

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Joose Leino

Toteumamallin muodostaminen



Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Joose Leino

Toteumamallin muodostaminen, 49 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu, suunnittelupäällikkö Pekka Oksman, Lappeenrannan kaupunki, tilakeskuksen hankehallintatiimi

Opinnäytetyö tehtiin ehdotustyönä Lappeenrannan kaupungille. Opinnäytetyön avulla oli tarkoitus kehittää tietomallipohjaisten rakennushankkeiden suunnittelu-prosessin läpivientiä siten, että suunnittelun aikaiset tietomallit saataisiin jatkossa mahdollisimman hyvin käyttöön rakennuksen valmistumisen jälkeen ylläpitoa varten ja että tehdyt tietomallit tukisivat mahdollisimman hyvin ylläpidon ja huollon tarpeita. Tavoitteisiin tähdättiin tilaajan näkökulmasta. Opinnäytetyössä kerrottiin myös yleisesti tietomallipohjaisen rakennushankkeen kulku yleisten tietomallivaatimusten pohjalta. Lisäksi työssä käytiin läpi eri osapuolien roolit ja tehtävät rakennushankkeessa, myös vaatimukset ja velvoitteet kuvailtiin lyhyesti. Opinnäytetyö pyrittiin laatimaan siten, että se voisi toimia jatkossa Lappeenrannan kaupungille työkaluna talonrakennushanketta suunniteltaessa ja suunnittelua ti-lattaessa. Työn ajatuksena oli myös tukea kaupungin oman tietomalliohjeen laadintaa.

Opinnäytetyössä ei varsinaisesti tuotu esiin uusia toimintamalleja, vaan tarkoituksena oli kehittää suunnittelua olemassa olevien suunnitteluvaatimusten pohjalta ja tuoda esiin joitakin näkemyksiä, joilla hankkeiden kulkua saataisiin kehitettyä. Pohja-aineistona toteumamallin muodostamisen ohjeistamiseksi oli Yleisten tietomallivaatimusten 2012 (YTV2012) sisältämä aineisto. Muita lähteitä opinnäytetyölle olivat erilaiset aiheeseen liittyvät raportit ja kirjoitukset. Opinnäytetyön ohella tehtiin katsaus tietomallintamisen nykytilanteeseen tietomallintamalla suunnitellun esimerkkikohteen avulla.

Opinnäytetyön haasteeksi muodostui esimerkkitapauksen toteumamallin tarkastelun yhteydessä havaittu toteuma-aineiston puuttuminen, mutta opinnäytetyössä tarkasteltiin viimeisintä projektipankista löytyvää tietomalliaineistoa. Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin aikaan tilaajan tarpeita palveleva ohjeistus toteumamallin muodostamiseen talonrakennushankkeissa.

Asiasanat: Tietomalli, toteumamalli, laadunvarmistus

Abstract

Joose Leino

Forming an as-built model, 49 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Civil and Construction Engineering

Specialisation in Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Timo Lehtoviita, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Pekka Oksman, Planning Manager, Project management team of Lappeenranta

The purpose of the study was to develop creating an as-built model in a building project. Creating an as-built model is important because in the future the Building Information Model will be used during the maintenance of the building. During the use and maintenance of the building the as-built model provides the necessary information for maintenance work and renovation.

The thesis describes the course of the construction project by modeling and clarifying the roles and tasks of the parties. The example case is used to determine the current state of the as-built modeling. In the example case, the latest Building Information Model of the construction project is compared with Photographs of a completed building. In addition, the work provides views on how the quality of the as-built model can be verified reliably in future.

The final result of this thesis was that the as-built model had not been drawn up in the example case, and the as-built model was still quite a new concept in building projects. The recommendations made as a result of this study have been implemented to support the design of construction projects so that in future the as-built models will be developed to better match the reality.

Keywords: BIM, as-built model, quality assurance

Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Tietomallipohjaisen hankkeen kulku	8
2.1	Tietomallin käytön tavoitteet	8
2.2	Tarve- ja hankeselvitysvaihe.....	8
2.3	Ehdotussuunnitteluvaihe.....	9
2.4	Yleissuunnitteluvaihe	10
2.5	Toteutussuunnitteluvaihe	11
2.6	Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe	13
2.7	Toteutus.....	13
2.8	Vastaanotto	14
3	Osapuolet ja roolit.....	15
3.1	Tilaaaja ja rakennuttaja.....	15
3.2	Pääsuunnittelija ja muut suunnittelijat	15
3.3	Tietomallikoordinaattori.....	16
3.4	Pääurakoitsija ja aliurakoitsijat	18
3.5	Muut osapuolet	18
4	Velvoitteita ja vaatimuksia urakoitsijalle	19
5	Toteumamalli ja sen muodostaminen	20
6	Tietomallin hyödyntäminen ylläpidossa.....	20
7	Toteumamallin tarkastelu esimerkkikohteessa.....	22
7.1	Projektin perustiedot ja yleiskuvaus	22
7.2	Kohteen sopimusasiakirjat.....	23
7.2.1	Projektitoimintaohje	23
7.2.2	Tehtäväluettelot.....	25
7.3	Projektin toteutus	26
7.4	Mallin tarkastelu.....	26
8	Näkemyksiä ja kehitysajatuksia	43
9	Yhteenvedo ja pohdinta	46
	Lähteet	49

Termit ja käsitteet

ARK12	Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo
BIM	BIM (Building Information Model) tarkoittaa rakennuksen tietomallia, joka sisältää kolmiulotteisen mallin lisäksi paljon tietoa. Tietomalli sisältää rakennuksen tiedot digitaalisessa muodossa koko rakennuksen elinkaaren ajan.
IFC-malli	3-ulotteinen malli, joka sisältää suunnitteluorganisaation kanssa yhteisesti sovitun geometrian ja tietosisällön käyttötarkoitukseen ja suunnitteluvaiheeseen sopivana. IFC-standardin mukainen tiedonsiirtomahdollisuus. (Täydentävä liite.)
IFC-tiedosto	IFC (Industry Foundation Classes) on oliopohjaisen mallitiedon yleiseen tiedonsiirtoon sopiva tiedostomuoto, jota voidaan lukea siihen sopivilla lukuohjelmilla. Eri ohjelmilla mallinnetut tietomallit muutetaan IFC-tiedostoiksi esimerkiksi ennen niiden yhdistämistä toisiinsa, jolloin niitä voidaan käsitellä ja tarkastella samalla ohjelmalla.
Inventointimalli	Olemassa olevasta rakennuksesta tehty malli, joka perustuu olemassa oleviin piirustuksiin ja paikan päällä tehtyihin mittauksiin ja selvityksiin.
PS12	Pääsuunnittelun tehtäväluettelo
RAK12	Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo
TATE12	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo
Tietomalli	Rakennuksen ominaisuuksien aineellinen ja toiminnallinen kuvaus digitaalisessa muodossa, mikä mahdollistaa tiedon jakamisen yhteisesti sovitulla tavalla. (Täydentävä liite.)
Tietomallikoordinaattori	Tietomallikoordinaattori ohjaa ja valvoo tietomallintamista tietomallintamisen tilaamisesta rakennushankkeen loppuun saakka ja suorittaa eri suunnittelualojen tietomallien yhteensovituksen.
Toteumamalli	Lopullinen toteutettua rakennusta vastaava tietomalli
Vaatusmalli	Rakennushankkeen tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa tuotetaan lähtötiedot suunnitteluprosessille ja

tässä vaiheessa varsinaisia suunnitelmia ei vielä ole vaan hankkeen laajuustiedot saadaan tiloille asetettujen vaatimuksien ja laajuustietojen mukaan. Tätä kutsutaan tietomallintamisessa vaatimusmalliksi. Vaatimusmalli voi olla esimerkiksi taulukkomuotoinen tilaohjelma.

Yhdistelmämalli

Eri tekniikan alojen tietomallit yhdistettynä yhdeksi mallikokonaisuudeksi

Ylläpitomalli

Käytön ja ylläpidon aikaisia tehtäviä, kuten peruskorjauksen tiedot yms. sisältävä tietomalli.

1 Johdanto

Opinnäytetyö on laadittu Lappeenrannan kaupungille tukemaan rakennushankkeiden suunnittelutarjouspyyntöjen laadintaa. Tietomallien käyttö rakentamisessa yleistyy koko ajan ja mahdollisuudet tietomallien hyödyntämiseen eri tarpeisiin ovat lähes rajattomat. Tavanomaisesti tietomallia hyödynnetään suunnittelutyökaluna ja tietomallien käyttö loppuu rakennuksen valmistuttua. Usein suunnittelijat mallintavat suunnitelmia vain sisäiseen käyttöön omiin tarpeisiin, mikä ei palvele hankkeen mallintamistavoitteita. Lähes rajattomien käyttömahdollisuuksien ansiosta tietomallin käyttömahdollisuudet ja hyödyt kuitenkin vasta alkavat rakentamisen jälkeen aina vuosikymmeniksi eteenpäin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää tietomallipohjaisten rakennushankkeiden suunnittelua niin, että tietomallien laadinta palvelisi mahdollisimman hyvin rakennuksen käytön ja ylläpidon aikaisia huolto- ja korjaustarpeita. Lappeenrannan kaupunki voi käyttää opinnäytetyötä työkaluna tulevien rakennushankkeiden läpiviennissä niin, että tietomallin hyödyt ja mahdollisuudet ylläpidon tarpeisiin saadaan huomioitua heti hankkeen alkuvaiheessa. Työssä pyritään selventämään toteumamallin merkitystä rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana.

Työssä käydään yleisesti läpi tietomallipohjaisen rakennushankkeen kulku ja selvennetään eri osapuolien roolit ja tehtävät. Opinnäytetyössä tarkastellaan valmistunutta esimerkkikohtetta, josta tarkastetaan, onko tietomallit päivitetty hankkeen valmistuessa vastaamaan rakennusaikaisia muutoksia toteumamalliksi. Esimerkkikohteen tietomallia koskevat asiakirjat ja aineistot käydään läpi ja paikan päällä kohteessa suoritetaan tarkastuksia. Tutkimusmenetelmänä käytetään visuaalista tarkastelua ja vertailua tietomallin ja kohteen välillä. Opinnäytetyöhön on poimittu valokuvia kohteesta ja vastaavia mallinäkyymiä tietomallista.

Toteumamallin muodostamista tarkastellaan laadunvarmistuksen kautta, ja sisältö mukailee talonrakennushankkeisiin laaditun YTV2012 sisällön kulkua. Esimerkkikohteen avulla selvitetään tietomallin ja toteumamallin muodostamisen nykytilanne. Päätelmien myötä pohditaan, millä keinoin toteumamallin laatiminen luotettavasti saadaan jatkossa varmistettua rakennuksen ylläpidon käyttöön.

2 Tietomallipohjaisen hankkeen kulku

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti tietomallipohjaisen rakennushankkeen kulku. Luku mukailee yleisten tietomallivaatimusten 2012 sisältöä ja sen tarkoituksena on antaa lukijalle yleiskuva yleisten tietomallivaatimusten mukaisen rakennushankkeen kulusta.

2.1 Tietomallin käytön tavoitteet

Tietomallinnushankkeessa tietomalli on osana prosessia ja osapuolet sidotaan alusta alkaen hankkeen tavoitteisiin tietomallin avulla. Tarkat tavoitteet sovitaan projektikohtaisesti hankkeen alussa ja ne sisällytetään asiakirjoihin ja sopimuksiin. Tietomallin avulla pyritään jo varhaisessa vaiheessa tukemaan päätöksentekoa, havainnollistamaan ja vertailemaan suunnitteluratkaisuja ja niiden toimivuutta. Lisäksi mallin avulla eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittaminen helpottuu, kun suunnitelmia voidaan tarkastaa yhdessä samassa yhdistelmämallissa keskenään. Oikein laaditusta tietomallista saadaan ulos tarkkaa määrätietoa. Mallin avulla voidaan tehdä kustannus- ja elinkaarianalyysyjä, joita voidaan käyttää esimerkiksi ylläpidon tavoiteseurannan tukena. Tietomallintamisen tavoitteena on parantaa rakentamisen turvallisuutta ja lopputuotteen laatua. Tietomallia on mahdollista käyttää esimerkiksi työmaalla perehdyttämisen tukena ja sen avulla voidaan havainnoida tai ennakoida mahdollisia ongelmatilanteita. Tietomallia käytetään hankkeen tietojen siirtämiseen käytön ja ylläpidon aikaiseen tiedonhallintaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.2 Tarve- ja hankeselvitysvaihe

Rakennushankkeen käynnistyessä käydään aluksi läpi niin sanottu tarveselvitysvaihe, jonka tarkoituksena on kartoittaa kiinteistön omistajan tavoitteet ja tulevan käyttäjän tarpeet. Tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa luodaan tavoitteet hankkeprosessin budjetin ja aikataulun osalta ja laajuuden kokonaistavoitteet, kuten bruttoala, tilavuus ja muut kokonaisalat. Tarveselvitysvaiheessa punnitaan eri vaihtoehtoja ja etsitään sopivat ratkaisut täyttämään toiminnallisen tavoitteet. Toiminnalliset tavoitteet vaikuttavat esimerkiksi tarvitaanko kohteeseen uudisrakennus vai tehdäänkö peruskorjaus. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Tarveselvitysvaiheessa tietomallin muoto ei vastaa varsinaisesti tietomallia, vaan tilan tarpeista luodaan vaatimusmalli sähköiseen muotoon, mihin kirjataan tärkeimmät tilavaatimukset kuten huoneiden pinta-alatiedot ja käyttötarkoitus. Minivaatimuksena vaatimusmallille voidaan tehdä taulukkomuotoinen tilaohjelma, johon sisällytetään tilakohtaiset pinta-alavaatimukset ja muut erityisvaatimukset, joita voidaan täydentää tilaohjelmaan. Erityisiä vaatimuksia voivat olla esimerkiksi tilaajan tai käyttäjän asettamat vaatimukset tiloille. Tilamallin muodolla ja laatimistavalla ei ole merkitystä. Oikein laadittua vaatimusmallia voidaan hyödyntää koko hankeprosessin ajan esimerkiksi tilavaatimusten tarkastamiseen. Tilaohjelmaa ja tiloihin liittyviä vaatimuksia tulee ylläpitää sähköisessä muodossa, ja ne pidetään ajan tasalla. Jos alkuperäisiin vaatimuksiin tulee muutoksia, niin ne kirjataan vaatimusdokumentaatioon siten, että projektilla on koko ajan käytettävissään ajantasaiset päätöksen mukaiset vaatimukset. Tilaaja nimeää vastuuhenkilön, joka vastaa vaatimusmuutosten kirjaamisesta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Tilaohjelmassa tilojen tunnisteesiin ja nimeämiseen kiinnitetään erityistä huomiota, jotta tilat tunnistetaan systemaattisesti koko hankeprosessin läpi. Tilaohjelmassa tiloille voidaan pitää tärkeimpinä tietoina tilan tunnistetta, joka voi koostua numeroista tai kirjaimista, käyttötarkoitusta ja nimitystä. Muita tilaohjelmaan merkittäviä asioita ovat esimerkiksi tilatyypin ja sijaintitunniste, kuten ovinumero. Looginen ja johdonmukainen tunnisteen käyttäminen helpottaa hankeprosessin myöhemmissä vaiheissa tilaohjelman hyödyntämistä suunnittelun tueksi ja erilaisiin tietoteknisiin tarkoituksiin, kuten tilapohjaiseen kustannuslaskentaan, erilaisiin vertailuihin ja kiinteistön hallintaohjelmistoihin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.3 Ehdotussuunnitteluvaihe

Ehdotussuunnitteluvaiheessa vertaillaan erilaisia perusratkaisuja ja vaihtoehtoisista suunnitelmista etsitään karkealla tasolla parasta ratkaisua. Eri suunnittelu-alojen ajantasaisimmat mallit tulisi olla muiden osapuolien saatavilla esimerkiksi projektipankista. Ajantasaisuuden varmistamiseksi voidaan sopia esimerkiksi, että tietomallit päivitetään ja tallennetaan projektipankkiin ennen jokaista suun-

nittelukokousta tai muuten riittävän tihein välein. Tilaaja ohjaa suunnittelua, vertailee vaihtoehtoja ja valitsee parhaan perusratkaisun yleissuunnittelua varten yhdessä tulevan käyttäjän kanssa ja käyttäjän tarpeita huomioiden. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Arkkitehti mallintaa tilamallin, jossa tilat, massoittelu ja ulkovaipan mallinnus tehdään riittävällä tarkkuudella. Mallista tulee saada automaattisesti tilojen käyttötarkoitus, pinta-ala- ja tilavuustiedot. Tarkemmin Arkkitehtimallin vaatimuksia kuvataan Yleisten tietomallivaatimusten osassa 3. *Arkkitehtisuunnittelu*. Rakennesuunnittelija mallintaa arkkitehtimallia apuna käyttäen alustavan rakennusosamallin. Taloteknisessä suunnittelussa esitetään ehdotussuunnitteluvaiheessa alustavat järjestelmämallit ja mallinnetaan järjestelmien pääreitit, kanavat ja johdoreitit. Tarkemmat tietomallivaatimukset talotekniikan osalta kuvataan yleisten tietomallivaatimusten osassa 4. *Talotekninen suunnittelu*. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Arkkitehtimallia tai mallivaihtoehtoja käytetään pinta-alojen ja käyttötarkoitusten perusteella tilapohjaisien kustannusarvioiden määrittämiseen, joiden avulla vertaillaan kohteen investointikustannuksia. Tilapohjainen kustannuslaskenta on pakollinen osa tietomallipohjaista prosessia ja tarkempaa tietoa määrä- ja kustannuslaskennasta löytyy yleisten tietomallivaatimusten osasta 7. *Määrälaskenta*. Ehdotussuunnitteluvaiheen arkkitehtimallia voidaan käyttää myös energiankulutusanalyseissä ja elinkaarikustannusten arvioinnissa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.4 Yleissuunnitteluvaihe

Yleissuunnittelu- eli luonnossuunnitteluvaiheen tarkoituksena on saada kehitettyä ehdotussuunnitteluvaiheen perusratkaisua ja päivittää suunnitelmat ja tietomallit tilaajan asettamien vaatimusten ja päätösten mukaisesti. Tilaaja ohjaa suunnittelua ja tekee suunnitelman hyväksynnän toteutussuunnittelua varten. Mallin tarkkuus kasvaa ja visuaalisuus selkeyttää kommunikointia ja helpottaa päätöksentekoa.

Tässäkin suunnitteluvaiheessa on tärkeää, että eri suunnittelualojen ajantasaisimmat mallit ovat muiden osapuolien saatavilla. Sopivana mallien päivitys- ja

tallennusvälinä projektipankkiin voidaan pitää esimerkiksi suunnittelukokouksien väliä, jotta varmistetaan saatavilla olevien tietomallien ajantasaisuus. Tässä suunnitteluvaiheessa suunnitelmamuutokset ovat mahdollisia. Yhteistyö ja eri suunnittelualojen suunnitelmien rinnakkainen eteneminen ovat tärkeitä.

Rakennesuunnitelmista varmistetaan rakennejärjestelmien mitoitus ja rakenteiden vaikutus muiden suunnittelualojen suunnitteluun. Taloteknisten suunnittelun tehtävänä on määrittellä taloteknisten järjestelmien tilantarpeet ja tilavaraukset. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi konehuoneet, kanavistot ja kaapeloinnit. Tarkemmat suunnittelualakohtaiset vaatimukset kerrotaan yleisten tietomallivaatimusten suunnittelualakohtaisista osista *3. Arkkitehtisuunnittelu*, *4. Talotekninen suunnittelu* ja *5. Rakennesuunnittelu*. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Tilaaajan nimeämä tietomallikoordinaattori aloittaa mallien yhteistarkastelun laatimalla suunnittelualakohtaisista tietomalleista yhdistelmämallin ja varmistaa, että arkkitehtimallisissa on otettu eri suunnittelualojen vaatimat tilantarpeen huomioon. Tarkastelussa käydään läpi järjestelmien törmäystarkastelut ja periaatteellinen yhteensopivuus. Jatkotoimien kannalta on tärkeää, että malli on virheetön ja että tietomallissa on vaatimusten mukainen sisältö. Tarkistuksen avulla tietomallista saadaan varmistettua laatu ja määrätietojen luotettavuus. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Eri suunnittelualojen rakennusosamallien määrätietoa voidaan hyödyntää kustannusarvion laskennassa täydentämällä tilapohjaista kustannusarviota määrätiedolla. Mikäli ulkovaipan ja muiden rakennusosien, kuten ovien ja ikkunoiden materiaalit ja ominaisuudet ovat tiedossa, voidaan arkkitehtimallista saatavaa energiankulutusanalyysiä ja elinkaarikustannusten arviointia tarkentaa siltä osin kuin se on alustavan tiedon osalta mahdollista. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.5 Toteutussuunnitteluvaihe

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitelmien tarkkuustaso kasvaa merkittävästi. Urakkatarjouspyyntövaiheessa on määritetty projektikohtainen tarkkuustaso, jo-

hon suunnitelmat saatetaan, lisäksi malli tarkennetaan yksityiskohtaisilla tyyppi-tiedoilla. Eri suunnittelualojen ajantasaisimpien mallien tulee olla aina muiden osapuolien saatavilla. Yleiset tietomallivaatimukset määrittelevät, että sopiva mallien päivitysväli on viikon välein, jolloin päivitetty mallit tallennetaan projekti-pankkiin. Tilaaja ohjaa suunnittelua ja hyväksyy suunnitelmat. Tilaajan puolelta toteutussuunnitteluvaiheessa on hyvä kiinnittää erityistä huomiota työmaavirheiden ennaltaehkäisyyn huolehtimalla, että suunnitelmat toteutetaan ristiriidattomasti ja toteuttamiskelpoisesti. Pääsuunnittelija on velvollinen huolehtimaan suunnitelmien toteuttamiskelpoisuudesta. Tietomallikoordinaattorilla on myös tärkeä rooli pääsuunnittelijan ja muiden suunnittelijoiden tukena tavoitteen saavuttamiseksi. Toteutussuunnitteluvaiheen lopussa toteutussuunnitelmat hyväksytään ja niiden avulla siirrytään rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen ja aloitetaan urakkatarjouskyselyt. Käytännössä useasti käy kuitenkin niin, että urakka-laskenta alkaa jo ennen toteutussuunnitelmien valmistumista. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Toteutussuunnitteluvaiheen päätyttyä rakennusosamallien tulee täyttää niille määritetyt tietomallivaatimukset. Arkkitehdin mallin rakennusosat tulee olla mallinnettuna suunnitellussa muodossa, jossa ne aiotaan toteuttaa. Arkkitehdin mallia käytetään pohjana kaikkien eri suunnittelualojen malleissa ja sitä täytyy voida käyttää mallien yhteensovittamisessa ja määrälaskennassa. Rakennesuunnittelijan tietomallin tulee täyttää sille asetetut vaatimukset ja sen täytyy olla täysin yhteensopiva arkkitehdin mallin kanssa. Tietomallia tulee voida käyttää määrälaskennassa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa. Rakennemallia voidaan käyttää apuna toteutussuunnittelun laatimisessa. Talotekniset suunnitelmat keskittyvät pääasiassa järjestelmämalleihin. LVI- ja sähkösuunnittelijan tietomallien tulee vastata täysin arkkitehdin mallia. Myös näiden mallien tulee olla käytettävissä määrälaskennassa ja suunnitelmien yhteen sovittamisessa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomallien sisältö ja tiedot ovat aikaisempia suunnitteluvaiheita selkeästi tarkempia, joten mallin soveltuvuus havainnollistamiseen on erittäin hyvä. Suunnitelmien havainnollistamisen määrä ja laatu määritetään suunnittelutarjouspyynnössä ja suunnittelusopimuksissa siltä osin kuin

ne on mahdollista määrittää ennakkoon, ja niitä päätetään projektin edetessä niiltä osin, joita ei ennakkoon pystytä määrittelemään. Tietomallivaatimusten osa 8. *Mallien käyttö ja havainnollistaminen* käsittelee tarkemmin tietomallipohjaisen suunnittelun havainnollistamista.

Tietomallikoordinaattori huolehtii mallien yhteensovituksesta laatimalla yhdistelmämallin, josta tarkistetaan rakenteiden, TATE-järjestelmien ja muiden järjestelmien törmäystarkastelut. Samalla varmistetaan, että näille järjestelmille on varattu riittävät tilat ja tehdään tarvittava reikä- ja varaussuunnittelu. Tämän vaiheen tietomalleista tuotetaan määräluetteloita, joilla voidaan tarkentaa aiempien suunnitteluvaiheiden kustannusarvion laskentaa. Tietomalleista ei saada tuotettua kuitenkaan kaikkea tarvittavaa määrätietoa, joten määrälaskentaa joudutaan tekemään lisäksi myös muilla menetelmillä. Toteutussuunnitelmavaiheen tietomalleista tehdään tarkentuneet energia-analyysit ja elinkaarikustannusarviot, joita voidaan verrata myöhemmin käytön aikana toteutumaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.6 Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe

Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa tietomallit ja niistä tuotetut määräluettelot ja muut dokumentit luovutetaan urakkatarjousten tekijöille, jotka tekevät niiden avulla urakkatarjouksia. Asiakirjoja käytetään myös alustavaan rakennustyön suunnitteluun. Kolmiulotteisien mallien avulla urakoitsija voi tutustua suunnitelmiin ja rakennuspaikkaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.7 Toteutus

Toteutusvaiheessa tietomallien hyödyntäminen alkaa työkohteeseen perehtymisestä, johon tietomallien visuaalisuus antaa erinomaiset mahdollisuudet. Tietomallin avulla voidaan tutustua rakenteisiin ja suunnitella työjärjestyksiä tulevien rakennustöiden osalta. Tietomallin avulla myös uusien työntekijöiden perehdytystä ja työmaahan tutustumista saadaan helpotettua. Lähitulevaisuudessa tietomalleja voidaan hyödyntää myös paremmin alihankintaurakkapyyntöjen laatimisessa, kun malleista saatava määräluettelotieto saadaan luotettavaksi ja mallien

käyttö yleistyy laajemmin rakennusalalla. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

Aikataulutuksen osalta tietomalliin viedään yleensä ainakin projektin kannalta kriittiset rakenteet. Tällaisia rakenteita voivat olla esimerkiksi rakennuksen perustukset, runkorakenteet ja purettavat rakenteet. Mallissa esitettävän aikataulun avulla tilaajalle annettava rakentamisaikataulu täydentyy ja sen avulla voidaan ohjata esimerkiksi täydentävää suunnittelutyötä sopivassa järjestyksessä. Rakentamisaikaista toteumatietoa olisi hyvä päivittää malliin sovituin väliajoin tai sopivin väliajoin. Sopiva väli toteumatiedon päivittämiseen malliin voi kohteesta riippuen olla päivittäin tai viikoittain. Tietomallin avulla toteutuksesta vastaavat urakoitsijat käyvät suunnittelijoiden kanssa läpi elementtiasennussuunnitelman ja paikallavalurakenteet. Mallin avulla hyväksytään lisäksi asennusjärjestykset, työnaikaiset tuennat, jäykistykset ja muottijärjestelmät. Tuennat esitetään mallissa päätoteuttajan ja rakennesuunnittelijan tehtävänä on yhteistyössä tarkastaa niiden sijainnit turvallisuuden ja logistiikan kannalta. Taloteknisten järjestelmien asennuskatselmuksessa työmaalla voidaan myös käyttää apuna tietomallia, josta asennettavasta alueesta suunnitellaan ja käydään läpi asennusjärjestykset ja aikataulujen yhteensopivuus urakoitsijoiden välillä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

2.8 Vastaanotto

Vastaanottovaiheessa rakennuksesta tulisi olla valmiina valmiit toteumamallit ja huoltokirja. Hankkeen lopussa on ehdottoman tärkeää varmistaa, että rakentamisen aikana tehdyt muutokset on viety tietomalliin ja vastaavat toteutunutta rakennusta, jotta mallia voidaan hyödyntää käytön ja ylläpidon aikana mahdollisimman tehokkaasti. Kaikki tietomallit tulee täydentää rakentamisaikaisten muutosten mukaisesti niin että projektin lopussa projektissa vaaditut mallit vastaavat toteutunutta lopputulosta ja niitä voidaan kutsua toteumamalleiksi. Malleista tulee olla laadittuna myös tietomalliselostukset. Urakoitsijan tehtävä on jakaa työmaa-aikaiset muutostiedot suunnittelijoille. Urakkatarjous- tai suunnittelutarjouspyynnössä on myös mahdollista määritellä urakoitsijoilta vaadittavia toteumamalleja tapauskohtaisesti ylläpitoon, huoltoon ja korjauksiin liittyen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus.)

3 Osapuolet ja roolit

Työn yhtenä tavoitteena oli selventää rakennushankkeeseen kuuluvien eri osapuolien roolit ja keskeisimmät tehtävät. Tässä luvussa käsitellään keskeisimpiä rakennushankkeeseen kuuluvia osapuolia tehtävineen.

3.1 Tilaaja ja rakennuttaja

Tietomallintamisen suunnittelussa tilaajan tehtävänä on määrittää tietomallintamisen tavoitteet rakentamishankkeessa ja ylläpidossa. Hankkeen aikana tilaaja seuraa tiiviisti, että hanke etenee suunniteltujen tavoitteiden mukaisesti. Tilaaja suorittaa tietomallinnuksen laadunvarmistusta itse tai palkkaa tehtävään konsultin, jolla on riittävä tieto, osaaminen ja työkalut tehtävän suorittamiseksi. Tilaajan tekemässä tarkastuksessa ongelmia ja virheitä ei korjata, vaan niistä raportoidaan suunnitteluryhmälle tai suunnittelijalle, joka korjaa ongelmat tietomalliin. Tilaaja määrittää suunnitteluaikatauluun laadunvarmistuspisteitä, joissa tietomallit käydään kattavasti läpi yhdessä muiden osapuolien kanssa. Tilaajan tulee nimetä vastuuhenkilö ja varavastuuhenkilö suunnitteluryhmän laadunvarmistukseen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 6. Laadunvarmistus.)

Rakennuttaja edustaa tilaajaa rakennushankkeissa. Tilaaja hyödyntää rakennuttajan ammattitaitoa rakennushankkeen läpiviennissä. Rakennuttaja valvoo, että rakennushankkeissa tilaajan asettamat laadulliset, toiminnalliset ja aikataululliset tavoitteet toteutuvat. Useasti rakennuttaja tarjoaa ja ylläpitää projektipankkia, johon tallennetaan ja jossa säilytetään eri osapuolien suunnitelmat, malliaineistot ja muut asiakirjat, projektitoimintaohjeessa sovitulla tavalla ja sovitussa tallennusmuodossa. Projektitoimintaohjeen sisältövaatimukset on esitetty RT-kortissa RT 10-10992, Tietomallinnettava rakennushanke, sivulla 6. Projektipankin ylläpidosta voi vastata myös jokin muu taho kuin rakennuttaja.

3.2 Pääsuunnittelija ja muut suunnittelijat

Tärkeimmät talonrakennusalalla tietomallinnusta hyödyntävät suunnittelualat ovat arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu, sähkösuunnittelu ja LVI-suunnittelu. Jokainen suunnitteluosapuoli huolehtii oman mallinsa tietosisällöstä ja sen oikeellisuudesta. *Kaikissa tilanteissa suunnittelija on vastuussa toimittamiensa*

tietomallien laadusta. Tilaajan tai tietomallien laadunvarmistajan hyväksyntä ei poista tai vähennä suunnittelijan vastuuta. Vastuu on siis virheen tekijällä, eikä sillä, joka ei virhettä huomannut. (Yleiset tietomallivaatimukset, osa 6. Laadunvarmistus). Suunnittelutoimistojen on nimettävä toimiston sisäisestä tietomallien laadunvarmistuksesta vastaava henkilö. Ennen mallin jakelua jokainen suunnitteluosapuoli tarkastaa mallinsa ja korjaa virheet. Suunnittelijat yhteensovittavat malleja muiden osapuolien mallien kanssa ja korjaavat ristiriidat yhteistyössä. Yhteensovittaminen tarkoittaa sitä, että suunnittelijat käyttävät referenssimalleina muiden suunnittelualojen ajantasaisia malleja. Malleista tehdään tietyin väliajoin yhteensovitus myös tietomallikoordinaattorin toimesta, jolloin ristiriitaisuudet korjataan yhteensovitusraporttien avulla. Mallien jakelun yhteydessä laaditaan aina ajantasainen tietomalliselostus, josta selviää mallin sen hetkinen tilanne. (Tampereen kaupunki, tilakeskus.)

Tavallisesti pääsuunnittelijana toimii arkkitehti. Pääsuunnittelija on vastuussa suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta. Pääsuunnittelija laatii yhteistyössä tietomallikoordinaattorin kanssa tietomallintamisen aikataulun. Pääsuunnittelijan vastuulla on, että suunnittelijoilla on käytettävissä tarvittavat lähtötiedot. Lisäksi pääsuunnittelija varmistaa, että suunnittelijat tietävät omat vastualueensa tietomallintamisesta ja huolehtii, että tarvittavat mallit laaditaan ja todetaan keskenään yhteensopiviksi. (Tampereen kaupunki, tilakeskus.)

3.3 Tietomallikoordinaattori

Rakennuttaja nimeää hankkeeseen tietomallikoordinaattorin, joka voi olla pääsuunnittelija tai joku muu ulkopuolinen riittävän pätevä ja asiantuntemusta omaava henkilö (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen). Tietomallikoordinaattori tekee osin samoja tehtäviä kuin pääsuunnittelijakin mutta pääasiassa tehtävät ovat teknisiä. Tietomallikoordinaattori kasaa yhdistelmämallit ja raportoi mahdollisista ristiriitaisuuksista pääsuunnittelijalle ja muille suunnittelijoille. Tietomallikoordinaattorin vastuulla ei kuitenkaan ole eri suunnittelualojen mallien päivitykset eikä suunnitelmien yhteensovittaminen, vaan niistä vastaa pääsuunnittelija niin kuin muutostilanteiden valvonnastakin.

Tietomallikoordinaattori laatii hankkeen alkuvaiheessa tietomallintamisen tavoitteet ja huolehtii lähtötietojen saatavuudesta tietomallintamiseen. Tietomallikoordinaattori voi toimia roolissaan itsenäisesti tai hänen ohellaan tai tilallaan voi toimia myös pääsuunnittelija tai hankesuunnitelman laatija. Tietomallikoordinaattori varmistaa, että mallintamiselle on varattu riittävästi aikaa ja käy läpi kohteen erityisvaatimukset. Tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu huolehtia, että tarvittava lähtötietoaineisto on jokaisen suunnittelijan käytettävissä tarvittavassa laajuudessa. Suunnittelun aikaisiin tehtäviin kuuluu valvoa, että suunnittelijat vastaavat työmallien laadunvarmistuksesta. Virallinen laadunvarmistus tilaajan määrittelemissä vaiheissa ja tarkastuspisteissä kuuluu tietomallikoordinaattorin tehtäviin, jolloin tietomallit tarkastetaan yleisten tietomallivaatimusten osan *6. Laadunvarmistus ja tietomallien yhdistäminen* mukaisesti.

Tietomallikoordinaattorin tulee järjestää hankkeen alussa niin sanottu mallien yhteensovittamistesti, jossa varmistetaan, että kaikkien suunnittelualojen tietomallien koordinaatit ja korot ovat yhteensopivat. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että arkkitehti mallintaa arkkitehtimallia muutaman rakennusosan verran ajantasaisten suunnitelmien mukaisesti ja lähettää mallin IFC-muotoisena muiden suunnittelualojen suunnittelijoille. Eri suunnittelualan suunnittelijat täydentävät malliin muutamia oman alansa rakennusosia suunnitelmien mukaisesti siten, että kun tietomallikoordinaattori yhdistää mallit, voidaan todentaa varmasti, että kaikki suunnittelijat käyttävät samaa koordinaatistoa tietomalleissaan. Tietomallikoordinaattori ylläpitää hankkeen aikana yhdistelmämallia ja päivittää sitä sovituin väliajoin tai aina kun tapahtuu suuria muutoksia osamalleissa. Tietomallikoordinaattori selvittää, mitä malleja missäkin hankkeen eri vaiheissa tarvitaan ja kenen suunnittelijoiden vastuulla eri mallit ovat. Lisäksi tulee tarkastaa, että tarvittavat mallit on tehty. Tietomallien aikatauluja ja tavoitteita tulee päivittää tilanteen mukaan samoin kuin tietomallien ristiriidattomuutta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus).

Tietomallikoordinaattori on avainasemassa laadunvarmistuksen onnistumiseksi. Tietomallikoordinaattorin päätehtävät kuvataan lyhyesti seuraavaksi. Ensisijaisen tärkeä tehtävä on laatia hankkeeseen tietomallisuunnitelma ja tietomallinnus-

ohjeistus. Muita päätehtäviä ovat tietomallintamisen laadunvarmistus, tietomallien yhdistäminen ja mallien yhteensovituspalaverien vetäminen. Tietomallinnussuunnitelmassa esitetään projektin tavoitteet eli miksi mallinnetaan ja eri vaiheissa vaaditut mallin tarkkuustasot. Lisäksi tietomallinnussuunnitelmassa kuvataan tehtävät, kuka mallintaa mitäkin ja kenen hyödynnettäviksi mallit laaditaan. Mallinnussuunnitelmaan kirjataan myös yhteyshenkilöt ja mallinnuksessa käytettävät ohjelmaversiot. (Talvitie 2016.)

Rakentamisvaiheessa tietomallikoordinaattori perehdyttää urakoitsijan malliin ja neuvoo tietomallin käytössä työmaalla. Mikäli suunnittelu jatkuu rakentamisen aikana, voi tietomallikoordinaattori osallistua myös työmaakokouksiin.

3.4 Pääurakoitsija ja aliurakoitsijat

Pääurakoitsija on tilaajan sopimuskumppani, joka sitoutuu suorittamaan sopimuksen mukaisen rakennustyön. Urakoitsija vastaa omasta ja aliurakoitsijoidensa työn laadusta takuuajan loppuun saakka. Urakoitsija laatii mallintamalla kohteen aluesuunnitelman, jossa voi käyttää apuna arkkitehti- ja rakennemallia tarpeellisessa määrin ja jatkamalla lisäksi muun alueen mallintamista, tai käyttämällä edellä mainittuja malleja referensseinä mallintamisen pohjana. Rakentamisen aikainen työturvallisuus työmaalla varmistetaan mallin avulla. Tietomallin avulla käydään elementtiasennussuunnitelma ja paikallavalurakenteet läpi. Lisäksi tietomallin avulla hyväksytään muun muassa asennusjärjestyksiä ja työnaikeisia tuentoja. Urakoitsija toimittaa rakentamisaikaiset toteumatiedot suunnittelijoille toteumamallien laatimista varten. Loppudokumentteina urakoitsija luovuttaa rakennuttajalle kohteen materiaali- ja rakennusosatiedot sekä kohteen LVISA luovutusaineiston sisältäen koneiden ja laitteiden tiedot, käyttö- ja huolto-ohjeet paperisena ja sähköisenä aineistona.

3.5 Muut osapuolet

Joissakin suurissa rakennushankkeissa käytetään projektinjohdon apuna tilaajan asettamaa tietomallimanageria (Suunnitteluohjelma 2016). Tietomallimanagerin tehtävät ovat hyvin pitkälle samoja kuin tietomallikoordinaattorin tehtävät. Tietomallimanageri määrittelee tietomallintamisen tavoitteita projektinjohdon apuna ja

valvoo tavoitteiden toteutumista ja tietomallien teknistä laatua. Tietomallimanageria voidaan käyttää hankkeissa, joissa esimerkiksi pääsuunnittelija tai arkkitehti on nimetty tietomallikoordinaattoriksi. Tällöin saadaan varmistettua, että pääsuunnittelijalle tai arkkitehdille jää riittävästi aikaa varsinaiseen suunnittelutyöhön, eivätkä koordinoititehtävät vie liikaa aikaa. Tietomallimanageri on kuitenkin melko harvinainen nimitys eikä sitä kovin usein kuulla käytettävän varsinkaan, jos tietomallikoordinaattoriksi on nimetty ulkopuolinen henkilö, joka ei vastaa rakennuksen suunnittelusta vaan toimii hankkeessa pelkästään tietomallikoordinaattorin tehtävässä.

4 Velvoitteita ja vaatimuksia urakoitsijalle

Hankkeen urakka-asiakirjoissa määritellään tietomallin luovuttaminen urakoitsijalle, tietomallien käyttöoikeudet ja muut urakoitsijaa koskevat tietomallivaatimukset (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 13, Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa). Urakka-asiakirjoissa mainitaan rakennushankkeen olevan tietomallinnusta hyödyntävä hanke, jossa suunnittelu on toteutettu tietomallintamalla. Urakoitsijan oikeus luovuttaa mallia kolmannelle osapuolelle määritetään myös urakka-asiakirjoissa. Tietomallia ylläpidetään myös rakentamisen aikana ja urakoitsija on velvollinen ilmoittamaan suunnittelijalle ja hankkeen tietomallikoordinaattorille havaitsemistaan puutteista ja virheistä tietomallissa. Mikäli urakka-asiakirjoissa on määritetty, että urakoitsija toimittaa tuotannonaikaiset toteumatiedot toteumamalliin, on urakoitsija myös velvollinen kirjaamaan ja toimittamaan hyväksytyt suunnitelmapoikkeamat, muutokset ja toteumatiedot suunnittelijoille toteumamallin laatimiseksi sovitulla tavalla. Lisäksi tarkentuneet järjestelmä ja laitetiedot viedään korjattuna malliin geometrian ja tuotetietojen osalta sovitulla tarkkuudella. Talotekniikan osalta urakoitsijan tulisi dokumentoida asennuksia valokuvien avulla ainakin piiloon jäävistä asennuksista, jotta ne voidaan riittävällä tarkkuudella määritellä toteumamalliin. Piiloon jääviin asennuksiin, kuten huolto-
luukkuihin ja venttiileihin urakoitsijan tulee kiinnittää erityistä huomiota toteumamallin osalta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 13, Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa.)

5 Toteumamalli ja sen muodostaminen

Toteumamallin yhteydessä kuullaan usein puhuttavan myös as-built-mallista, joka tarkoittaa toteumamallia ”niin kuin rakennettu”. Toteutussuunnitteluvaiheessa eri suunnittelualojen rakennusosamallit saatetaan sellaisiksi, niin kuin rakennus on tarkoitus työmaalla toteuttaa. Toteutusvaiheessa tulee kuitenkin tavallisesti eteen tilanteita, jolloin suunnitelmista joudutaan poikkeamaan ja suunnitelmia täydennetään ja päivitetään toteutusvaiheen aikana. Tällaisissa tilanteissa kaikki tietomallit tulee päivittää muutoksien mukaisiksi (*Yleiset tietomallivaatimukset, osa 1. Yleinen osuus*). Kun luovutusvaiheessa tietomallit ovat kaikilta osin päivitetty toteutuneen rakennuksen mukaan niin, että tietomalli ja rakennus vastaavat täysin toisiaan, puhutaan toteumamallista. Suunnittelun aikaisista työmaalleista ja toteutussuunnittelun aikaisista tai sitä edeltävistä malliversioista ei voida puhua toteumamalleina. Toteumamalli päivitetään aina toteutuksen jälkeen vastaamaan toteutunutta rakennusta. Toteumamallin tärkeimpänä tarkoituksena rakennuksen elinkaariajattelun kannalta on tukea rakennuksen ylläpidon tarpeita. Tulevaisuudessa oikein laadittu toteumamalli voisi toimia mahdollisesti jopa laitteiden huolto-ohjelmana. Toteumamalli on tavallisesti yhdistelmämalli kaikista suunnittelualojen malleista, jotka on yhdistetty yhdeksi IFC-tiedostomuotoiseksi malliksi. Muutostiedot päivitetään tietomalleihin aina alkuperäiseen natiivimalliin, josta ne muutetaan päivityksen yhteydessä jälleen IFC-tiedostomuotoon.

6 Tietomallin hyödyntäminen ylläpidossa

Senaatti-kiinteistöt ovat avanneet omaa näkemystään tietomallien hyödyntämismahdollisuuksista rakentamisen jälkeen, jossa ylläpidon kannalta tarkoituksenmukaisempaa vaihtoehtona toteumamallin hyödyntämiseen ylläpidon tarpeissa pidetään erillisen ylläpitomallin laatimista toteumamallin pohjalta. Ajatus pohjautuu havaintoihin, joiden mukaan tietomallien laatimistapa ei tavallisesti vastaa ylläpidon tarpeita. Rakennesuunnittelijan laatima tietomalli on enemmän rakenteellisten osien kokonaisuus, josta jää puuttumaan usein materiaalien käyttöikä tai hoitajaksoihin liittyvät ylläpidon kannalta tärkeät tiedot. Yhdistelmämallien tiedostokoon massivisuus tekee mallin käytöstä raskasta ja ylläpidon tarvitseman tie-

don linkitys malliin kasvattaa tiedostokokoa entisestään. Ylläpitomallin laatimisesta ei ole sovittu yleistä käytäntöä. Ylläpitovaiheen tiedot tulisi laatia erilliseen tietokantaan ja ylläpitomallissa tiedot tulisi linkittää rakennusosiin. Mallista voidaan myös erittäin helposti tuottaa lukematon määrä erilaisia näkymiä ylläpidon tarpeisiin. Tietomallissa rakenneosiin voidaan sisällyttää teknisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia. (Halmetoja 2016.)

Tietomallipohjainen ylläpitojärjestelmä edellyttää, että tunnistetaan ylläpidon kannalta oleellinen tiedontarve. Ylläpitoa palveleva tietosisältö tulisi tunnistaa jo hankkeen lähtövaiheessa, jotta voidaan vaatia lopputuloksen kannalta tarvittavaa tietosisältöä. Tietomalli sisältää paljon turhaakin tietoa ylläpidon kannalta, joten on tärkeää ylläpitää vain hyödyllistä tietoa. Se tieto, josta ylläpidossa on hyötyä, pidetään ajantasaisena. Kun ylläpitomallin tietosisältö vastaa ylläpidon ja huollon tarpeita, tiedon ylläpito voidaan toteuttaa suunnitelmallisesti. Ylläpitomallin säännöllinen päivittäminen ja pitäminen ajan tasalla edellyttävät kuitenkin organisatiota, joka määritetään ylläpitämään mallia rakennuksen käytön aikana. (Savolainen 2016, 8.)

Rakennuksen ylläpitoon tuotettava ylläpitomalli muodostuu rakennuksen suunnittelualakohtaisten toteumamallien yhdistelmästä. Mallin tulee sisältää rakenteet ja laitteet, jotka vaativat käytön aikaista huoltoa ja ylläpitoa. Ylläpitomallista voidaan paikantaa helposti tilat, joissa ylläpitoa ja huoltoa vaativat laitteet sijaitsevat. Rakennuksissa korjausta vaativat kohteet ovat usein piilossa, mutta ylläpitomallista saadaan tuotettua näkymiä piilossa olevista kohteista ja asennuksista, mikä helpottaa korjaustoimiin ryhtymistä ja vian paikannettavuutta. Korjaus- ja huolto-toimia voidaan suunnitella ennen varsinaiseen kohteeseen menoa, lisäksi voidaan ennakoida esimerkiksi varaosien ja työkalujen tarvetta. Senaattikiinteistöjen näkemyksen mukaan tärkeimpiä kiinteistönhoitoon liittyviä ylläpitomalliin sisällytettäviä tietoja ovat tilatiedot ja laitetiedot. Laitetiedot esitetään karkealla tasolla. Lisäksi ylläpitomallin sisältöön kuuluu teknisten järjestelmien vaikutusaluekartat, järjestelmien paikannuskaaviot ja konekortit tai toimintakaaviot järjestelmittäin. Teknisistä järjestelmistä esitetään järjestelmäkuvaukset. Jos ylläpitomalli sisältää paikannuspiirustuksissa vaaditut tiedot ja yksilölliset tunnisteet, niin laitteiden paikantaminen voi tapahtua suoraan tietomallissa ilman, että huoltokirjaan tarvitsee

tuottaa lisäksi erillisiä 2D-paikannuspiirustuksia. Ylläpitoon eniten tarvittavaa tietoa, kuten esimerkiksi mallissa esitettävien laitteiden ja järjestelmien tarkemmat huolto-ohjeet, tulisi säilöä erillisessä tietokannassa, ettei kaikkia tietoa tallenneta yhdistelmämalliin. Lyhyesti mallissa esitettävä tarpeellinen tieto koostuu rakenteista, osista, laitteista ja geometrisista tiedoista ja niiden avulla ne yhdistetään esimerkiksi sähköiseen huoltokirjaan, jossa kuvataan tarkemmin huolto- ja tarkastusjaksot ja toimenpiteet. Senaatti-kiinteistöt esittävät raportissaan Tietomallit ylläpidossa lisäksi kymmeniä muita toimintoja, joihin ylläpitomallia voidaan käyttää työkaluna. (Halmetoja 2016.)

Tietomallin tulee olla ajantasainen koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tietomallin ylläpitämisestä tulisi laatia kiinteistölle oma mallien päivitysohje, jossa esitetään tehtävät, vastuut ja ajankohdat mallin päivittämisestä. Malli olisi syytä päivittää aina korjausrakennushankkeen yhteydessä, ja lisäksi sille olisi hyvä määrittellä määräaikaista päivitysajankohtia tietyin ajanjaksoin. (Halmetoja 2016.)

7 Toteumamallin tarkastelu esimerkkikohteessa

Tässä luvussa kuvataan aluksi esimerkkikohteen perustiedot. Kohteen sopimusasiakirjat käydään läpi niiltä osin, kun ne projektipankista löytyvät. Lopuksi tarkastellaan ja vertaillaan kohteen viimeisistä projektipankista löytyvää yhdistelmämallia ja toteumaa. Pääosin tarkastelu on visuaalista ja pohjautuu valokuvien ja tietomallinäkömien vertailuun.

7.1 Projektin perustiedot ja yleiskuvaus

Opinnäytetyön esimerkkitapauksena käsitellään Lappeenrannassa toteutunutta tietomallia hyödyntävää hanketta, jossa suunnittelu on toteutettu mallintamalla. Hanke käsittää Lappeenrannan läntisen alueen uuden Lavolan paloaseman uudisrakennuksen suunnittelu- ja rakennustyöt. Rakennushankkeen rakennuttajana on Lappeenrannan kaupunki, tilakeskus. Kohteen rakennuttamisesta ja valvonnasta vastaa Lappeen Rakennuttaja Oy. Kohteen arkkitehtisuunnittelusta, rakennesuunnittelusta, LVI-suunnittelusta ja sähkösuunnittelusta vastaa Suunnittelutoimisto Amhold Oy, josta arkkitehtisuunnittelija toimii myös kohteen pääsuun-

nittelijana. Pohjarakennesuunnittelijana toimii Geosaimaa Oy. Paloaseman käyttäjänä on Etelä-Karjalan Pelastuslaitos. Kohteen urakkamuoto on jaettu urakka. Kohteen rakennustöistä vastaa kohteen pääurakoitsija, joka huolehtii urakoitsijoiden töiden yhteensovittamisesta, järjestelyistä ja turvallisuudesta. Urakka-ajaksi urakkaohjelmaan mukaan on merkitty heinäkuusta 2015 alkaen niin, että urakka-suoritus on valmiina ja luovutettuna rakennuttajalle viimeistään 27.5.2016.

Esimerkkitapauksessa selvitetään, mitä kohteen asiakirjoissa on sovittu, ja vastaako toteutus suunniteltua. Asiakirjat ja sopimukset käydään läpi projektipankista. Projektipankista tarkastellaan lisäksi viimeisintä tietomallia ja tutkitaan, vastaako se toteutunutta. Tapaustutkinnan tarkastelun lähtökohtana on kohteesta tuotettu ifc-muotoinen malliaineisto, jota verrataan toteutuneeseen rakennettuun kohteeseen. Toteumatiedon paikkansapitävyyttä tarkkaillaan tässä lähinnä rakenteiden, laitteiden ja niiden osien sijainnin ja geometrian avulla. Toteumamallia verrataan toteutuneeseen rakennukseen ja havainnollistetaan lisäksi valokuvien avulla. Tapaustutkimuksen avulla on mahdollista tiedostaa, onko tietomallipohjaisten projektin tietomallin käytettävyyden rakennuksen käytön ja ylläpidon kannalta tavoitteiden mukainen ja siirtykö muutostiedot rakennusaikana työmaalta malliin toteumatiedoksi.

7.2 Kohteen sopimusasiakirjat

Kohteen tietomallintamisvaatimukset on kuvattu pääosin projektitoimintaohjeessa. Osapuolien tehtäviä on määritelty uusimpien tehtäväluetteloiden avulla.

7.2.1 Projektitoimintaohje

Hankkeessa tähdätään rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen tietojen hallintaan tietomallin avulla. Malliaineistoa pyritään saamaan mahdollisimman laajasti käyttöön rakennuksen suunnittelun, rakentamisen, käytön ja ylläpidon aikana. Rakennuttajan edustaman tietomallinnuksen projektipäällikön vastaamana suunnittelijat laativat hankkeesta tietomallinnussuunnitelman. Hankkeessa tietomallikoordinaattoriksi on nimetty projektin pääsuunnittelija. Kaikki tietomallit ja sähköiset dokumentit luovutetaan tilaajalle projektin lopussa sopimuksen mukaan.

Kaikki julkaistavat tietomalliversiot arkistoidaan projektissa sovitulla tavalla. Mallien julkaisun ja päivityksen yhteydessä muille osapuolille päivitetään aina myös tietomalliselostus. Kaikki muutokset tulee olla kaikkien osapuolien löydettävissä.

Tietomallikoordinaattorin tehtävät on määritelty Yleisten tietomallivaatimusten yleisen osan mukaisesti suunnitteluvaiheittain koko projektin osalta. Tietomallikoordinaattori vastaa yhdistelmämallien yhteensovittamisesta ja on velvollinen ilmoittamaan suunnittelijoille havaitsemansa virheet. Suunnitelmien yhteensovitus ja muutostilanteen valvonta ovat pääsuunnittelijan vastuulla tehtävälueen mukaisesti, ja pääsuunnittelija huolehtii eri suunnittelualojen mallien päivittämisestä.

Mallien julkaisemisesta huomioidaan muun muassa seuraavia seikkoja. Mallit julkaistaan suunnitteluajataulun mukaisesti tiettyyn tarkoitukseen ja saatetaan julkaisukuntoon. Julkaisukuntoon saattaminen sisältää tietomallin, tietomalliselostuksen ja rakennusselostuksen. Julkaisua edeltää vielä mallin tarkastus Yleisten tietomallivaatimusten osan 6. *laadunvarmistus* mukaan, jotta mallit ja asiakirjat ovat varmasti yhdenmukaisia. Valmiiden mallien julkaisu suoritetaan tarkastettujen mallien kansioon erikseen sovitulla tavalla.

Tietomallikoordinaattori suorittaa suunnittelun aikaista laadunvalvontaa valvomalla, että suunnittelijat huolehtivat omien suunnitelmiansa teknisestä laadusta. Tietomallikoordinaattori vastaa mallien virallisesta laadunvalvonnasta. Eri suunnitteluvaiheiden mallien päivityksestä mainitaan, että kunkin suunnittelualan ajantasaiset mallit tulee olla aina muiden saatavilla ja että niiden päivitysväli merkitään suunnitteluajatauluun.

Tietomallien tarkkuustasot on määritelty suunnittelualakohtaisissa mallisisälöissä. Rakennemallissa kantavilta ja muilta merkittäviltä rakenteilta vaaditaan, että rakenteet mallinnetaan perusgeometrialtaan ja sijainniltaan oikein. Mallista tulee voida laskea rakenteiden kokonaismäärä. Tyyppirakenteet mallinnetaan tarkemmin: ne mallinnetaan geometrialtaan ja sijainniltaan oikein, liittymineen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen. Talotekniikan mallilta vaaditaan reikävarausobjektien mallintamista tarkasti, niiden toleranssi on 0 cm. Alakattoasennukset, kuten ilmaisimet, valaisimet, kaiuttimet ja päätelaitteet, mallinnetaan arkitekhtikuvan mukaisiin paikkoihin. Mallihuoneiden ja -alueiden toleranssi on 5 cm.

Tarkemmin taloteknisten komponenttien mallintamisvaatimukset ja tarkkuustasot on listattu taloteknisen mallin tietosisältöön. Arkkitehtimallin rakenneosien tarkkuustasovaatimukset on listattu talo 2000-nimikkeistön mukaisesti vaiheittain yleisten tietomallivaatimusten osan 3. *Arkkitehtisuunnittelu* tarkkuustasojen mukaan. Arkkitehtimallintamisen tarkkuustasoja on yhteensä kolme. Ylläpitovaiheen tietomalliin ovet ja ikkunat varusteluineen vaaditaan mallinnettavaksi tason 3 mukaan, ja muuten tarkkuustasovaatimukset eri rakenneosien välillä vaihtelevat tasojen 1 ja 2 välillä. Tarkkuustasossa 3 esimerkiksi ikkunasta pitäisi löytyä muun muassa tyyppi, aukkomitat ja dB-vaatimukset.

Toteutuksen aikana urakoitsija käyttää tietomalleja haluamallaan tavalla. Urakoitsija huolehtii, että rakentamisen aikana tehdyt muutokset dokumentoidaan ja vietään malleihin. Urakoitsija vastaa muutostiedoista. Vastaanottovaiheessa mallit vastaavat toteutunutta rakennusta ja niistä tuotetaan toteumamallit. Toteumamallien lisäksi rakennuksesta tuotetaan huoltokirja. Kaikki projektissa vaaditut tietomallit täydennetään rakentamisvaiheen muutosten mukaisesti. Toteumamalleissa esitetään tasokuvien mukaisesti kaikki kojeet ja laitteet ja käytetään samoja litterointeja. Käytön ja ylläpidon aikana kiinteistön ylläpitäjä päättää, miten tietomallia hyödynnetään rakennuksen ylläpidossa.

7.2.2 Tehtäväluettelot

Kohteessa käytetään tehtäväluetteloita PS12, ARK12, RAK12 ja TATE12. Tehtäväluetteloita käytetään suunnittelijoiden tehtävien laajuuden määrittelyssä. Tehtäväluetteloiden avulla suunnittelukokonaisuuden hallinta helpottuu ja se toimii osana laadunvarmistusta. Tehtäväluettelot liitetään suunnittelusopimuksiin. Kohteessa ei ole käytetty projektikoordinaattorin tehtäväluetteloita.

Arkkitehti laatii tietomallin ja tietomallintamiseen liittyvän toteumamallin. Lopullisissa rakennesuunnitelmissa huomioidaan työmaa-aikaiset muutokset ja ne täydennetään toteumatietona tietomalliin samoin kuin muut rakentamisen aikana lisättävät tiedot. Kohteesta korjattu toteumamalli toimitetaan tilaajalle. TATE-suunnittelun suunnittelualakohtaiset mallit täydennetään valituilla laitetiedoilla, joita voidaan hyödyntää rakennuksen huollon ja ylläpidon yhteydessä. Mallit päivitetään yhdistelmämalliksi (järjestelmämalli) urakoitsijan lopullisten asennustietojen

perusteella, jotka urakoitsija toimittaa suunnittelijoille. Järjestelmämallin päivityksellä varmistetaan tulevaisuuden muutostarpeita varten riittävät asennustiedot toteutuneesta rakennuksesta. Suunnitelmat luovutetaan rakennuttajalle arkistoitavaksi hänen ohjeidensa mukaisesti paperitulosteina ja sähköisessä tiedostomuodossa.

7.3 Projektin toteutus

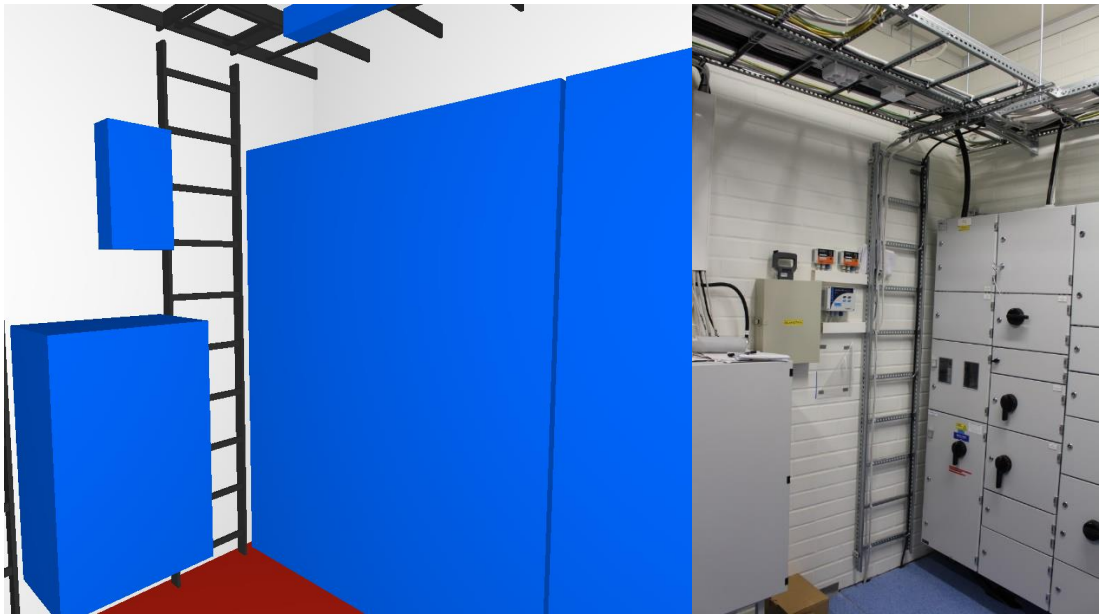
Projektipankkiin on asetettu kansiot hankkeen eri vaiheisiin. Projektipankkia ei ole kuitenkaan käytetty kaikkien projektin suunnitelmien ja asiakirjojen talletuspaikkana. Uusimmat projektipankkiin päivitettyt tietomallit kohteesta ovat toteutussuunnitteluvaiheen talletetut mallit, jotka on päivitetty 3.9.2015. Projektipankissa tietomallien yhteydestä ei löydy yhtään tietomalliselostusta laadituista tietomalleista. Tietomalliselostus tulisi olla laadittuna kaikista päivitetystä tietomalleista. Projektipankkiin ei ole luotu erillistä kansiota, josta löytyisi aikaisemmat malliversiot ja tietomalliselostukset, joten projektipankista ei käy ilmi, onko malleja päivitetty säännöllisesti. Opinnäytetyössäni tarkoitukseni on kuitenkin tarkastella kohteen toteumamalleja, joiden päivitysajankohdan pitäisi olla projektiaikataulun mukaan toukokuussa 2016. Projektipankissa on kansio ”Luovutusasiakirjat ja loppudokumentit sekä huoltokirja-aineisto”, mutta kansiossa ei ole tallennettuna malliaineistoa. Tässä työssä tarkastelen viimeisintä projektipankista löytyvää yhdistelmämallia.

7.4 Mallin tarkastelu

Seuraavaksi havainnollistan mallin tarkastelua lähinnä valokuvien ja mallinäkymien avulla. Toteutumaa verrataan malliin valokuvien ja tietomallin kuvakaappauksien avulla. Mallin tietosisältöä tarkastetaan malliobjekteista ja lopuksi teen pistotarkastuksen mallin mittamaailmaan vertailemalla joitakin yksittäisiä mitta- ja korkotietoja mallin ja toteuman välillä.

Kuvissa 1 ja 2 vertaillaan sähköpääkeskuksen laiteasennuksia ja rakenteita. Mallin ja toteutuneiden asennusten välillä on paljon yhtäläisyyksiä ja monet laitteet näyttäisivät sijaitsevan vastaavasti kuin mallissa. Mallista näyttäisi löytyvän laitteiden geometriset muodot ja tilavaraukset. Sinisellä esitetyt laatikot esittävät

mallissa jakopisteitä. Muita tarkempia laitetietoja kuten merkkiä tai mallia ei mallista löydy.

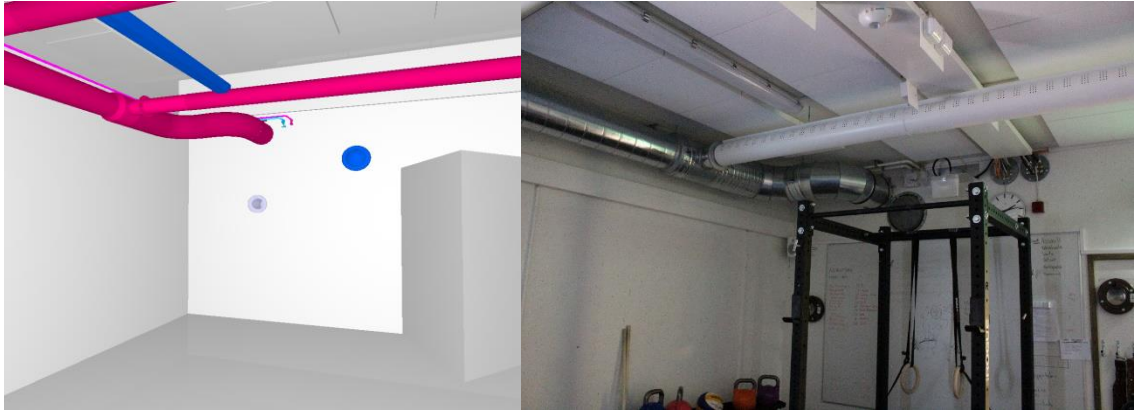


Kuva 1. Sähköpääkeskuksen laitteita yhdistelmämallissa ja valokuvana

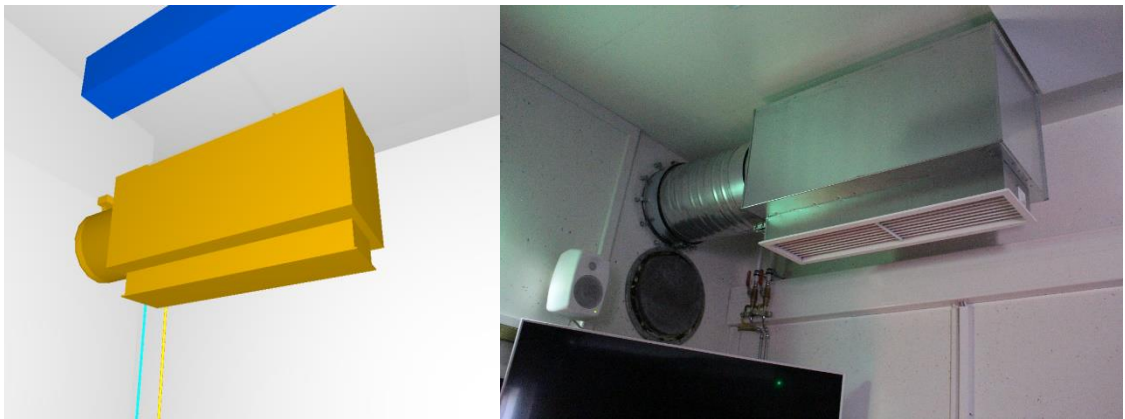


Kuva 2. Ilmanvaihtokanavan päätte-elin yhdistelmämallissa ja valokuva toteutuneesta asennuksesta

Kuvat 3 ja 4 ovat väestönsuojatilasta, joka toimii myös kuntosalina. Ilmanvaihdon putkistoasennukset näyttävät olevan hyvin lähellä suunniteltua. Valaistuksesta kuvan 3 mallinäkyvässä näkyy sinisenä seinävalaisin, jota ei kuitenkaan ole asennettu.



Kuva 3. Ilmanvaihdon putkistokanavat väestönsuoja-/ kuntosalitulassa.

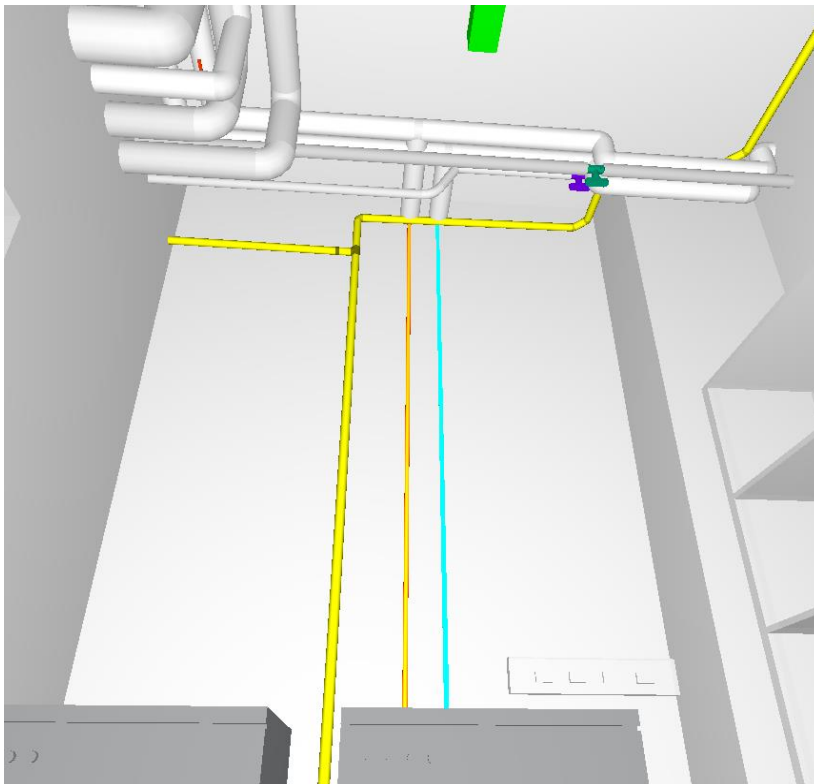


Kuva 4. Ilmanvaihdon pääte-elin yhdistelmämallissa ja valokuva toteutuksesta

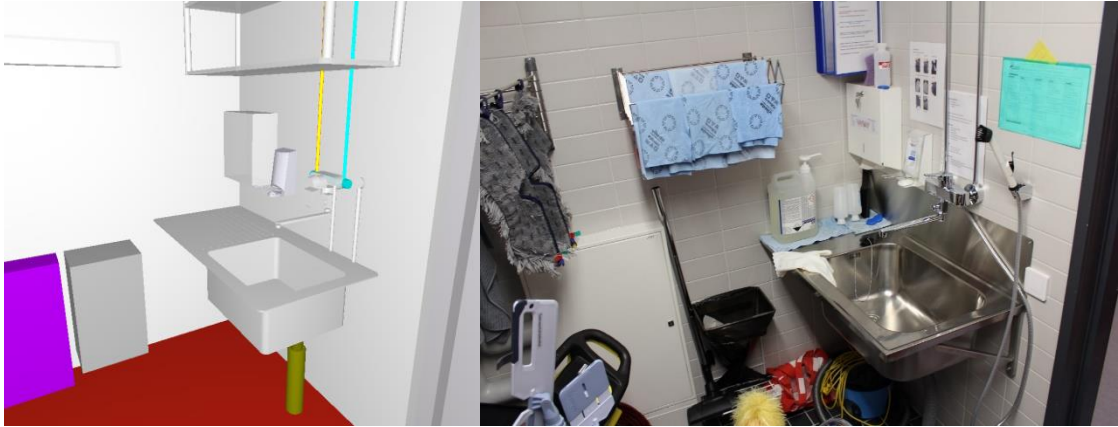
Kuvat 5 – 7 ovat siivouskomerosta. Pesukoneet on sijoitettu mallin mukaiseen paikkaan ja pesuallasnurkkaus on varustukseltaan mallin mukainen. Siivouskomeron katossa kulkevia putkivetoja ei päässyt vertailemaan. Kuva 6 esittää mallinnettuja putkivetoja, joita ei päässyt tarkastamaan, koska alaslaskettu katto peitti asennukset. Malliin alaslaskettua kattoa ei ole mallinnettu.



Kuva 5. Siivouskomeron pesukoneet

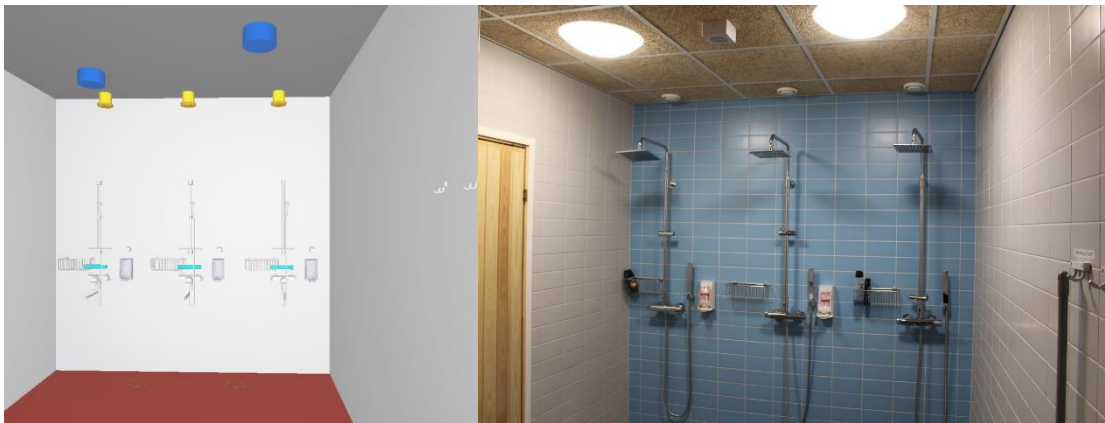


Kuva 6. Siivouskomeron katossa kulkevat putkivedot yhdistelmämallissa



Kuva 7. Siivouskomeron allasnurkkaus

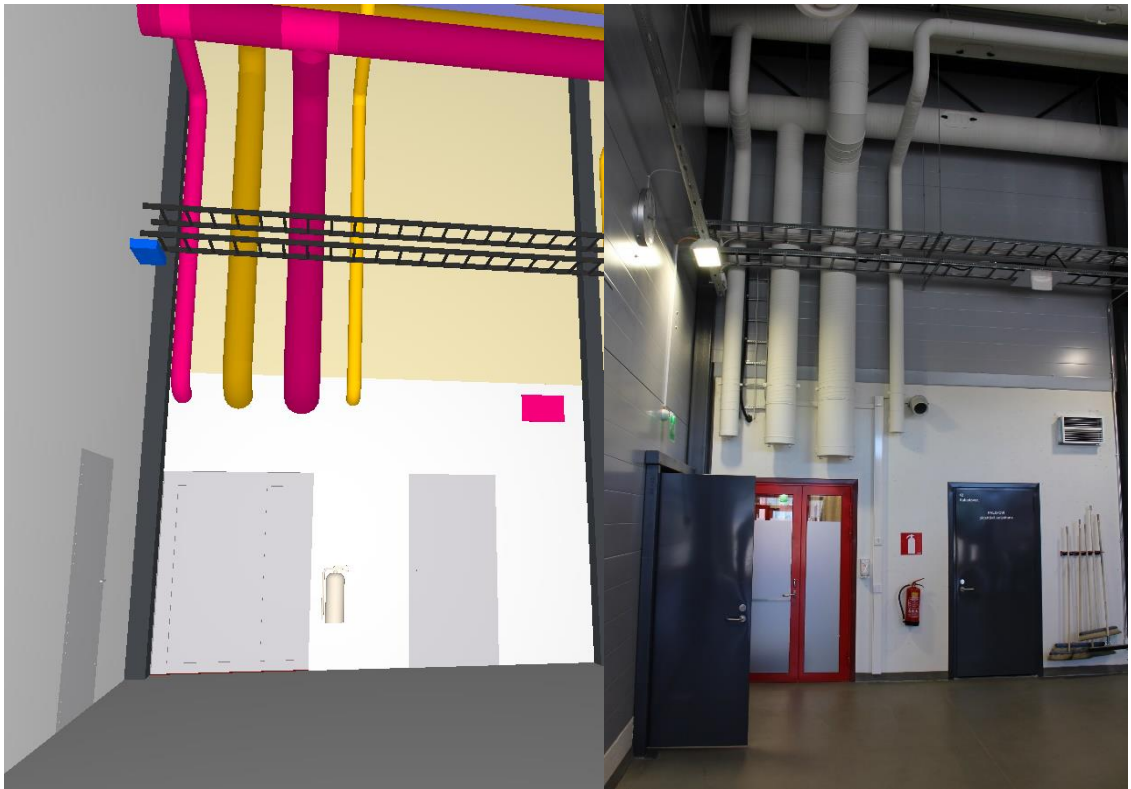
Saunaosaston suihkutila on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Mallinnettu suihkutila ei geometrialtaan tai varustukseltaan poikennut merkittävästi toteutuksesta. Kuvassa 8 näkyy suihkutila mallissa ja valokuvana.



Kuva 8. Kylpyhuoneen suihkutila, kattovalaisimet ja seinäripustuskoukut

Kuvat 9 – 14 ovat autohallista. Ilmanvaihtoputkistojen asemointi vastaa mallissa toteutusta melko yhdenmukaisesti. Kuva 9 on autohallin kulmauksesta, jossa näkyvät kaapelihyllyjen, valaisimien, jauhesammuttimen, ovien ja ilmanvaihtoputkien paikat. Kuvan mukaan mallinnetut asiat vastaavat toteutusta. Valaisinsuunnittelusta löytyy jonkin verran poikkeamia mallin ja toteuman välillä. Esimerkkinä valaisinpoikkeamista voidaan todeta kuvan 10 mallinäkyvässä erottuva pyöreä seinävalaisin, joka näkyy sinisenä mallissa, mutta valokuvan mukaan sitä ei ole.

Lisäksi kuvista 10, 11, ja 12 voidaan havaita, että tietomallista puuttuu seinälle asennettu paineilmaletkukela.



Kuva 9. Yhdistelmämallinäkyä ja valokuva autohallin peräkulmauksesta



Kuva 10. Vertailukuva hallin peräseinältä viimeisimmässä yhdistelmämallissa ja valokuvana

Kuvassa 11 tietomalliin suunniteltuja varusteita ja asennuksia ovat muun muassa jauhesammutin, vesipiste lavuaarilla, lattialämmityksen jakotukkikaappi ja

kupariputki, joka osoittautuu paineilmakanavaksi ja näkyy mallinäkyvässä punaisena pystyviivana. Valokuvan perusteella nämä edellä mainitut varusteet ja asennukset ovat toteutuneet. Jauhesammutin ja mallinettu kupariputki näkyvät valokuvassa. Kupariputki liittyy paineilmakelaan, joka näkyy valokuvassa, mutta mitä mallissa ei ole.



Kuva 11. Sähköasennuksille on jonkinlaiset tilavaraukset mallissa.

Kuvassa 12 pienenä epäkohtana huomataan, että vesijohtoputkien reititykset poikkeavat hieman toteutuneesta ja putket on mallinettu ristiin päällekkäin. Tietomallin mukaan vesijohdot ovat varustettu erillisillä palloventtiileillä, joita valokuvassa ei kuitenkaan ole.



Kuva 12. Autohallin vesipiste varusteluineen

Kuva 13 havainnollistaa lähinnä ilmanvaihtokanavien kulkua. Kuvassa näkyy myös kaapelihyllyjä, jauhesammutin ja valaisinten sijainnit. Valokuvan mukaan kanavat kulkevat lähes mallin mukaisesti joitakin poikkeuksia lukuunottamatta. Poikkeamana esimerkiksi kuvan 13 mallinäkyvässä sinisten valaisimien väliin loppuu mystisesti keltaisena näkyvä ilmanvaihtoputki, jota valokuvassa ei näy lainkaan. Valokuvaa katsoessa voisi päätellä, että putken mallinnus on jäänyt hieman kesken ja putki vaikuttaisi kulkevan todellisuudessa kokonaan toiseen suuntaan. Valaisimet seinävalaisinta lukuunottamatta ja jauhesammutin sijaitsevat kuitenkin suunnitelluissa paikoissa.



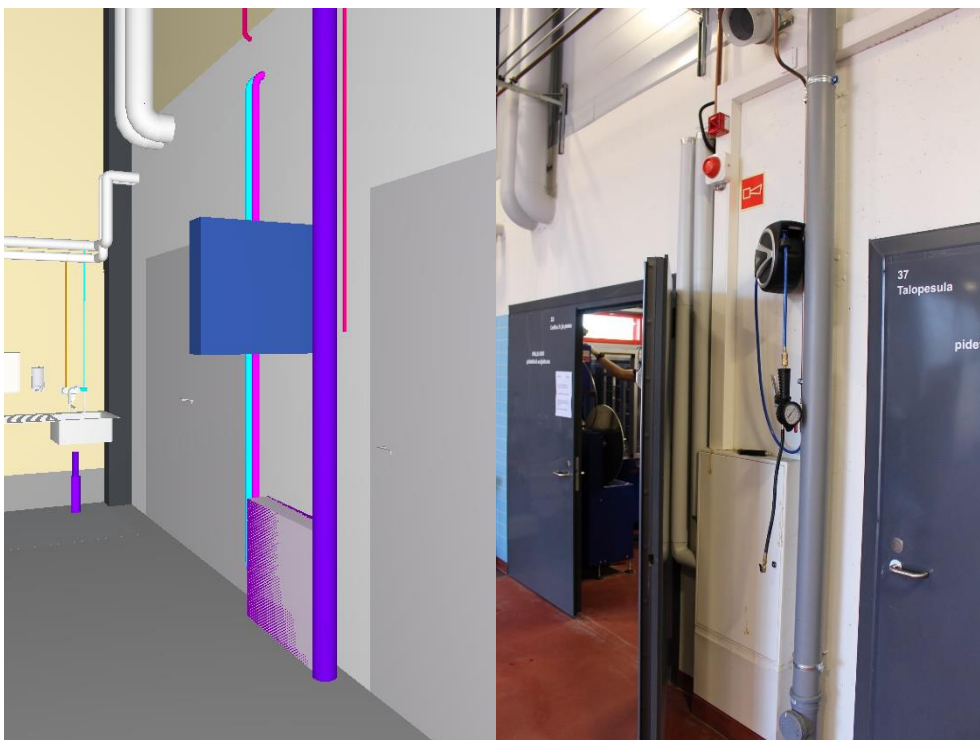
Kuva 13. Ilmanvaihtokanavien todellinen kulku

Halusin saada vertailuun myös hieman laajemman näkökulman autohallista, joten tutkin myös laajempaa kuvakulmaa mallista. Kuva 14 sisältää suuren osan autohallin suunnitelluista asennuksista, joista moni kohta on käyty edellä jo läpi. Ilmanvaihtokanavat näyttävät sijaitsevan enimmäkseen suunnitellun mukaisesti. Tarkemmin kuvaa tarkasteltaessa pistää nopeasti kuitenkin silmään merkittävä seikka yhdistelmämallin puolella. Ilmeisesti yhdistelmämalliin ei ole sovitettu rakennemallin sisältöä, koska esimerkiksi kattoa kannattelevat kattoristikot puuttuvat mallista täysin. Pilareita tutkiessani huomaan niiden olevan ainoastaan arkkitehtimallin pilareita. Pilarit ovat oikeilla paikoilla mutta rakennemallin osat ja sisältö vaikuttavat puuttuvan. Voi olla, että rakennemalli on tietoisestikin jätetty pois yhdistelmämallista mutta odotin rakenteidenkin löytyvän yhdistelmämallista.



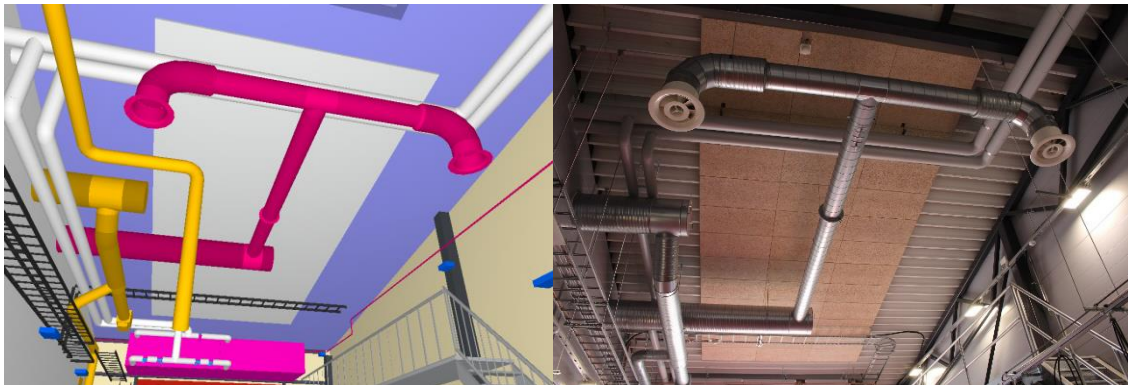
Kuva 14. Mallinäkömä ja valokuva autohallin rakenteista ja asennuksista

Autonpesuhallin puolelta tarkastelin joitakin varusteita ja asennuksia. Tietomallin puolelta kuvan 15 mallinäkömässä näkyy sininen laatikko, jonka tiedoksi mallissa annetaan paineilmakela. Lisäksi kuvasta näkyy lattialämmityksen putkistot ja jakotukkikaappi. Autonpesuhallin perimmäiseen kulmaan on suunniteltu vesipiste. Valokuva edellä mainitusta asennuksista osoittaa, että malli näyttäisi näiltä osin vastaavan toteumaa. Valokuvassa vesipiste rajautuu kuvan ulkopuolelle, mutta se on kuitenkin toteutettu.



Kuva 15. Mallinäkömä ja valokuva autonpesuhallin perältä

Kuvassa 16 verrataan autonpesuhallin kattorakenteita. Kuvassa näkyy katossa kulkevat ilmanvaihtokanavat yhdistelmämallista ja valokuvana. Mallin ilmanvaihtokanavat ja toteuma ovat silmämääräisesti yhteneväiset. Mallinäkyvästä poikkeamana valokuvaan verrattuna on mallissa keltaisena näkyvä kanava, joka laskeutuu alas ja loppuu ilmaan, jota valokuvassa ei näy. Kuvan 17 mallinäkyvästä nähdään jäykistysristikon ja kantavien rakenteiden puuttuminen yhdistelmämallista.



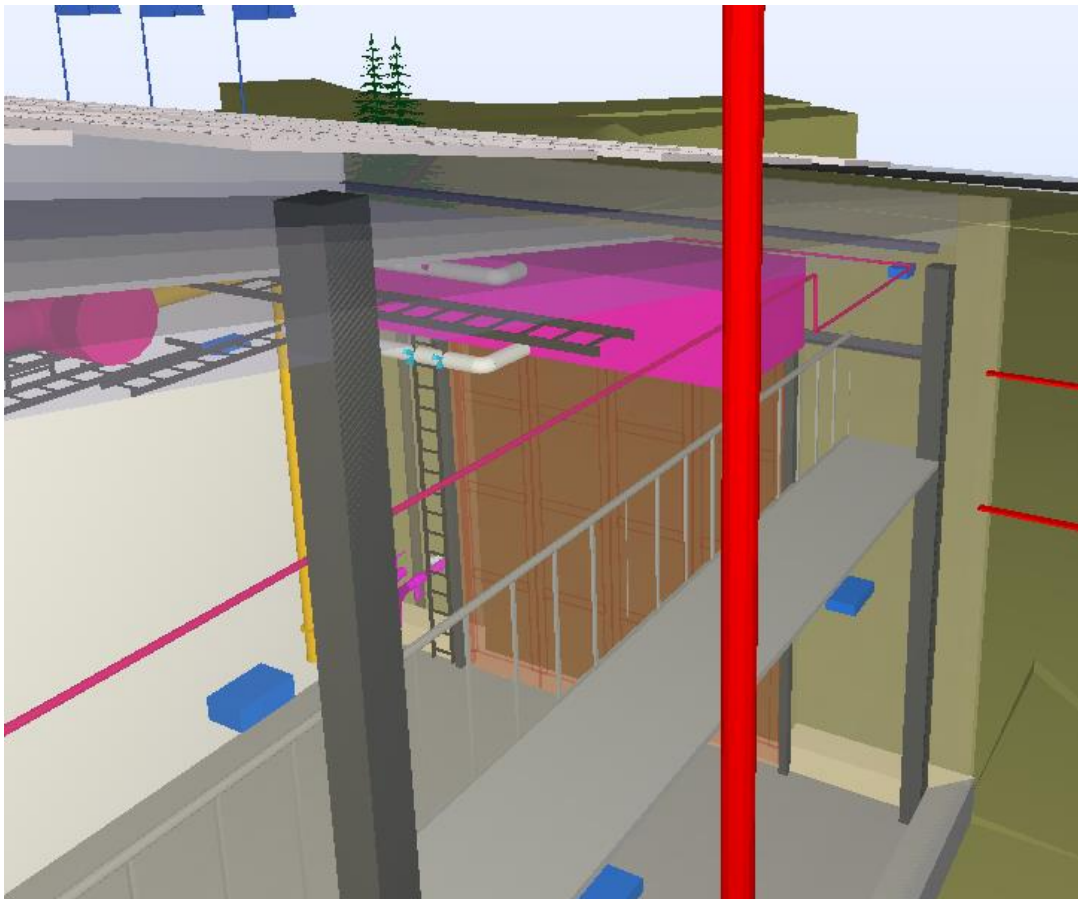
Kuva 16. Autonpesuhallin kattorakenteet ja ilmanvaihtokanavat



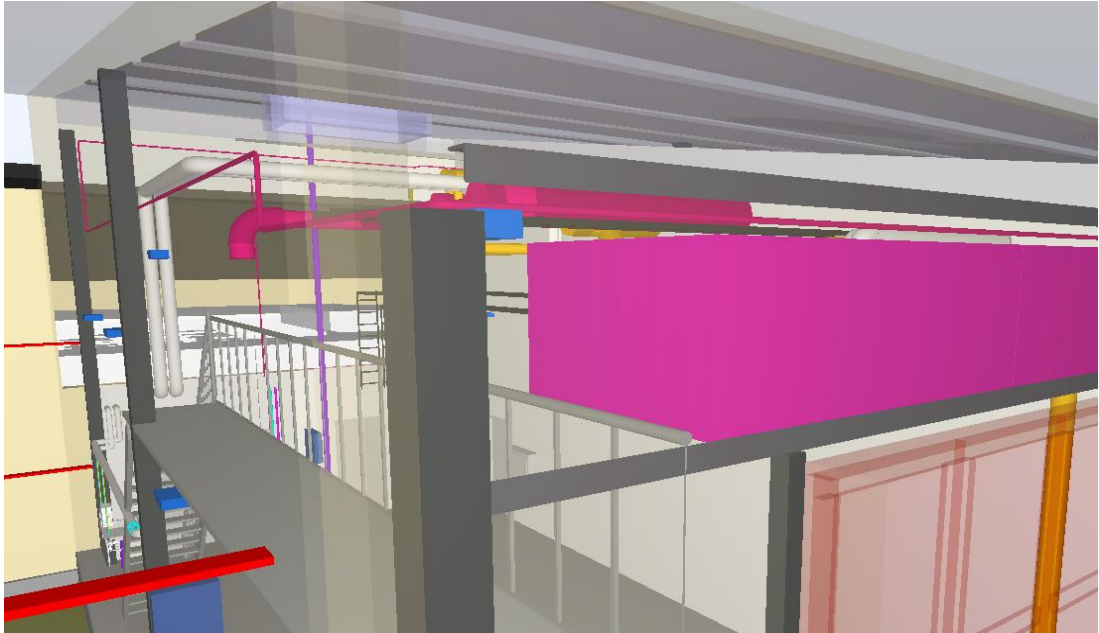
Kuva 17. Valokuva autonpesuhallin seinärakenteista

Yhdistelmämallista puuttuu rakennesuunnittelun kantavat rakenteet, jotka ovat pääasiassa teräsrakenteisia. Autonpesuhallin ylittävät putkipalkit puuttuvat yhdistelmämallista kokonaan ja samoin kattoa kannattavat teräsristikot. Tarkemmin ra-

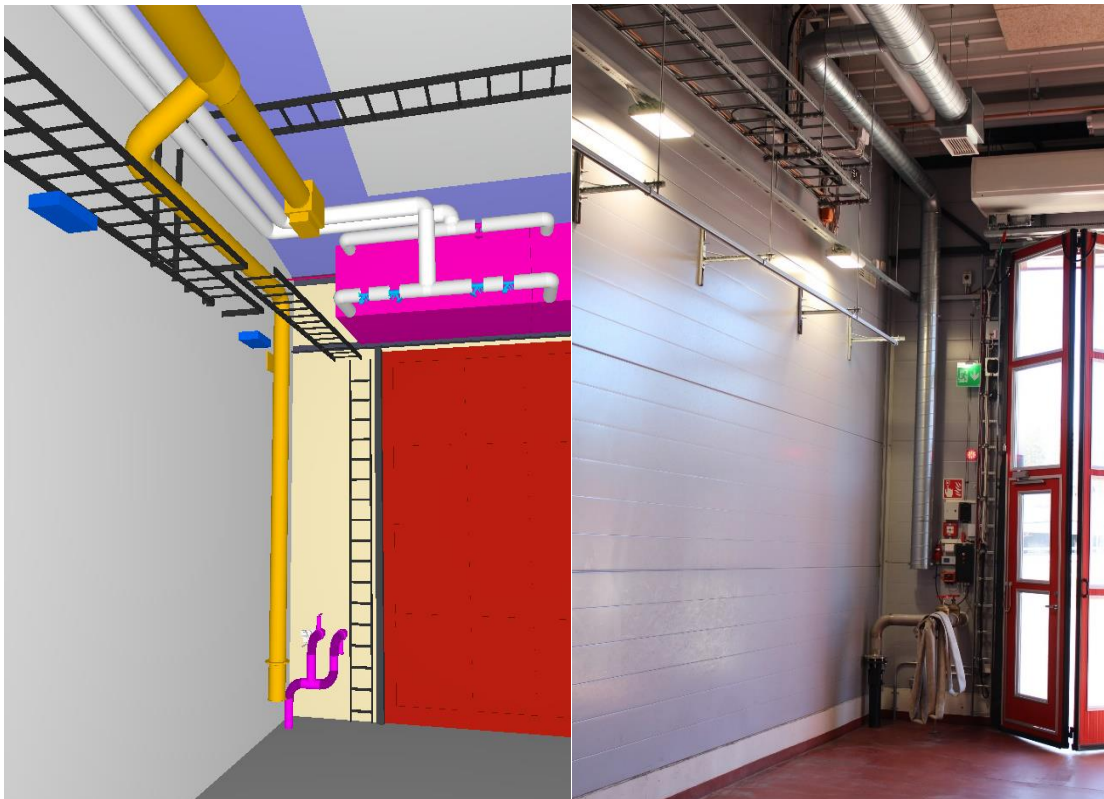
kennemallin sisältöä ja paikkansapitävyyttä tutkitaan hieman myöhemmin erikseen rakennemallista, koska ilmeisesti rakennemallia ei ole tähän yhdistelmämalliin sovitettu. Kuvassa 18 havainnollistuu hyvin, kuinka laajasti kantavat rakenteet näkyvät yhdistelmämallissa. Kuvan näkymä on rakennuksen autohallin puoleisesta päädyistä. Mallin rakenteet ovat kuitenkin ilmeisesti edelleen vain arkkitehtimallin sisältöä ainakin mallista saatavan suunnittelualatiedon mukaan. Kuvassa mallin seinä ja katto näkyvät läpinäkyvänä rakenteiden erottamisen helpottamiseksi. Pilarit on mallinnettu kattorakenteisiin saakka, mutta muuten kattorakenteita, kuten kattoristikoa, ei näy lainkaan yhdistelmämallissa. Kuva 19 on mallinäkymä autonpesuhallin kohdalta sisäänmenon puolelta katsottuna. Kuva 20 havainnollistaa autonpesuhallin sisäänkäynnin viereisten LVIS-asennusten suunnitelmien vastaavuutta toteutukseen. Pääsääntöisesti malli mukailee toteutettua hyvin mutta ei vastaa toteumaa täysin.



Kuva 18. Läpinäkyvä näkymä yhdistelmämallista, jossa näkyvät rakennuksen autonpesuhallin puoleisen päädyn mallinnetut kantavat rakenteet.

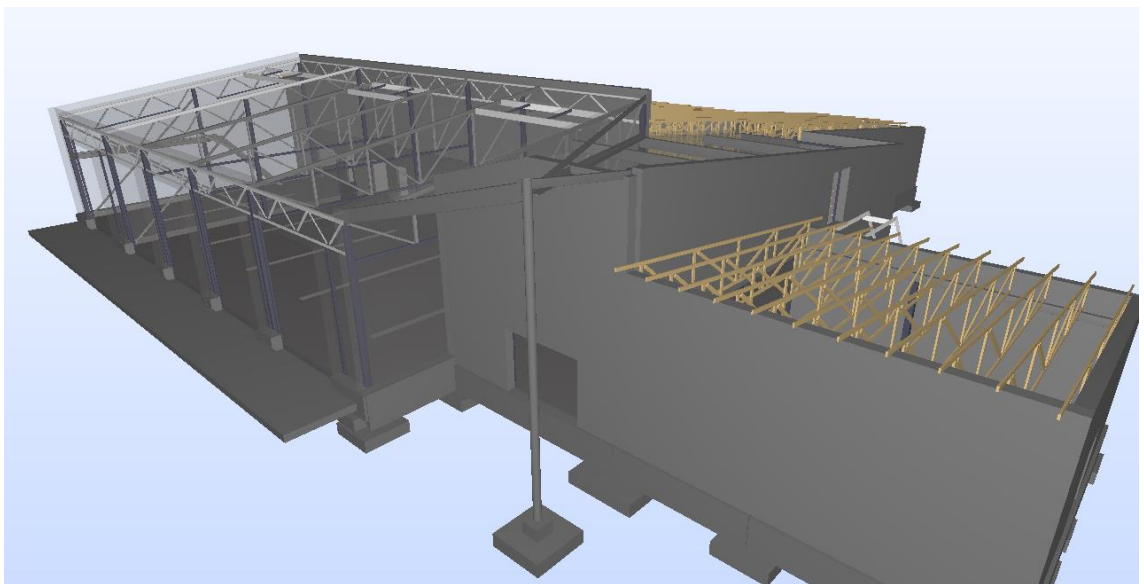


Kuva 19. Yhdistelmämallista puuttuu rakennesuunnittelun rakenteet.



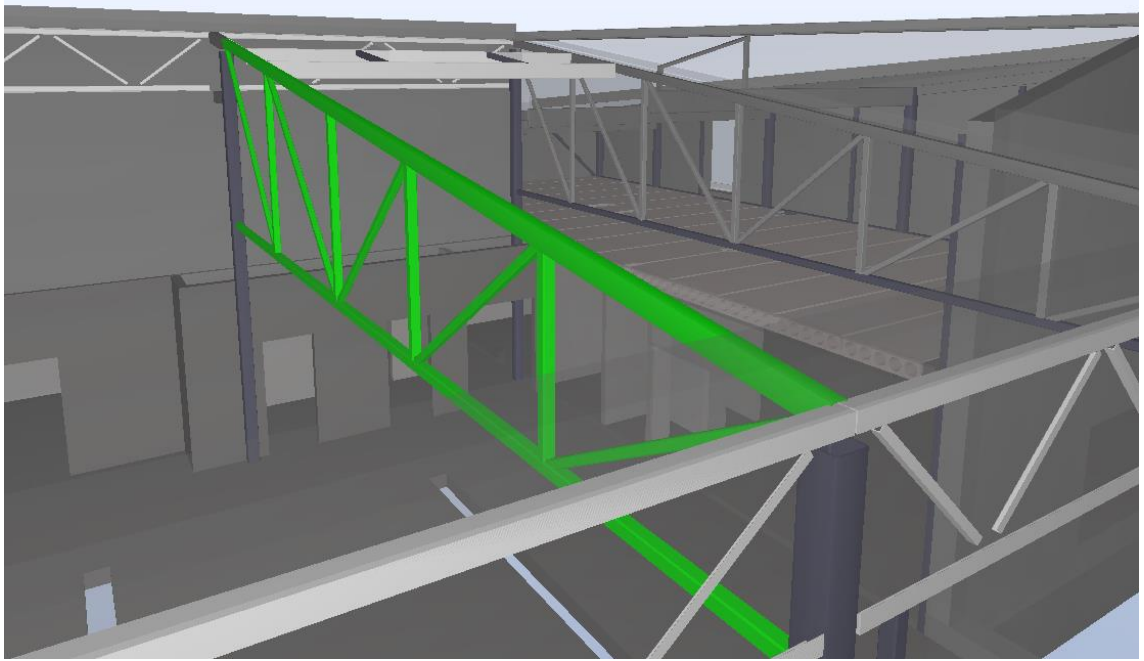
Kuva 20. Autonpesuhallin sisäänkäynnin viereiset talotekniset asennukset

Tähän vaiheeseen otan tarkastelun kohteeksi rakennemallin, jotta selviää, kuinka rakenteet ovat mallinnettu ja onko rakenteet suunniteltu kohteessa tietomalliin. Tarkastelen rakennemallia lyhyesti yleisesti ja esitän joitakin huomioita muutamista yksityiskohdista. Kokonaisvaltaisesti rakennemallin sisältämä rakennesuunnittelu näkyy kuvassa 21 hyvin. Viimeisimmän projektipankista löytyvän yhdistelmämallin puuttuvat rakenteet löytyvät mallinnettuna erillisestä rakennemallista. Esimerkiksi puuttuvat kattoristikot on suunniteltu rakennemalliin, mutta ne puuttuivat yhdistelmämallista. Teräsrakenteista kannatinristikkoa on kuvattu lähemmin IFC-rakennemallista kuvassa 22, jossa yksittäinen valittu ristikko näkyy kuvassa vihreänä.



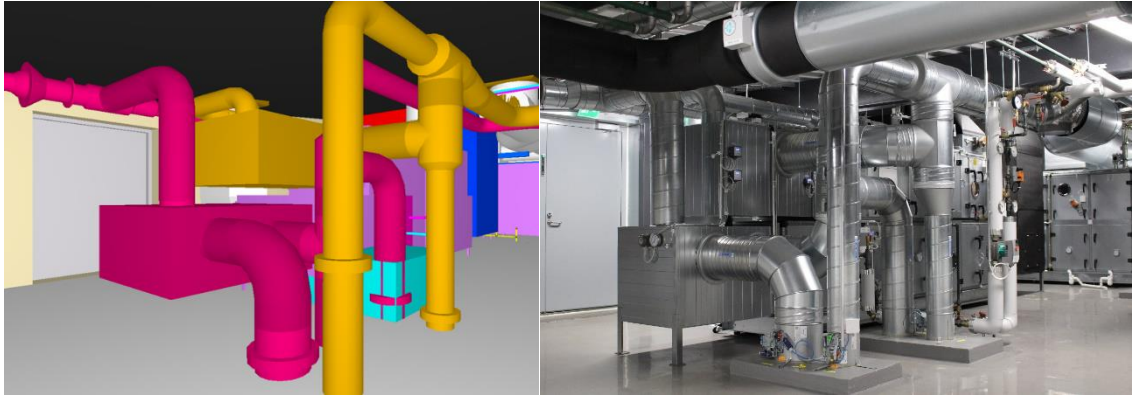
Kuva 21. Mallinäkömä rakennesuunnittelun IFC-mallista

Osittain teräsosien ja muiden rakenteiden liitokset eivät selviä tietomallista, vaan teräsosat päättyvät ennen liitoskohtia. Liitososat ja liitokset on voitu jättää mallista pois IFC-tiedostoa luotaessa. Tarkemmin mallin perusteella liitoksiin ei voi ottaa kantaa, eikä mallien yhteydessä ole tietomalliselostuksia, joista selviäisi mallien tarkempi sisältö ja mallintamismenettelyt.

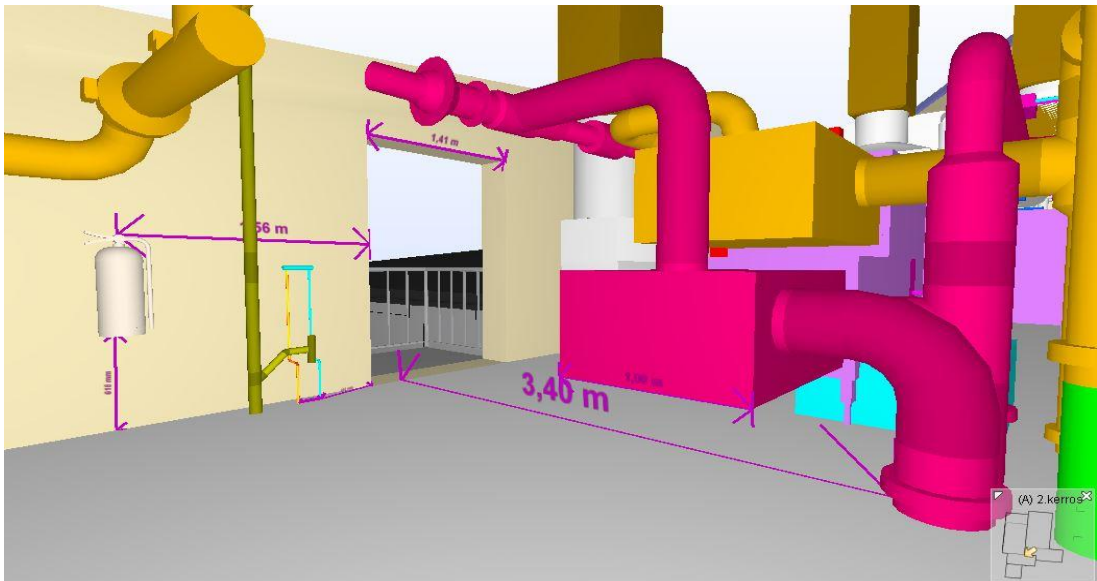


Kuva 22. Näkymä IFC-rakennemallin kattorakenteista

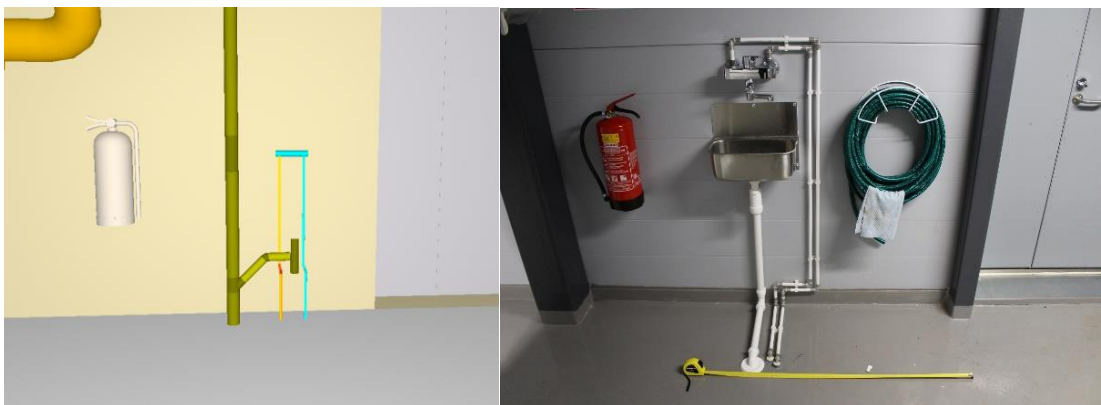
Viimeiseksi tarkastelun kohteeksi valitsin esimerkkikohteen IV-konehuoneen. Pääsääntöisesti tarkastelu IV-konehuoneen osalta on visuaalista vertailua valokuvien ja mallinäkymien avulla, mutta muutamia pistotarkastuksia teen myös mittamaailmaan vertaamalla joitakin mallista poimittuja mittoja todellisiin paikanpäällä tehtäviin mittatarkistuksiin. Kuvasta 23 nähdään, kuinka hyvin konehuoneen putkitukset vastaavat toisiaan yhdistelmämallin ja toteuman välillä. Koneet ja putkikanavat ovat jokseenkin yhtenevät. Ilmanvaihtoputkien halkaisijat pitävät paikkansa mallinnettuun verrattuna niiltä osin, joista suoritin mittatarkistuksen. Kuvasta 24 nähdään havainnollisesti joitakin kohtia, joista olen mittatarkistuksia suorittanut mallin ja toteuman välillä. Laatan läpiviennit ja rakenteiden aukkomitat vastaavat mallissa toteutunutta hyvin. Poikkeuksena kuvan 25 vesipisteen läpiviennit laatussa, jotka jostain syystä ovat hieman poikkeavat tietomallin ja toteutuneen välillä. Mallinäkyessä viemäriputkesta nousee katolle jokin tuuletusputki, jota ei todellisuudessa ole.



Kuva 23. IV-konehuoneen asennuksia

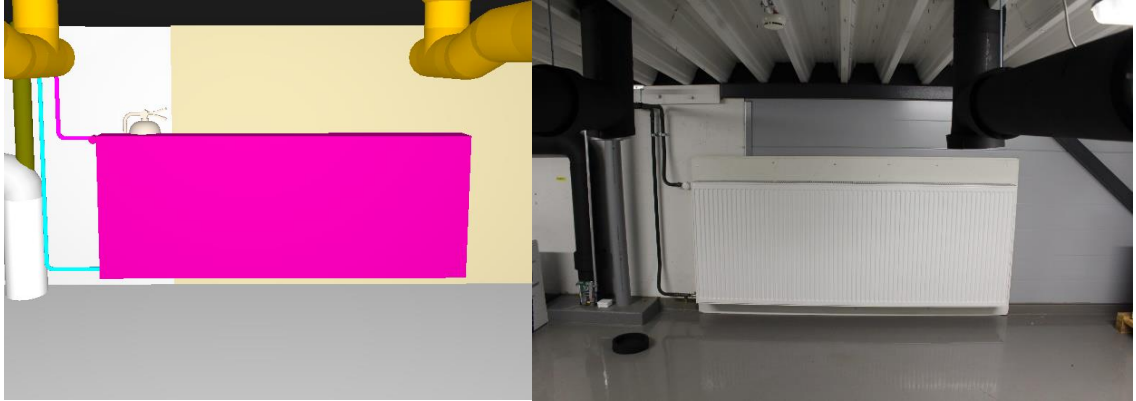


Kuva 24. Yhdistelmämallista poimittuja tarkistusmittoja



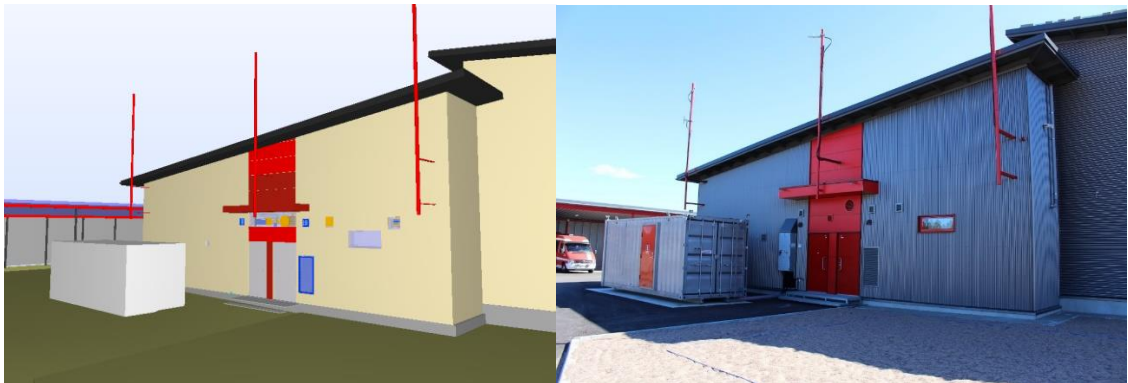
Kuva 25. IV-konehuoneen vesipiste

IV-konehuoneen lämpöpatterit olivat mitoiltaan täysin yhteneväiset mallin ja toteuman välillä. Kuvan 26 epäkohtana tietomallissa näkyy lämpöpatterin kanssa päällekkäin sijoitettu jauhesammutin. Paikan päällä jauhesammutinta ei ole huoneessa kyseisellä seinustalla.



Kuva 26. IV-konehuoneen lämpöpatteri

Kuva 27 on paloasemasta ulkoapäin mallinäkömänä ja valokuvana.



Kuva 27. Valokuva paloaseman päätyseinustalta

Arkkitehtimallissa ikkunoiden ja ovien tarkkuustasoksi ylläpitovaiheeseen oli vaadittu kohteessa yleisten tietomallivaatimusten osan 3. *Arkkitehtisuunnittelu* mukaisesti taso 3, jolloin ominaisuustietoa pitäisi olla melko tarkasti ja kattavasti löytyä mallista. Tarkastin joitakin yksittäisiä ovia ja ikkunoita kohteen yhdistelmämallista. Malliobjekteista löytyi mitta- ja korkotietoa ja joidenkin ovien ja ikkunoiden tietoihin oli merkittynä desibeli- ja jopa paloluokituksiakin. Tietojen oikeellisuuteen

en ota tässä opinnäytetyössä kantaa, mutta malliin on kuitenkin laadittu vaatimusten mukaista täsmentävää ominaisuustietoa.

8 Näkemyksiä ja kehitysajatuksia

Suunnittelutarjouspyynnössä määritetään vaaditut tiedot mahdollisimman tarkasti, jotta saadaan mahdollisimman hyvä tarjous. Tarjouspyyntöasiakirjoiksi liitetään eri toimijoiden uusimmat tehtäväluettelot: ARK12, RAK12, TATE12, PS12 ja Tietomallikoordinaattorin tehtäväluettelo. Muita mukaan liitettäviä asiakirjoja ovat kohteen lähtötiedot, olemassa olevat ARK-suunnitelmat ja muut kohdetta koskevat tarpeelliset tiedot.

Tietomallipohjaisen suunnittelun tarjouspyynnössä määritetään, että kohde suunnitellaan tietomallintamalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suunnitteluun kuuluvat piirustukset pitäisi myös tuottaa mallista eikä erikseen piirrettävistä cad-kuvista. Piirustuksiin saadaan liitettyä mallista suoraan oikeita määräluetteloita ja muita ominaisuustietoja, joita ei tarvitse erikseen käydä kaikkiin kuviin laatimaan. Tällöin ei myöskään tarvitse tehdä viivapiirtona samaa työtä, joka on jo suunniteltu tietomalliin. Tarjouspyynnössä rakennesuunnittelulta edellytetään Yleisten tietomallivaatimusten YTV2012 lisäksi elementtisuunnittelun mallinnusohjeen BEC2012 noudattamista. Näiden vaatimusten avulla rakennesuunnittelu toteutetaan laadukkaasti mallintamalla yhteisesti sovituilla pelisäännöillä.

Elementtisuunnittelun mallinnusohje BEC2012 on betonielementtiteollisuuden, rakennesuunnittelijoiden ja Trimblen eli Teklan yhdessä laatima ohjeistus elementtisuunnitteluun (Talvitie 2016, 22). Elementtisuunnittelu.fi-verkkosivuilta löytyy tietomallisuunnitteluun Teklalla tuotettuja selkeitä mallipiirustuksia, jotka helpottavat suunnittelutyötä ja helpottaa laadunvarmistusta suunnittelun aikana. Näiden ohjeiden tehokas käyttö edellyttää rakennesuunnittelijoilta Tekla Structures-ohjelmiston käyttöä tietomallipohjaisessa rakennesuunnittelussa. On myös mahdollista käyttää muita mallinnusohjelmia, mutta elementtisuunnittelun mallinnusohje suosii eniten Tekla Structures ohjelmiston käyttöä rakennesuunnittelun apuvälineenä. BEC2012-ohjeessa neuvotaan mallintamaan tietomalli oikein ja se ohjaa tuottamaan tietomalliin oikean sisällön ja tietoja, kuten määräluetteloita, jotka ovat yleisesti hyödynnettävissä.

Omien suunnittelukokemuksieni perusteella suosin rakenne- ja elementtisuunnittelussa Teklan käyttöä mallinnusohjelmalla ja toivon, että sen käyttö lisääntyy enemmän tulevaisuudessa mallintamisen työkaluna. Tällä varmistetaan, että kehitys, ohjeet ja osaaminen tukevat toisiaan mahdollisimman tehokkaasti. Openbim-ajattelumalli antaa kuitenkin mahdollisuuden käyttää mitä tahansa hyvin mallintamiseen sopivaa ohjelmistoa, josta saadaan tuotettua mallit yleiseen IFC-tiedonsiirtoon sopiviksi malleiksi, jolloin tietomallit ovat luettavissa eri lukuohjelmilla.

Jotta tietomallit eivät palvelisi ainoastaan eri suunnittelualojen omia tarpeita, olisi tarpeellista selventää, mihin käyttötarkoitukseen mallia on tarkoitus rakennuksen elinkaaren aikana käyttää ja millaisia mahdollisuuksia malli antaa ylläpidon tarpeisiin. Tällöin on helpompi asettaa ja rajata mallinnuksen laajuus ja tarkkuus, jotta mallit olisivat helposti ylläpidon ja huollon käytettävissä. Selkeillä tavoitteilla saadaan myös rajattua paljon turhaa työtä pois, ettei täysin sokeasti vaadita mallinnettavaksi asioita, joista ei ole myöhemmin käytännön hyötyä rakennuksen elinkaaren aikana. Erityisesti korjausrakennushankkeissa tulisi selkeästi rajata mallinnettavaksi hankkeen kannalta oleelliset asiat. Hanketta hidastavat helposti pienet mallien väliset ristiriitaisuudet, kun eri suunnittelualojen mallit eivät ole tarkistusohjelman mukaan yhteneväiset. Usein virheet voivat johtua esimerkiksi siitä, että olemassa olevan rakennuksen piirustukset eivät vastaa täysin olemassa olevia rakenteita tai ne ovat puutteelliset. Tällaisessa tilanteessa inventointimallin merkitys on tärkeä, ja inventointimallin oikeellisuuteen ja perinpohjaiseen tarkistukseen tulisi asettaa suuri painoarvo, koska inventointimallin olisi toimittava perustana muulle suunnittelulle. Suunnittelu myöhemmässä vaiheessa sidotaan inventointimalliin. Kun inventointimalli vastaa riittävällä tarkkuudella olemassa olevia rakenteita, muut suunnittelijat voivat toteuttaa suunnittelun yhtenäisesti inventointimallin pohjalta, eikä eri osapuolien tarvitse tehdä omia mittatulkintoja olemassa olevista rakenteista ja piirustuksista.

Toteumamallin luotettavan laatimisen kannalta on tärkeää laatia riittävällä laajuudella eri osapuolien tehtävät, velvollisuudet ja vastuut. Tähän apuna ovat erilaiset tehtäväluettelot, joita tulee käyttää mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman suurella laajuudella. Tehtäväluettelot auttavat laadunvarmistuksessa ja eri tehtävien suorittamisen valvonnasta voitaisiin tehdä pöytäkirja, josta selviää, että on

tarkistettu, että tehtävät on tehty sovitulla tavalla. Useissa tapauksissa on tehty havaintoja, että tietomallikoordinaattorin tehtävässä olisi parempi toimia ulkopuolinen henkilö, jolloin mallien tarkastelu olisi objektiivisempää ja tietomallikoordinaattori voisi keskittyä yksinomaan tietomallikoordinaattorille määritettyjen tehtävien suorittamiseen. Suunnittelijoiden toimesta määräjain toteutettavasta mallien tarkastuksesta voitaisiin vaatia tarkastuslomakkeiden kirjallista laatimista tietomallien päivityksen ja tietomalliselostuksen päivityksen yhteydessä. Suunnittelualakohtaiset mallien tarkastuslomakepohjat löytyvät yleisten tietomallivaatimusten osan 6. *Laadunvarmistus* lopusta.

Haasteena toteumamallin luotettavalle laatimiselle on usein työmaan omatoimisuus. On tärkeää varmistaa, että urakoitsija todella kirjaa muutostyöt ja poikkeamat ja toimittaa ne toteumamallin laatimista varten suunnittelijoille sovitulla tavalla. Mikäli suunnitelmat ovat osittain puutteelliset tai suunnitelmissa on jokin virhe, ratkaistaan ongelma usein työmaalla poikkeavin asennuksin eikä odoteta tai pyydetä korjattua suunnitelmaa suunnittelijalta, jolloin tietomalli ei vastaa toteutunutta ja tietomallin merkitys ylläpidon kannalta heikkenee. Rakentamisvaiheen tehtävien osalta tulee selkeästi määrittellä, kenen toimesta rakentamisen aikaisen muutokset päivitetään malliin ja kuka täydentää tilaajan hankkimien laitteiden tiedot malliin. Mikäli malli ei vastaa täysin toteutunutta, on tietomallia haastavaa lähteä tarjoamaan ylläpidon työkaluksi. Ylläpidon kannalta olisi eduksi tietää jo ennen rakennushankkeen käynnistämistä, kuka vastaa rakennuksen ylläpidosta ja huoltamisesta käytön aikana. Tällöin ylläpidon tarpeita ja toiveita mallin hyödyntämiseksi ylläpidon aikana voitaisiin kuulla etukäteen ja mallit voitaisiin saattaa paremmin palvelemaan ylläpidon tarpeita. Hankkeeseen ryhtyessä tulee selvittää ylläpidon kannalta selkeästi ylläpitoa palvelevat tiedot, joita mallista tarvitaan ylläpitoon huolto-ohjeiden ja huoltoajankohtien lisäksi, jotta oikea tarkkuustaso mallintamiselle voidaan määrittellä. Tällaisia tietoja ovat muun muassa erilaiset ominaisuustiedot esimerkiksi ovissa ja ikkunoissa. Lisäksi rakenteiden pintamateriaalitiedot olisi hyvä selvittää mallissa, jotta tietoa voidaan hyödyntää ylläpidon aikaisessa huolto-, korjaus-, ja siivoustöiden suunnittelussa. Eräs ajatus esimerkiksi huonekorttitiedon ja vastaavien tarvittavien dokumenttitietojen sisällyttämiseen toteumamalliin ylläpidon tarpeita ajatellen on linkittää tietomallin rakeneosiin linkit, josta pääsee erilliseen dokumenttiarkistoon, esimerkiksi katsomaan

huonekorttia. Tällöin tietomallin kokoa saadaan pidettyä kohtuullisena, eikä mallista tule kohtuuttoman raskasta.

Usein malleista häviää paljon suunnittelun aikaista tietoa muunnettaessa natiivimalleja IFC-muotoiseksi yleiseen tiedonsiirtoon soveltuviksi malleiksi. IFC-mallista karsitaan usein tietoisestikin kokoa merkittävästi kasvattavia osia, kuten liitososat ja raudoitukset. Toteuma-aineistoon voisi olla hyödyllistä lisätä lisäksi erillinen rakennemalli raudoituksineen. Tällaisesta mallista voi olla hyötyä, mikäli myöhemmin korjausrakentamisen yhteydessä tarvitsee esimerkiksi lisätä reikiä seinään.

9 Yhteenveto ja pohdinta

Projektin alussa työn tavoitteena oli kartoittaa esimerkkikohteen avulla mallintamisen nykytilanne toteumamallin osalta ja laatia ohjeistusta rakennushankkeiden suunnitteluun niin, että toteumamallin muodostaminen saataisiin varmistettua luotettavammin jatkossa. Työn edetessä saatiin selvennettyä eri osapuolien rooleja rakennushankkeessa ja korostettua merkittävät tehtävät, vastuut ja velvollisuudet hankkeiden läpiviemiseksi onnistuneesti. Työn ohella pohdittiin kehitysideoita ja toimintatapoja, joilla suunnittelu toteutuu seurattavammin ja laadunvarmistus toteutuisi laadukkaasti.

Keskeinen havainto työn edetessä oli, että selkeää toimintamallia suunnitteluasiakirjojen päivittämiseen ja tallentamiseen eri osapuolien kesken ei ollut. Mallintaminen Lappeenrannan seudulla on vielä melko tuore asia ja toimintatapojen kehittämistä tapahtuu jatkuvasti uusien rakennuskohteiden myötä. Projektipankkia tulisi käyttää keskeisenä asiakirjojen tallennuspaikkana ja projektipankin päivittämiseen, ja asiakirjojen oikeellisuuden valvontaan tulisi kiinnittää huomiota jatkossa enemmän. Esimerkiksi projektitoimintaohjeessa voitaisiin määritellä mallien päivityspaikaksi projektipankki.

Tietomallien osalta tulee jatkossa varmistaa, että tietomalliselostukset kaikkien mallien päivittämisen yhteydessä laaditaan ja että ne vastaavat sen hetkisen

mallin sisältöä. Tietomalliselostuksesta voi helposti tarkastaa mallin käyttötarkoituksen ja ajantasaiset muutostiedot, lisäksi siitä pitäisi selvittää mallin sen hetkinen tarkkuustaso.

Projektipankin osalta keskeiseksi kysymykseksi muodostui, tarkistetaanko projektipankin sisältö valmistumisen jälkeen kaikkien osapuolien kesken. Projektipankista pitäisi tarkistuksen yhteydessä löytyä kaikkien suunnittelualojen viimeisimmät oikeat mallit ja oikeat malleja vastaavat tietomalliselostukset. Hyvänä periaatteena voisi olla, että luovutusmateriaali otetaan projektin valmistuttua projektipankista. Projektipankki päivitettyinä on toteuma-aineisto.

Tietomallin hyötyjä ylläpidon kannalta ei tunneta vielä kovin laajasti, mikä osaltaan on haasteena toteumamallin tietosisällön määrittelyssä. Mallin hyödyt tulisi tunnistaa asiakkaan, loppukäyttäjän ja ylläpidon kannalta. Mallien päivittämiseen käytön aikana tulisi kehittää sopimuskäytäntö, jotta malleja saataisiin päivitettyä käytön aikana ja samalla malliversiot voitaisiin päivittää ajantasaisimman malliversion mukaiseksi, jotta malliversio ei vanhenisi ja olisi koko elinkaaren ajan käytettävissä.

Jatkoa ajatellen Lappeenrannan kaupungin olisi hyvä laatia omat erilliset omia tarpeita mahdollisimman hyvin vastaavat Yleisiin tietomallivaatimuksiin YTV2012 pohjautuvat tietomallivaatimukset, joita voidaan päivittää ja kehittää jatkossa paremmaksi. Vaikka parasta tulosta ja laadunvarmistusta tietomallien avulla ei heti saavutetakaan, niin osapuolien sitouttaminen tietomallin käyttöön kehittää tietoa, taitoa ja ymmärrystä, mikä tuottaa jatkossa laadukasta suunnittelua, rakentamista ja laadukkaita rakennuksia.

Kuvat

- Kuva 1. Sähköpääkeskuksen laitteita yhdistelmämallissa ja valokuvana 27
- Kuva 2. Ilmanvaihtokanavan pääte-elin yhdistelmämallissa ja valokuva toteutuneesta asennuksesta 27
- Kuva 3. Ilmanvaihdon putkistokanavat väestönsuoja-/ kuntosalitilassa. 28
- Kuva 4. Ilmanvaihdon pääte-elin yhdistelmämallissa ja valokuva toteutuksesta 28
- Kuva 5. Siivouskomeron pesukoneet 29
- Kuva 6. Siivouskomeron katossa kulkevat putkivedot yhdistelmämallissa 29
- Kuva 7. Siivouskomeron allasnurkkaus 30
- Kuva 8. Kylpyhuoneen suihkutila, kattovalaisimet ja seinäripustuskoukut 30
- Kuva 9. Yhdistelmämallinäkyvä ja valokuva autohallin peräkulmauksesta 31
- Kuva 10. Vertailukuva hallin peräseinältä viimeisimmässä yhdistelmämallissa ja valokuvana 31
- Kuva 11. Sähköasennuksille on jonkinlaiset tilavaraukset mallissa. 32
- Kuva 12. Autohallin vesipiste varusteluineen 33
- Kuva 13. Ilmanvaihtokanavien todellinen kulku 34
- Kuva 14. Mallinäkyvä ja valokuva autohallin rakenteista ja asennuksista 35
- Kuva 15. Mallinäkyvä ja valokuva autonpesuhallin perältä 35
- Kuva 16. Autonpesuhallin kattorakenteet ja ilmanvaihtokanavat 36
- Kuva 17. Valokuva autonpesuhallin seinärakenteista 36
- Kuva 18. Läpinäkyvä näkyvä yhdistelmämallista, jossa näkyvät rakennuksen autonpesuhallin puoleisen päädyn mallinnetut kantavat rakenteet. 37
- Kuva 19. Yhdistelmämallista puuttuu rakennesuunnittelun rakenteet. 38
- Kuva 20. Autonpesuhallin sisäänkäynnin viereiset talotekniset asennukset 38
- Kuva 21. Mallinäkyvä rakennesuunnittelun IFC-mallista 39
- Kuva 22. Näkyvä IFC-rakennemallin kattorakenteista 40
- Kuva 23. IV-konehuoneen asennuksia 41
- Kuva 24. Yhdistelmämallista poimittuja tarkistusmittoja 41
- Kuva 25. IV-konehuoneen vesipiste 41
- Kuva 26. IV-konehuoneen lämpöpatteri 42
- Kuva 27. Valokuva paloaseman päätyseinustalta 42

Lähteet

Halmetoja, E. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Senaatti-kiinteistöt. https://www.senaatti.fi/filebank/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf. Luettu 11.5.2017.

RT 10-10992, Tietomallinnettava rakennushanke. 2010. Ohjeita rakennuttajalle. Luettu 12.12.2017

Savolainen, M. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Mitä pitää tietää/tehdä, kun halutaan tietomallit ylläpidon käyttöön? Helsinki. https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2016/130416_tietomallit-yllapidossa_mika-savolainen-granlund-oy.pdf. Luettu 8.5.2017.

Suunnitteluohjelma 2016. Roihupellon kampus. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kv/Suunnitteluohjelma.pdf>. Luettu 19.12.2017

Talvitie, P. 2016. Tietomallipohjaisen rakennesuunnittelun tilaaminen. http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2016/130416_tietomallipohjaisen-rakennesuunnittelun-tilaaminen_petri-talvitie-a-insinoorit.pdf. Luettu 8.5.2017

Talvitie, P. 2016. Tietomallin laadunvarmistus. http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2016/130416_tietomallin-laadunvarmistus_petri-talvitie-a-insinoorit.pdf. Luettu 10.5.2017.

Tampereen kaupunki, tilakeskus. 2016. Tietomalliohje suunnittelijoille. http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/BUblXKnNP/TRE_TIKE_-_tietomalliohje_suunnittelijoille.pdf. Luettu 10.12.2017.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf. Luettu 12.12.2017

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf. Luettu 12.12.2017

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_11_projektin_johtaminen.pdf. Luettu 12.12.2017

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf Luettu 12.12.2017

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Täydentävä liite. Osa 4. Talotekninen suunnittelu. Määrälaskennan prosessiohje. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_TATE_Prosessiohje.pdf. Luettu 14.1.2018.