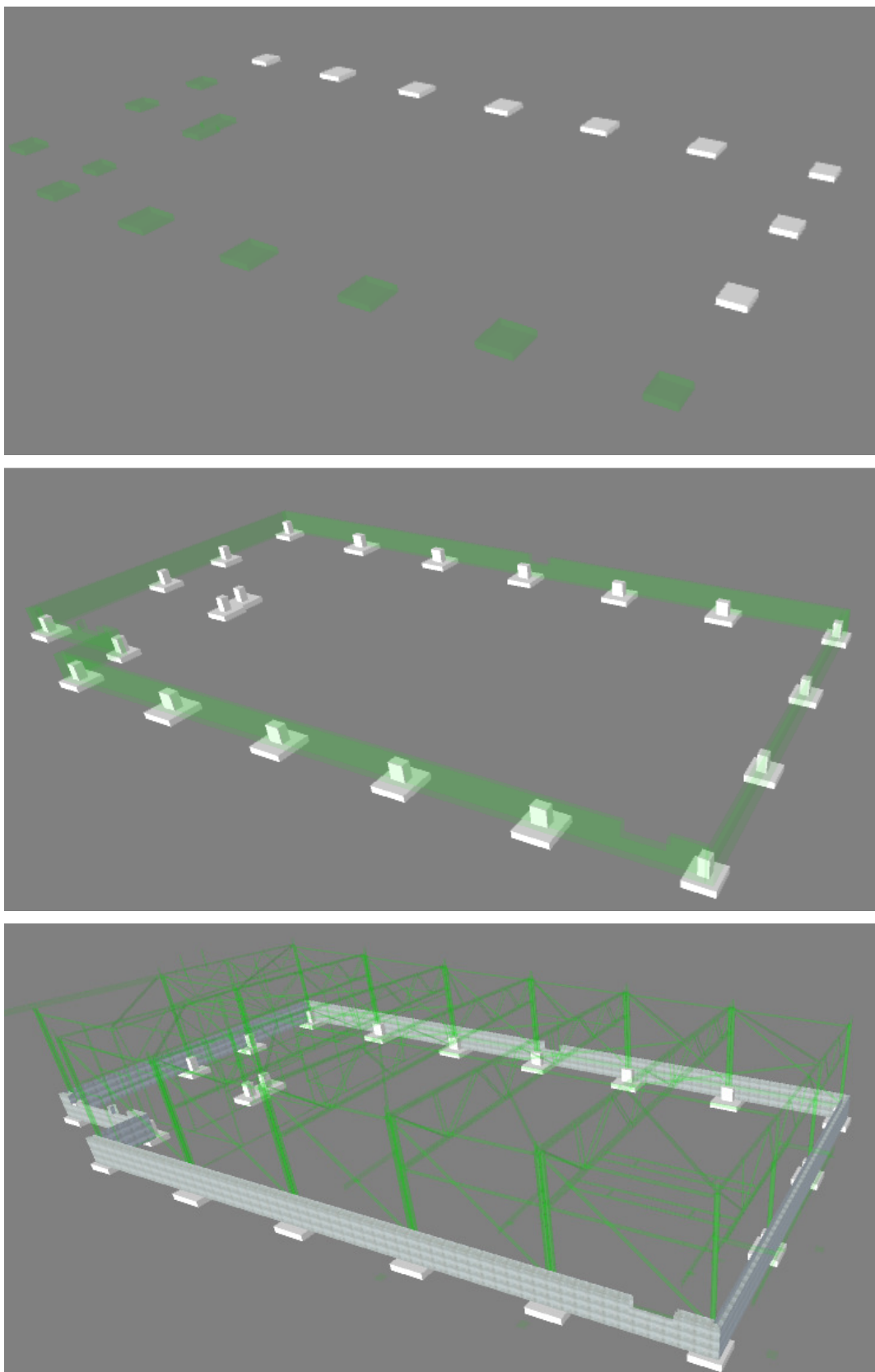
Navisworksin Simulate-työkalulla työvaiheiden simulointi vaatii aikataulun laatimista ja liittämistä tietomallin objekteihin. Simuloinnin tarkkuus on suoraan verrannollinen aikataulun työtehtävien pilkkomisen tarkkuuteen ja niiden liittämiseen mallin objekteihin (kuva 5).

4.2 Työvaiheiden simulointi ja animaatio

Tässä luvussa käsitellään aikataulutukseen sidoksissa olevaa työvaiheiden simulointia ja lyhyesti siihen liittyvää animointia. Rakennuksen työvaiheiden simulointia ei voida suorittaa ilman luotua aikataulua. Tästä syystä simulointi aiheisiin työkaluihin on syytä tutustua vasta aikataulutuksen teon ja tietomalliin liittämisen opetteluun jälkeen.

4.2.1 Simulaatio

Simulate-työkalu löytyy Timeliner-työkalun alta aikatauluvalikosta ylhäältä omalta välilehdeltään. Aikatauluun laaditut ja tietomallin objekteihin liitetyt työtehtävät näkyvät automaattisesti Simulate -valikossa. Settings valikosta voidaan säätää simulointi-esityksen kesto sekunneissa, aikaväli joka simuloidaan ja katselukulmat.



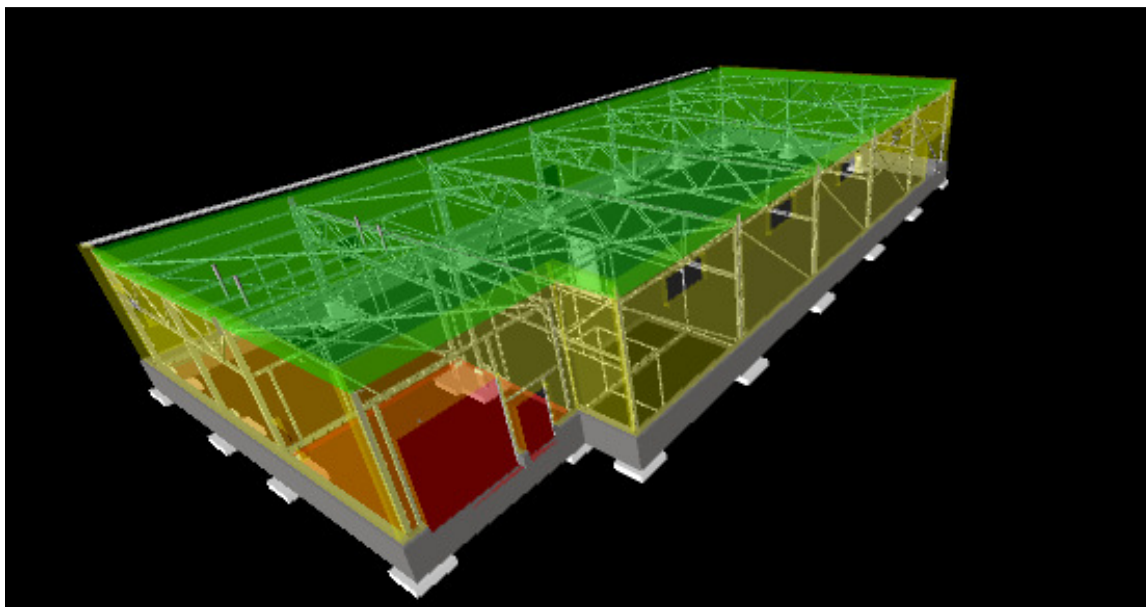
KUVA 6. Esimerkki työvaiheiden simuloinnista aikataulun mukaan. Vihreät läpinäkyvät rakenteet ovat käynnissä olevia työvaiheita, kun taas vaalean harmaat ovat valmistuneita (Tiitinen 2017).

Simuloinnin aikana näytössä juoksee visuaalisen simulaation (kuva 6) lisäksi %-määrä työvaiheen suoritetusta kokonaismäärästä, jana-aikataulun muodossa käynnissä oleva työt ja hetkellinen päivämäärä (kuva 7).

| | | 8.3.2017 | | 09:00 6.3.2017 | | | | keskiviikko maaliskuu 08, 2017 | | | | | |
|--------|--|--------------------|--------|-------------------|-------------|--------------|------------|--------------------------------|----|---|---|---|---|
| | | Name | Status | Planned Start | Planned End | Actual Start | Actual End | Tote | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 78,33% | | Anturapilarivalu 1 | | 8.3.2017 | 8.3.2017 | 8.3.2017 | 8.3.2017 | | | | | | |

KUVA 7. Kuvakaappaus Simulate-työkalun asetukset-palkista (Tiitinen 2017).

Simulointi-työkalun käyttö työmaalla on hyödyllistä koko rakentamisen ajan. Sen avulla voidaan tarkistaa ja ennakoida aikataulun toimivuutta ja pystytään reagoimaan hyvissä ajoin kaukana projektin tulevaisuudessa oleviin potentiaalsiin ongelmakohtiin. Sen avulla työmaakokouksissa selvitettäviä asioita voidaan demonstroida visuaalisesti tietomallin avulla (kuva 8), jotta asia varmasti ymmärretään ja saadaan ratkaistua. Tietomallin eri objektien värejä voidaan muuttaa työvaiheen statuksen mukaan sopiviksi, jolloin pystytään havainnollistamaan käynnissä olevat, eri tärkeysjärjestyksen omaavat tai mahdolliset myöhässä olevat työt. Esimerkiksi paikallavalukohteessa voidaan saman seinän sen hetkinen työvaihe ilmoittaa tietyllä värillä: Muotti=punainen, raudoitus=keltainen, tuplaus=vihreä, sininen=valu, muotin purku=vaalean sininen, valmis=harmaa/objektin oma väri.



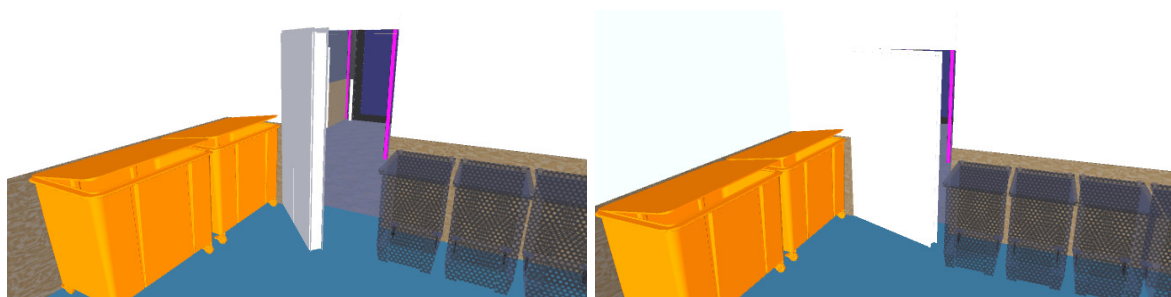
KUVA 8. Työmaapalaverissa esitettävä senhetkinen tilanne ja seuraavia viikkoja edeltävään simulointiin voidaan visuaalisen ilmeen parantamiseksi esittää yksinkertaistettuna esimerkiksi seuraavasti: valmistuneet työt (valkoinen/objektin omaväri), menneillä olevat työt (vihreä), myöhässä alkaneet työt (keltainen) ja myöhässä olevat aloittamattomat työt (punainen) (Tiitinen 2017).

Simulointia pystytään hyödyntämään jo urakkalaskentavaiheessa. Esimerkkinä voidaan käyttää ontelolaattojen asennusta. Ontelolaattojen asennuksen yhteydessä syntyviä välttämättömiä "aputöitä" ei useinkaan huomioida tarkasti tai ollenkaan laskentavaiheessa. Simuloimalla ontelolaattojen asennusvaihe, voidaan tarkastella ja saadaan melko tarkka käsitys aputöiden määrästä ja voidaan laskea

arvioituja kuluja. Ontelolaattojen asennussuunnitelman tekovaiheessa voidaan myös hyödyntää tietomallia simuloimalla aikataulun mukainen aikaväli, jolloin asennus on suunniteltu toteutumaan tietyille lohkolle. Tällöin voidaan ottaa huomioon muut käynnissä olevat työt ja näiden vaikutus asennusjärjestykseen ja työn sujuvuuteen sekä turvallisuuteen.

4.2.2 Animaatio

Animation-työkalun toimintoja voidaan hyödyntää visuaalisissa esittelyissä. Työvaiheiden suunnittelussa päällekkäisyyksiä voidaan animoida, jos halutaan demonstroida tarkemmin, kuinka työ täytyy suorittaa. Esimerkiksi nosturin liikeratojen esitys ja työmaaliikenteen kulkureitin vaikutus johonkin tiettyyn työvaiheeseen. Aluesuunnitelmaan voidaan liittää animaatioita edellämmainituista tilanteista ja tallentaa animaatio, joka esitetään työmaalle tulevalle työntekijälle perehdytysvaiheessa. Lisäksi on mahdollista tehdä tietomallin eri leikkauksista koostuva animaatio esimerkiksi palaveriin. Kävelyanimaation työkalua voitaisiin hyödyntää aluesuunnitelman lisäksi myös projektin markkinoinnissa. Toisaalta tähän tarkoitukseen löytyy myös monipuolisempia ohjelmia.



KUVA 9. Kuvakaappaus objektianimaatiosta, jossa ovi toimii animoituina objektina (Tiitinen 2017).

Rakennusvaiheessa animaatiotyökalun hyödyt voivat olla leikkaus-animaatio.

Työkalulla voi tuottaa lukuisia animaatioita ja tallentaa nämä myöhempää käyttöä varten. Animaatiot voi kytkeä aktiiviseksi tai pois päältä. Ne voidaan myös asettaa pyörimään edestakaisin alusta loppuun ja lopusta alkuun ping-pong-työkalulla (kuva 9).

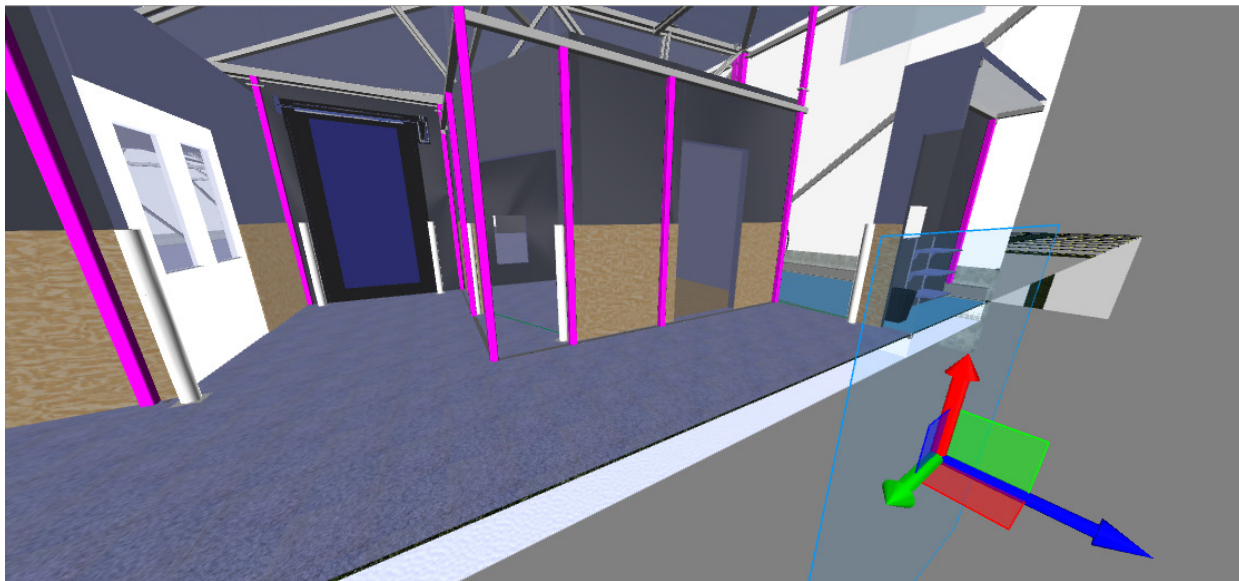
4.3 Rakentamisen aikainen kommunikointi projektin osapuolten välillä.

Tässä osiossa käydään läpi Navisworks:n työkaluja sekä Autodesk:n mobiilisovellusta, joita voidaan käyttää projektin eri osapuolten väliseen yhteydenpitoon rakentamisvaiheen aikana. Lisäksi tutkitaan tietomallitarkastuksien tärkeyttä projektin aikana.

4.3.1 Viewpoint

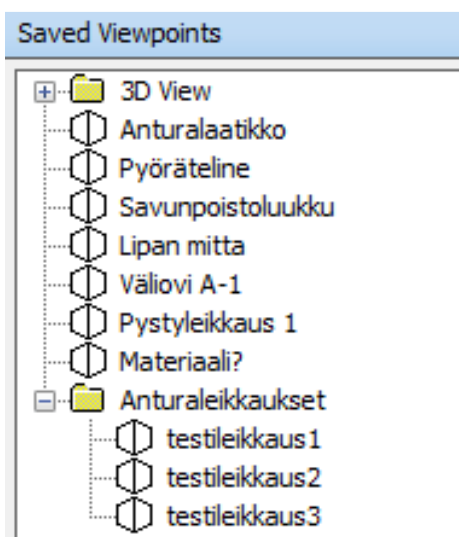
Viewpoint-työkalu on tärkeä Navisworks-ohjelmiston käyttäjälle itselleen. Työkalulla voidaan helpottaa ohjelmassa navigointia luomalla oikopolkuja eri kuvakulmiin. Viewpoint-ikkunoita voi luoda loputtomasti ja varsinkin isomman hankkeen tietomallissa lukuisat viewpointit nopeuttavat työskentelyohjelman kanssa merkittävästi. Navigointi suuressa tietomallissa on hankalaa ilman oikoreittejä eri lohkoihin ja kerroksiin. Itselleen mieluisan Viewpoint-listan tekoon kannattaakin uhrata työtunteja

käyttökokemuksen parantamisen vuoksi. Listan tekoon ja sen päivittämiseen läpi projektin käytetty aika maksaa itsensä takaisin, kun turhasta tietomallissa liikkumiseen kuluneesta ajasta päästään eroon.



KUVA 10. Työkalun avulla voi luoda leikkauksia rakennuksesta ja tallentaa nämä viewpointeiksi (Tiitinen 2017).

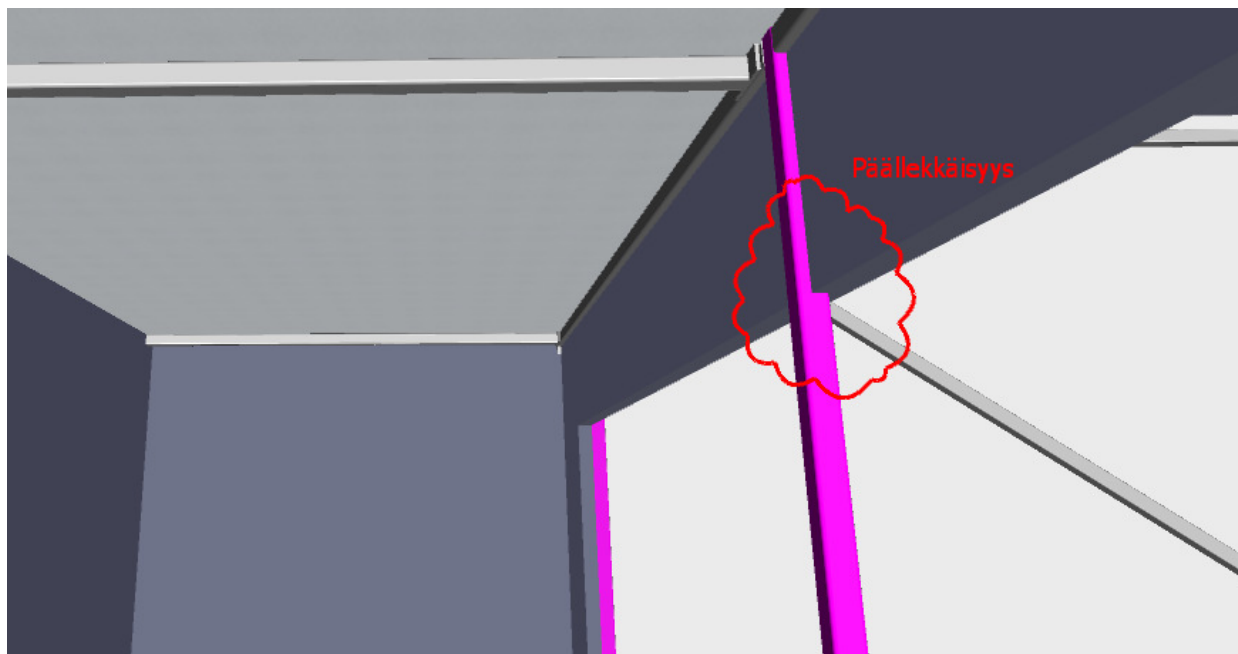
Leikkaukset tehdään viewpoint-> section työkalulla. Leikkauksen alkupiste voidaan säätää haluttuun suuntaan x-, y- ja z-suunnassa move- ja rotate valikolla (kuva 10). Leikkauksen koko skaalataan samasta valikosta. Leikkaukset tallentuvat arkistoon, jonka kautta niihin pääsee nopeasti käsiksi (kuva 11).



KUVA 11. Leikkauksille voidaan luoda omat kansiot esimerkiksi perustuksille ja liittää sinne halutut leikkaukset yhdistelmämallin rakenteista nopeaa navigointia varten (Tiitinen 2017).

4.3.2 Review

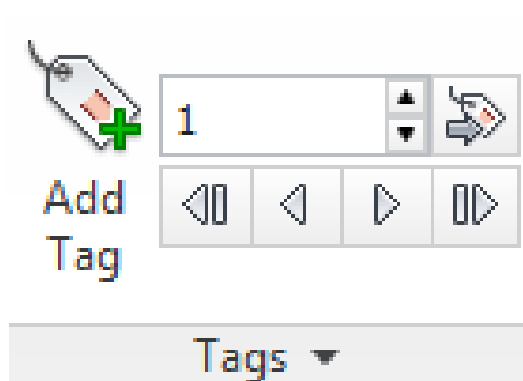
Review-työkalujen käyttö tuotannonohjauksessa soveltuu tietomallin rakenteiden tarkasteluun ja esiintyvien ongelmien eteenpäinviemiseen. Toiminnoilla voidaan piirtää ja merkata (kuva 12) viewpointeihin haluttuja kuvioita, luoda ja lukea kommentteja ja ottaa mittoja tietomallista.



KUVA 12. Draw -toiminnolla lisätty pilvikuvio ja kommentti viewpoint -kuvaan (Tiitinen 2017).

4.3.3 Add tag

Review -valikon alta löytyvä Add tag -työkalun (kuva 13) avulla ongelmakohtiin voidaan luoda oikotie ja nämä tallentuvat suoraan viewpoints-kansioon. Työkalulla voidaan kommentoida viewpoint:ssa esiintyvää ongelmaa ja merkata ongelman status joko: new, active, approved tai resolved

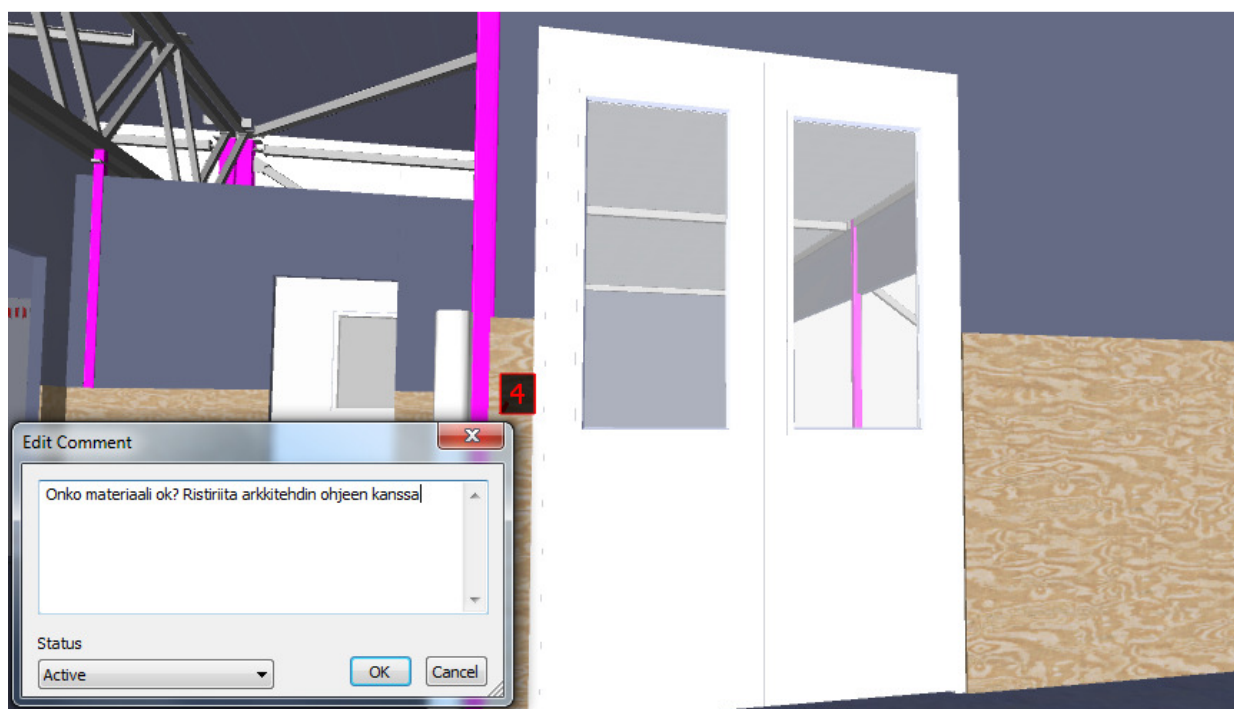


KUVA 13. Add tag -työkalun valikko (Tiitinen 2017).

Työkalu helpottaa projektin eri osapuolien välistä kommunikointia. Työmaalla ongelmakohtat voidaan tulostaa Viewpoints Report-toiminnolla, joka luo .HTML kansion sisältäen JPEG muodossa kuvat jokaisesta projektin viewpointista ja tämä voidaan lähettää eteenpäin projektin muille osapuo-

lille. Jos rakennushankkeessa on käytössä kaikille osapuolille avoin projektipankki, voidaan Navisworks malliin vain lisätä halutut viewpointit ja kaikilla on pääsy tarkastelemaan niitä pilvipalvelun kautta. Add tag -työkalun status-toiminto (kuva 14) on hyödyllinen jos projektin kaikki suunnittelija-osapuolet käyttävät aktiivisesti ja kommunikoivat Navisworks:in välityksellä käyttäen pilvipalvelussa olevaa projektipankkia. Tietomallin välillä tapahtuva kommunikointi voisi potentiaalisesti nopeuttaa ongelmien selvittämistä, kun turhat välikädet puhelimien välityksellä jäävät pois. Jotta tietomallin välillä tapahtuva kommunikointi voisi olla toimivaa, täytyy jokaisen suunnittelijaosapuolen päivittäin ennakkoon sovitulla aikavälillä tarkistaa kommentit mallista, merkata ne selvityksen alaisiksi ja olla sitoutuneita selvittämään ongelmat nopeasti.

Kommunikoinnin toimivuuden kannalta on myös tärkeää, että tietomallin mallinnustarkkuus on riittävän tarkalla tasolla, kaikki osapuolet ovat sitoutuneet siihen ja ovat motivoituneita käyttämään mallia ensisijaisena kommunikoinnin välineenä. Tästä syystä projektin alussa on syytä peräänkuuluttaa tätä asiaa useasti eri osapuolille. Ongelmaksi voi muodostua yleinen asenne, että asiat eivät ole tärkeitä tai kiireellisiä, koska niistä ei ole soitettu henkilökohtaisesti.



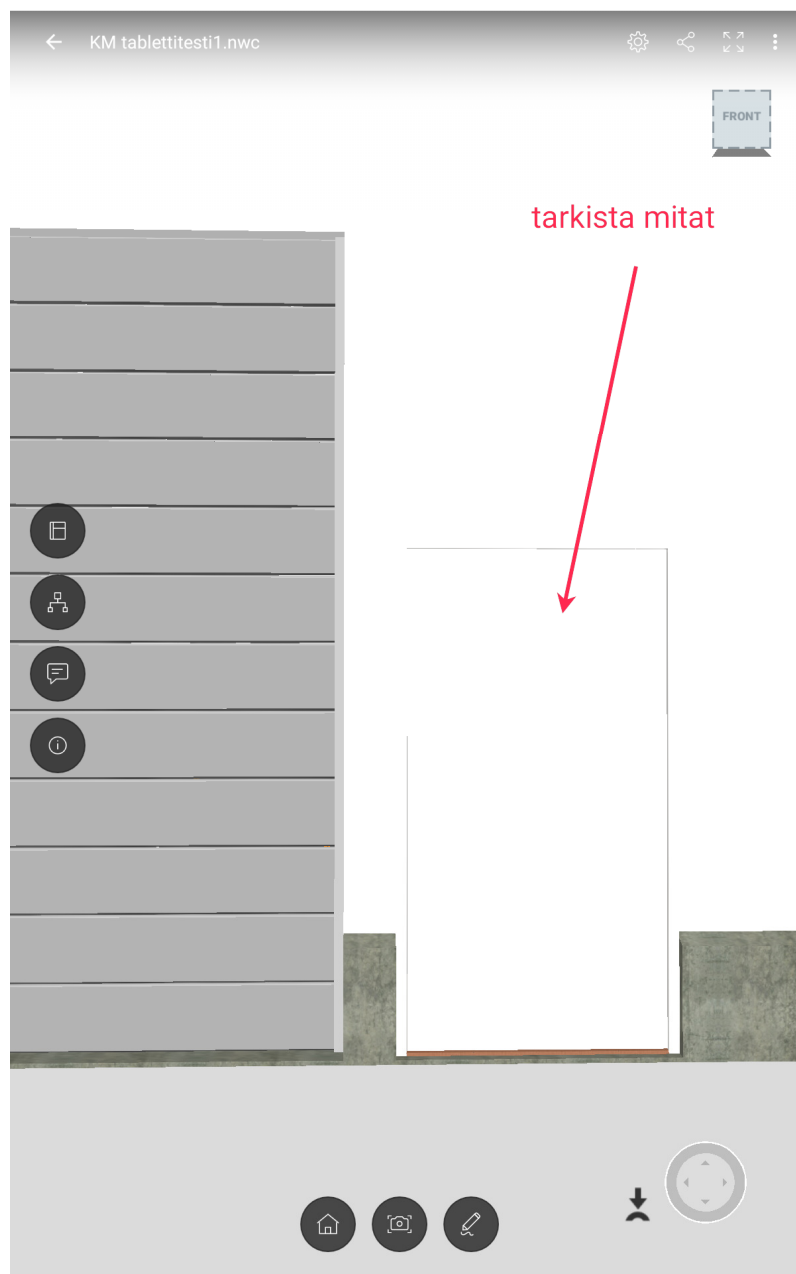
KUVA 14. Tagi numero 4, johon kommentoitu ongelma. Status aktiivinen (Tiitinen 2017).

4.3.4 A360 ja BIM360-aplikaation käyttö mobiililaitteella

Markup-toiminto

Tablettiin voidaan merkata puutteet työturvallisuudessa työmaakerroksella ja uploadata pilvipalveluun. Markup-toiminnolla (kuva 15) voidaan tietomalliin piirtää eri kuvioita, asettaa nuolia ja kirjoittaa ongelmakohtien viereen asian yhteyteen tarvittavaa informaatiota. Tämän jälkeen viewpoint/screenshot voidaan post-komenolla lähettää projektin kommenttistaan talteen. Kommenttista voidaan halutessa valita halutut viewpointit ja lähettää ne edelleen sähköpostiin, pilvi-

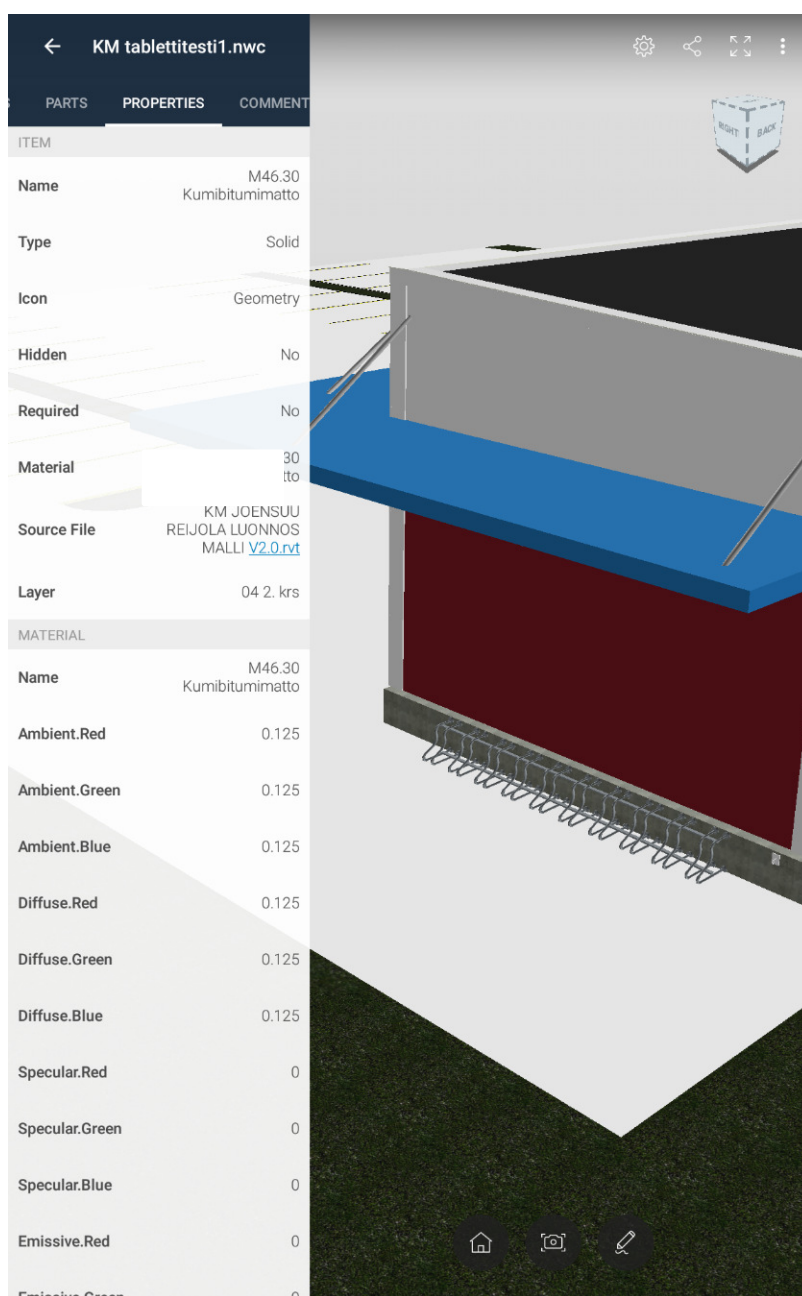
palveluun tai muuhun laitteeseen. Työmaakopissa työmaainsinööri voi ladata pilvipalvelusta merkkaamansa asiat ja päivittää aluesuunnitelman ja tehdä tarvittavat muutokset työmaalle. Voidaan käyttää myös muistiinpanojen tekemiseen. Navisworks:n kautta tallennettu tietomalli aukeaa jokaisessa tiedostomuodossa. Tutkimuksen aikana törmättiin ongelmaan, jossa markup-toiminto tallentii viewpointin kommenttistaan mutta ei itse piirrettyjä markup- piirroksia. Ongelma toistuu jatkuvasti ja siirto onnistuu satunnaisesti halutulla tavalla. Ongelmaa selvitettiin Autodesk supportista, jossa ongelma oli uusi myös heille. Ongelman korjaus on kehittäjillä työn alla.



KUVA 15. Kuvakaappaus BIM 360 Team-aplikaatiosta. Esimerkki muistiinpanosta työmaakierroksella (Tiitinen 2017).

Muut ominaisuudet

Ohjelmalla pystyy tarkastelemaan valitun objektin ominaisuuksia ja määriä, jotka on asetettu aikaisemmin suunnittelijan toimesta mallinnusohjelmassa. Hyödyllinen toiminto kulkee mukana mobiililaitteessa isolla työmaalla jos tarvetta tarkastella valitun rakenteen ominaisuuksia (kuva 16) työmaakerroksella tai tarkastella esimerkiksi tietyn väliovintyyppin määrää ja niiden sijainteja. Haluamiaan objekteja voi highlight:ta objektistasta näkyviin, joka helpottaa navigointia ja haluttujen osien löytämistä tietomallista. Sheets -lista listaa kaikki tietomallista mallinnusohjelmassa tehdyt pohjakuvat, leikkaukset ja julkisivukuvat. Monien muiden vastaavien ohjelmien tapaan pystyy kirjoittamaan ja piirtämään pohjakuviin omia merkintöjä ja tallentamaan nämä.



KUVA 16. Kuvakaappaus BIM 360 Team -applikaatiosta. Tietomallista voidaan lukea tietoja valitsemalla haluttu objekti (Tiitinen 2017).

Mobiililaitteen käyttöä työmaainsinöörin työssä tulisi tutkia pidemmällä aikavälillä ja käytännön töissä. Ohjelman käyttö saattaa tuntua aluksi kankealta mutta opettelemisen jälkeen ohjelma on todella helppokäyttöinen. Navigointia mallissa helpottaa kävelytoiminto. Mobiililaitteille on myös paljon muiden valmistajien rakennustietomallin käsittelyyn suunniteltuja ohjelmia, joita pystytään hyödyntämään vastaavanlaisissa tehtävissä. On tärkeää varmistaa, että mobiililaitteet ja kiinteät työmaan tietokonepisteet ovat yhteensopivia. Tämä on syytä ottaa huomioon valittaessa eri valmistajien koneita, ohjelmia ja käyttöliittymiä.

4.3.5 Määrät tietomallissa

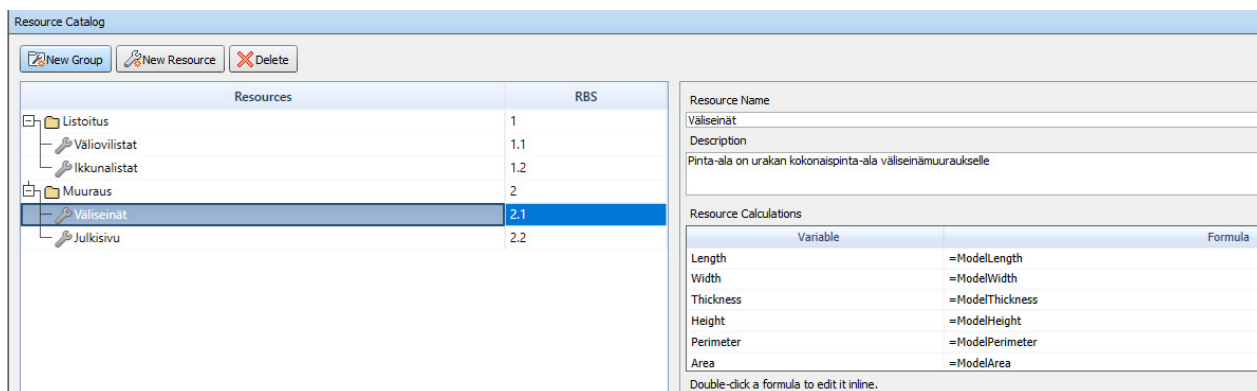
Määrien laskemiseen *Navisworks* tarjoaa objektin valitsemalla tietomallista tavalliset tiedot; pituus, leveys, korkeus, ala ja tilavuus. Lisäksi on mahdollisuus laatia kaavoja (kuva 17), joita ohjelma voi käyttää määrien laskuun. Item catalogiin voidaan laatia haluttuja nimikkeitä, jonka jälkeen ne siirtyvät määräluetteloon quantification workbook-otsikon alle (kuva 18). Nimikkeisiin voidaan laatia alaotsikolla item:tä, jotka kuvastavat tietomallin objekteja. Item:hin voidaan liittää itse tehtyjen tietomalliobjektien muodostamia ryhmiä, kuten aikaisemmin on todettu aikataulutuksessa ja simuloinnissa. Nimikkeet voidaan laatia halutulla tarkkuudella, riippuen määräluettelon tyypistä. Quantification-työkalun asetuksissa on item-catalog ja resource-catalog. Resource catalogiin voidaan määrittää eri objektien asetuksiin omia kaavoja, joilla voidaan laskea esimerkiksi ovien listoitukseen tarvittava listojen määrä. Kaavojen lisäys on aluksi kankeaa ja hidasta. Toisaalta kerran tehtyä omaa kaavakirjastoa voi käyttää jatkossa muissa projekteissa.

| Resources | | RBS |
|---------------|--|-----|
| Listoitus | | 1 |
| Väliovelistat | | 1.1 |
| Ikkunalistat | | 1.2 |

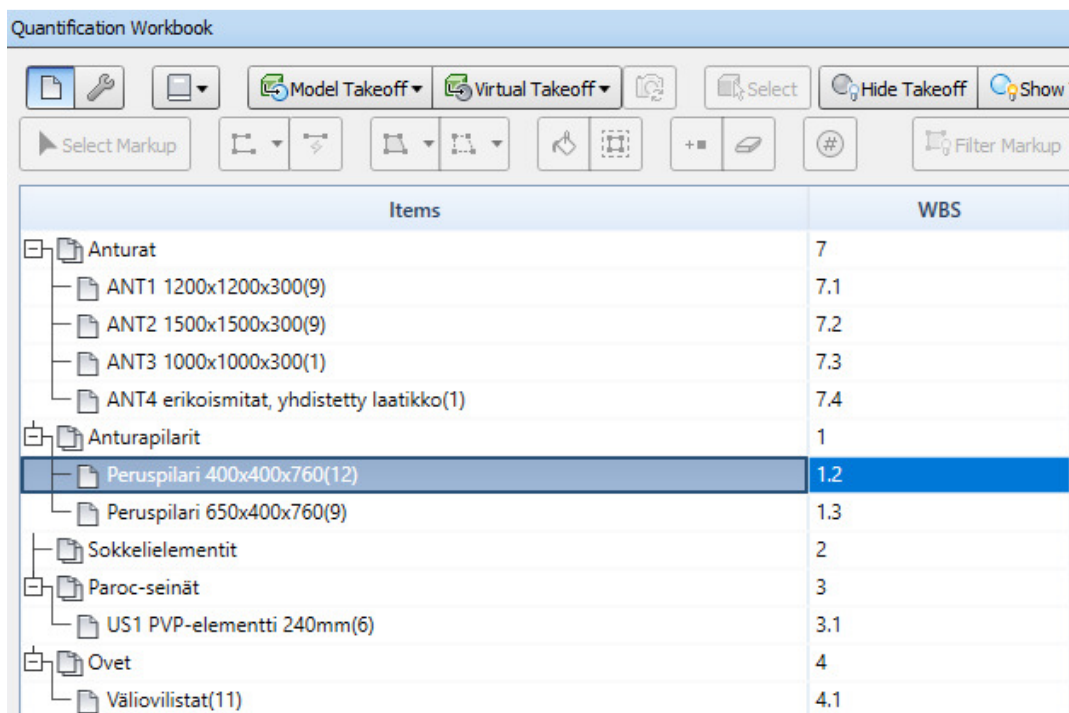
| | |
|-------------------------------------|----------|
| Resource Name | Resource |
| Väliovelistat | 1 |
| Description | |
| Puuväliovien listojen tilausmäärät. | |

| Resource Calculations | | |
|-----------------------|--------------------|---------------|
| Variable | Formula | Units |
| Length | =ModelLength | Meters |
| Width | =ModelWidth | Meters |
| Thickness | =ModelThickness | Meters |
| Height | =ModelHeight*2+0,9 | Meters |
| Perimeter | =ModelPerimeter | Meters |
| Area | =ModelArea | Square Meters |
| Volume | =ModelVolume | Cubic Meters |

Double-click a formula to edit it inline.



KUVA 17. Resource catalogiin voidaan tehdä luettelo materiaaleista. Näihin nimikkeisiin voidaan laatia haluttuja laskukaavoja, jolloin voidaan laskea haluttuja määriä käyttäen hyödyksi tietomallin objekteja (Tiitinen 2017).



| Status | WBS | Name | D...Comme... | Length | Width | Thickness | Height | Perimeter | Area | Volume | Weight | Count |
|--------|-----|--|--------------|----------|----------|-----------|---------|-----------|-----------------------|----------------------|----------|----------|
| 7 | | Anturat | | | | | | | | | | |
| 7.1 | | ANT1 1200x1200x300 | | 10,800 m | 10,800 m | 2,700 m | 0,000 m | 43,200 m | 12,960 m ² | 3,888 m ³ | 0,000 kg | 9,000 ea |
| 7.2 | | ANT2 1500x1500x300 | | 13,500 m | 13,500 m | 2,700 m | 0,000 m | 54,000 m | 20,250 m ² | 6,075 m ³ | 0,000 kg | 9,000 ea |
| 7.3 | | ANT3 1000x1000x300 | | 1,000 m | 1,000 m | 0,300 m | 0,000 m | 4,000 m | 1,000 m ² | 0,300 m ³ | 0,000 kg | 1,000 ea |
| 7.4 | | ANT4 erikoismitat, yhdi... | | 2,600 m | 1,437 m | 0,300 m | 0,000 m | 8,074 m | 3,120 m ² | 0,936 m ³ | 0,000 kg | 1,000 ea |

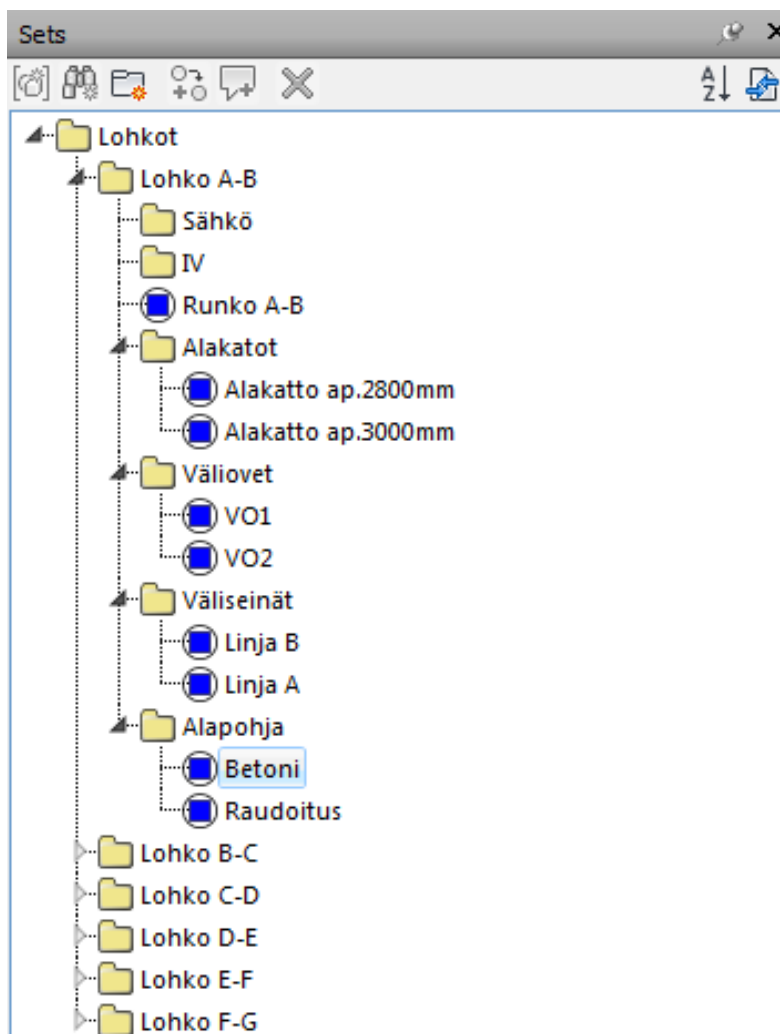
| Status | WBS | Object | V...C... ModelLength | ModelWidth | ModelThickness M... | ModelPerimeter | ModelArea | ModelVolume |
|--------|-----|---------------------------------|----------------------|------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| 7.1.1 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.2 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.3 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.4 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.5 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.6 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.7 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |
| 7.1.8 | | Foundation Slab | 1,200 m | 1,200 m | 0,300 m | 4,800 m | 1,440 m ² | 0,432 m ³ |

KUVA 18. Itse tehdyt ryhmät voidaan siirtää quantification workbook:iin, jolloin ohjelma näyttää automaattisesti objektien muodostaman ryhmän tiedot: pituus, leveys, paksuus, ala ja lukumäärä (Tiiainen 2017).

Quantification-valikossa voidaan tiedon keräykseen tietomallin objektista valita kahden eri toiminnon välillä: Model take-off, kun objektilla on mallinnettu geometria ja lisäksi lisätty ominaisuudet esimerkiksi Revit:llä. Tämän lisäksi Virtual take-off, kun objektilla on mallinnettu geometria mutta ei lisätty ominaisuuksia esimerkiksi Revit:llä. Tekemällä ryhmiä halutuista rakennusosista, kuten esimerkiksi välivet, voidaan näistä ryhmistä tehdä hankintapaketteja tilausta varten. Tilaukseen saadaan tätä kautta tietoa ovityyppien määristä ja samalla pystytään laskemaan esimerkiksi tarvittava listojen määrä.

4.3.6 Lohkojako

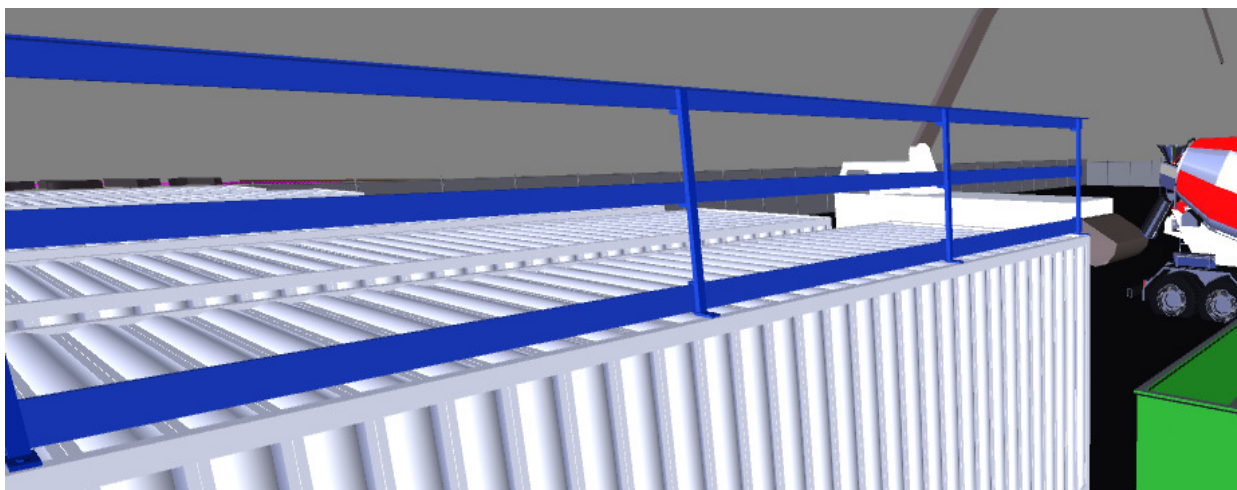
Tietomallin lohkojako onnistuu jakamalla rakennusosat ryhmiin. Tietomallin objektit voidaan pilkkoa halutulla tarkkuudella pieniin osiin ja jakaa työvaiheittain omiin kansioihinsa (kuva 19). Ryhmien osia voidaan piilottaa ja jättää näkyviin pelkästään haluttu tarkasteltava lohko. Lohkojako on helppo liittää aikataulutukseen ryhmien ansiosta, joka helpottaa myös aikataulusuunnittelua. Tarkasti tehtynä tietomallin jako lohkoihin ja liittäminen aikataulutukseen on aikaa vievä työvaihe. Työ on kuitenkin kannattava mikäli työmaalla työskentelee tietomallia päivittäin työssään käyttävä toimihenkilö, sillä tarkemmin osiin jaettu malli antaa paremmat lähtökohdat tietomallin kanssa työskentelyyn.



KUVA 19. Lohkojako rakennusprojektissa. Lohkojaon tyyli vaihtelee projektien välillä (Tiitinen 2017).

4.4 Työmaan aluesuunnitelma

Työmaainsinööri vastaa työmaan aluesuunnitelmasta yhdessä työmaan vastaavan rakennusmestarin kanssa. Tietomallin muodossa ja liitettynä yhdistelmämalliin aluesuunnitelma on selkeämpi kokonaisuus. Koko suunnitelma tai osia siitä, kuten jätelavat, nosturien vaara-alueet ja ulottumat saadaan tarvittaessa piiloon mallista, joten sekavuus joka saattaa syntyä yhdistelmämallin objektien suuresta määrästä ei ole ongelma. Yhdistelmämallin aluesuunnitelmasta voidaan tulostaa myös halluttuja 2d ja 3d kuvia perinteiseen tapaan paperiversioksi. Työmaainsinöörin tulee hallita yrityksessä käytössä olevien mallinnusohjelmistojen käyttö, jotta tietomalli voidaan pitää viikottain ajan tasalla työmaan todellisen tilanteen mukaan. Tietomallista voidaan luoda pienemmälle työmaalle yksi koko projektin rakennusvaiheen kattava aluesuunnitelma. Isoissa hankkeissa rakennusvaihe voidaan jakaa useampaan päätyövaiheeseen ja tietomallista luodaan joka päätyövaiheelle oma aluesuunnitelma vaiheen tarpeiden mukaan.

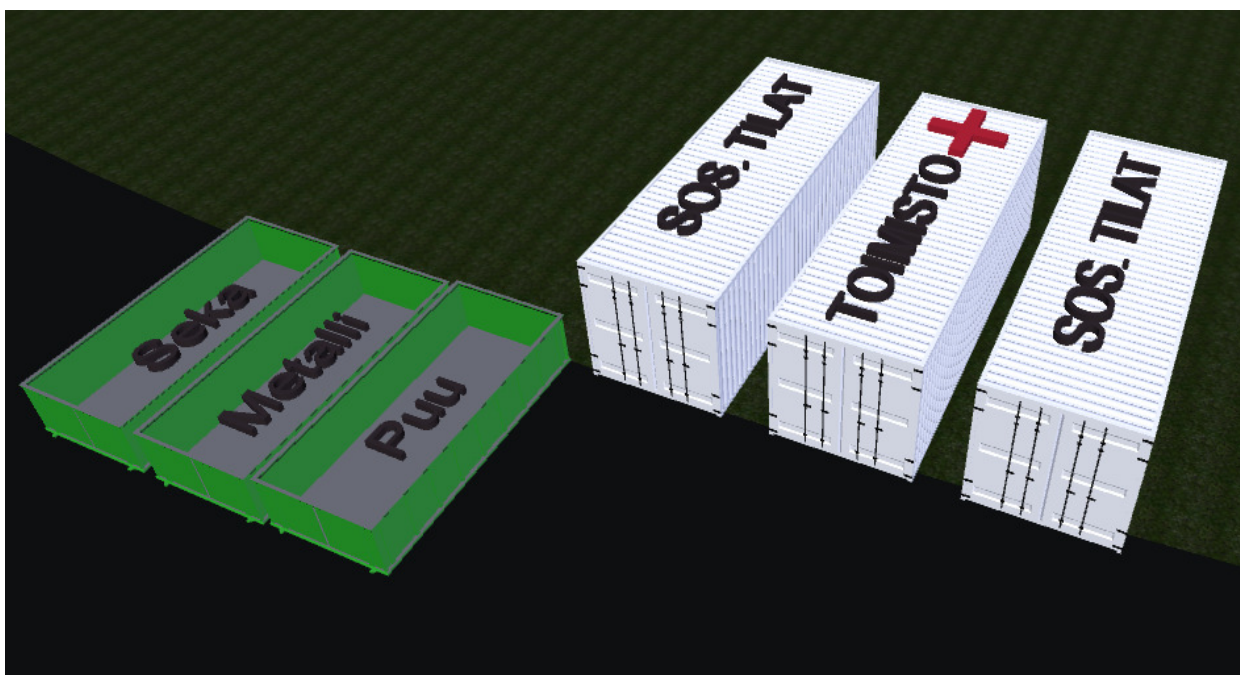


KUVA 20. Havainnekuva väliaikaisista työmaakaiteista tietomallipohjaisessa aluesuunnitelmassa (Tiinen 2017).

Tietomallipohjainen aluesuunnitelma helpottaa myös työmaan hankinnoissa esimerkiksi putoamissuojauksen suunnittelussa (kuva 20). Mallintamalla kaiteet säännösten mukaan saadaan tarkka lukumäärä tarvittavia kaiteita. Isoissa projekteissa viikottain tai jopa päivittäin vaihtuva putoamissuojauksen tarve eri alueille voidaan ennakoida halutulle aikavälille visuaalisesti ja tarvittavat hankinnat tehdä ajoissa. Hyvällä ja ennakoidulla tarkastelulla saadaan säästöjä, koska kaikki työturva-asiat laitetaan kerralla kuntoon eikä ylimääräisiä korjauksia tarvitse suorittaa. Lisäksi työturvallisuus paranee, koska riskit ennakoidaan jo ennen työvaiheen alkamista ja esimerkiksi kaiteettomia riskialueita ei pääse syntymään. Työmaalla tapahtuvien muutoksien suhteen Navisworks:ssä on hyviä, sekä huonoja puolia. Aluesuunnitelman esittely ohjelmalla on kätevää ja simuloinnin ansiosta asiat pystytään esittämään huomattavasti selkeämmin verrattuna perinteiseen asemapiirustukseen merkkamalla. Huonona puolena voidaan sanoa, että koska Navisworks ei ole mallinnusohjelma, joudutaan muutokset työturvallisuudessa ja kuljetusreiteissä tekemään toisella ohjelmalla ja tuomaan sen jälkeen päivitetty malli Navisworks:iin. Ongelmaa ei ole mikäli työmaalla pystyttäisiin ennakoimaan muutokset jo ennen ensimmäistä mallinnuskertaa mutta realistisesti tämä ei ole mahdollista. Aluesuunnitelmaan voidaan liittää visuaalinen logistiikkasuunnitelma, jossa on suunniteltu työmaan työnjohdon kanssa yhdessä tulevan 3-viikkoisaikataulun tai muun vastaavan aikavälin työvaiheiden vaatimat logistiikkakuljetukset työmaalla. Isolla työmaalla tällä voidaan vähentää riskejä työturvallisuuden kannalta, sekä kuljetuksien päällekkäisyydet voidaan huomioida ennakkoon. Tällä minimoidaan kuljetuksien odotuttaminen tontilla ja kuorman purku voidaan sopia ennakkoon nosturikuljettajan kanssa. Kuorman säilytyspaikat voidaan sopia ennakkoon. (isot kuljetusajoneuvot vievät tilaa, odotuttaminen voi maksaa yritykselle). Jotta kyseinen suunnittelu olisi toimivaa ja luotettavaa, tulisi työnjohdon pitää tiukasti kiinni logistiikkasuunnitelman sovituista aikatauluista ja tarvittaessa käännyttää sovittua aikaa noudattamaton kuljetus tontille (mikäli aiheuttaa haittoja työmaan muulle toiminnalle) ja käskä tulla sovittuna ajankohtana uudestaan. Logistiikkasuunnitelma helpottaa myös logistiikasta vastuussa olevien rakennustyöntekijöiden työtä. Suunnitelma olisi syytä esittää heille ja työnjohtajat pitävät työntekijät mukana ja ajan tasalla suunnitelman aikataulusta ja muutoksista. Vielä parempaa olisi, jos logistiikasta vastuussa olevilla työntekijöillä olisi mahdollisuus tarkastella suunnitelmaa itsenäisesti.

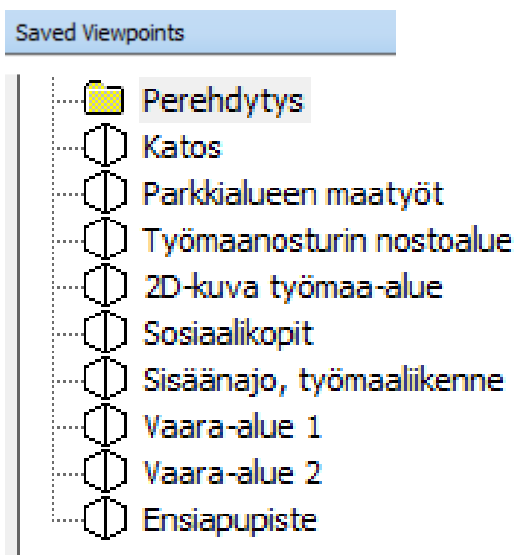
4.5 Tietomalli työmaan työturvallisuuden kehityksessä

Aluesuunnitelman teko tietomallimuotoon auttaa myös perehdyttäjää havainnollistamisessa perehdytyksen aikana ja auttaa perehdytettävää työntekijää sisäistämään sanotut asiat. Erityisesti nuorille ja vähän kokemusta omaaville työntekijöille vaarallisten työvaiheiden selkeyttäminen, työmaan vaara-alueiden kartoitus ja putoamissuojauksen sekä telinetyöskentelyn ohjeistus on hyvä aloittaa työmaakopista tietomallin avulla havainnollistaen ennen työmaakierrosta. Visuaalinen esitys vähentää riskiä tapaturmiin kokemattomille työntekijöille paremman ympäristön hahmottamisen vuoksi, sekä pitää perehdytystilanteen mielenkiintoisempana. Tietomallinnuksen käyttö työmaalla perehdytyksessä ja kommunikoinnissa vanhoihin tapoihin tottuneiden työmiesten kanssa voi olla haasteellista asenteiden takia. On tärkeää, että heidänkin kanssa työskennellessä tietomallia ajetaan pikkuhiljaa sisään työskentelytapoihin, jotta tietomalleja työssään paljon käyttävän ei tarvitse kehittää kahta työskentelytapaa työntekijästä riippuen. Siirtymävaiheen jälkeen kaikki työntekijät ovat jo saaneet ensikosketuksen tietomallin hyödyntämiseen työmaalla.



KUVA 21. Perehdytykseen saadaan selkeä visuaalinen esitys, joka auttaa työmaan nopeassa hahmottamisessa (Muokattu lähteestä Rakennusliike U. Lipsanen Oy 2017).

Navisworks mahdollistaa visuaalisen esityksen helposti, sillä ohjelmalla pystytään simuloimaan aikataulun mukainen, tai todellinen tilanne halutulle perehdytyspäivälle. Toisella yhteensopivalla arkkitehtimallinnusohjelmistolla työmaainsinööri voi mallintaa halutut putoamissuojaukset, väliaikaiset nousut, työmaatelineet, sosiaalipotit, sekä jätekeräyspisteet ja tuoda objektit Navisworksiiin, jossa itse yhdistelmämalli on (kuva 21). Navisworksin heikkoudeksi voidaankin lukea, että koska se ei ole mallinnusohjelma, muutokset suunnitelmiin on tehtävä toisella ohjelmalla ja tuotava uusin päivitetty tiedosto Navisworksiiin. Perehdyttjä voi luoda itselleen viewpoint-kartan (kuva 22) malliin, jota käyttää perehdytyksessä esittellessään ennakkoon määritetyt kuvakulmat mallista.



KUVA 22. Perehdyttäjän luoma viewpoint -kartta (Tiitinen 2017).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TULOKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja saada selville uusia toimintatapoja, joita rakennusliike voisi ottaa käyttöön ja hyödyntää työskentelyssä rakennustietomallin parissa tuotannonsuunnittelu- ja tuotannonohjausvaiheessa. Opinnäytetyössä tutkittiin Navisworks Simulate-projektinhallintaohjelmistoa ja kuinka sitä voisi hyödyntää tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa. Työn tuloksena saatiin uusia kokeilemisen arvoisia ideoita tietomallin parissa työskentelyyn työmaolosuhteiden näkökulmasta. Rakennustyömaan projektinhallintaan tulee tulevaisuudessa kuulumaan tietomallin kanssa työskentely suurissa määrin. Siksi työn tuloksia on syytä ottaa käytännön työssä kokeiluun ja jatkokehittää palautteen perusteella. Varsinkin rakennusvaiheen aikataulun liittäminen rakennustietomalliin on iso kehitysaskel yrityksen nykyiseen työskentelytapaan ja tätä tulisikin kokeilla tietyissä kohteissa ja jatkokehittää yritykselle sopivaksi. Tapoja aikataulun tekoon on monta ja on syytä miettiä, onko yritykselle viisainta päätyä ohjelmistoon, joka sisältää aikataulun teon ja liittämisen tietomalliin vai halutaanko säilyttää jana-aikataulun teko erikseen. Tuntiaikataulun teko pienelle työntekijäryhmälle voi olla kokeilemisen arvoinen aihe käytännössä kehityksen kannalta. Milloin olisi työpanoksen arvoinen? Aluesuunnittelman teko tietomallimuotoon on kokeiltavan arvoinen asia. Työmaalle tarvitaan mallintamisen osaava työntekijä, joka pystyy päivittämään ja korjailemaan aluesuunnittelmaa, jotta työskentely on tehokasta. Tuntiaikataulutuksen tutkimisvaiheessa nousi kysymys tulevaisuuden kannalta; Olisiko olemassa ohjelma jolla tuntiaikataulun työtehtävien tunnit voitaisiin siirtää suoraan litteroitavaksi? Näin saataisiin hoidettua kaksi työvaihetta kerralla. Navisworks Simulate-ohjelmiston etuja ovat aikataulutus ja työvaiheiden simuloinnin mahdollisuus. Yhtenä isona heikkoutena voidaan pitää, että ohjelma ei sisällä objektien ja tietomallin muokattavuuden mahdollistavaa työkalua. Muita tutkimuksessa käsiteltyjä työkaluja ja ominaisuuksia tarjoavat monet kilpailevat projektinhallintaohjelmistot. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin rakentamisvaiheen näkökulmaan määrälaskennasta. Opinnäytetyön aikana esiin nousi aihe tulevasta tutkimustöistä. Tulevissa opinnäytetöissä tutkittavana kohteena voisi olla tietomallin hyödyntämisen jatkokehittäminen määrälaskennan apuvälineenä nykyistä pitemmälle. Navisworks Simulate-ohjelmisto on kätevä ja toimiva projektinhallintaohjelmisto mikäli projektin kaikki osapuolet käyttävät sitä ja ovat asennoituneet kommunikoimaan sen välityksellä. Ainoastaan yhden osapuolen käytössä se antaa hyvät työkalut työmaan aikataulutukseen ja työvaiheiden simulointiin ja visuaalisiin tarkasteluihin, mutta ei korvaa erillisiä projektipankkeja tai vähennä sähköpostin välillä käytävää keskustelua. Opinnäytetyön tekijän mielestä ohjelman käyttöliittymä on hieman kankea ja sekava verrattuna vastaaviin ohjelmiin ja muihin Autodesk-tuoteperheen ohjelmistoihin.

Johtopäätöksenä voi sanoa, että vaikka yrityksen tulevaisuudessa käyttämä ohjelmisto tietomallipohjaiseen projektinhallintaan olisi eri kuin tämän työn tutkimuksissa käytetty Navisworks, on työn tuloksista silti hyötyä, koska työssä syntyi työmaalla kokeiluun otettavia ja kehittämisen arvoisia ideoita. Huomattiin myös, että tulevaisuudessa työnjohdolta vaaditaan paljon osaamista tietomallien käytön ja niistä tiedon etsimisen suhteen.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Futuregroup.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-20] Saatavissa: www.futuregroup.fi/products/autodesk-navisworks/

JÄVÄJÄ Päivi, LEHTOVIITA Timo. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto Oy.

KÄRNÄ, Martti 2011. Tuotannonohjausprosessin kehittäminen Rakennusliike U.Lipsanen Oy:ssä. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakentamisen koulutusohjelma (ylempi AMK). Opinnäytetyö. [viitattu 2017-13-02] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105117348>

KUOKKANEN, Henri 2016. Rakennusliikkeen tietomalliohje arkkitehtisuunnitteluun. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605107015>

Rakennusliike U. Lipsanen Oy. [viitattu 2017-01-19] Saatavissa: www.lipsanen.com