

4D-mallinnus talotekniikan tuotannonohjauksen työkaluna

Krister Dahlgren

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	5860
Författare:	Krister Dahlgren
Arbetets namn:	4D-mallinnus talotekniikan tuotannonohjauksen työkaluna
Handledare (Arcada):	Kaj Karumaa
Handledare (Extern):	Harri Huhtamäki
Uppdragsgivare:	SRV Rakennus Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Byggnadsinformationsmodellering eller BIM, är en digital datormodell av byggnaden i 3D-format. Modellen innehåller information om material, som använts i byggnaden, fastighetens teknik samt teknikens egenskaper. Byggnadsinformationsmodeller har varit i bruk under en längre tid vid planeringar av fastighetstekniska lösningar samt vid visualisering av installationsordning och kollisionssgranskning av tekniken. Det är först nyligen som man förstått att den traditionella 3D-modellen kan även användas för andra ändamål. När en tidsaspekt kopplas till 3D-modellens objekt som en tidsplan, kan man tala om 4D-planering. 4D-modellen tillåter användaren att göra produktionsstyrning inom fastighetstekniken med nya metoder då användaren kan med hjälp av tidsplanen undersöka när och var någon specifik komponent skall vara installerad.</p> <p>Syftet med detta examensarbete var att undersöka och avgöra lämpligheten av tillgänglig programvara för 4D-modelleringsprocessen. Syftet var också att hitta rätt modelleringsprocess samt kartlägga 4D-modellernas möjligheter inom företagets fastighetstekniska produktionsstyrning. Målet med projektet var även att skapa en 4D-modell för produktionsstyrningen samt dokumentera processen som kunde fungera som en grund för framtida modelleringsprojekt. 4D-modelleringen i examensarbetet gjordes för Fiskehamnens centrum projektet REDI och arbetet gjordes som beställning för SRV Rakennus Oy.</p> <p>Baserat på detta examensarbete kan man som slutsats säga att den programvara som används i modelleringsprocessen visade potential och är värdiga verktyg för produktionsstyrningen som görs med hjälp av en 4D-modell. Det är dock värt att nämna att modellen kräver ytterligare utveckling för att kunna utföra produktionsstyrningen på ett smidigt sätt. De största utmaningarna med modellen var de stora mängderna objekt som modellen innehöll, som belastade programvaran och gjorde användbarheten svår. 4D-modellernas fördelar i byggbranschen kommer att bli större i framtiden då modelleringsprocessen och programvaran utvecklas.</p>	
Nyckelord:	4D, BIM, IFC, Byggnadsinformationsmodellering, Fastighetsteknik, Produktionsstyrning, SRV
Sidantal:	
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed energysystems
Identification number:	5860
Author:	Krister Dahlgren
Title:	4D-mallinnus talotekniikan tuotannonohjauksen työkaluna
Supervisor (Arcada):	Kaj Karumaa
Supervisor (External)	Harri Huhtamäki
Commissioned by:	SRV Rakennus Oy
<p>Abstract:</p> <p>Building information model, BIM is a digital computer model of the building in 3D format. The model includes information about the materials used, building systems components and their properties. The building information model has been in use for a long time in the planning phase of building system engineering and in the visualization of installation order. It has recently been understood that the traditional 3D model can be used for other purposes as well. When a time aspect is linked as a schedule to the 3D model it can be regarded as 4D planning. The 4D model allows the user to do building technology production management with new methods. The schedule that is linked to the objects enables the user to examine when specific components should be installed.</p> <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to determine the suitability of the available software for the 4D modelling process. The aim of the thesis was also to find the right modelling process as well as to map the 4D models possibilities for the company's building systems services production control. The goal of the project was to create a 4D-model for the building systems services that can be used as a basis for future modelling projects. The 4D modelling in the thesis was done for the Kalasatama Centre project REDI and the thesis was made for SRV Rakennus Oy.</p> <p>Based on this thesis it can be concluded that the software used in the modelling process showed potential and are worthy tools for the production control done with a 4D-model. However, the model still requires further development in order to control production using the 4D model. The main challenges related to the model were the large amounts of objects in the model that strain the program and resulted in poor usability. In the future the 4D models will be more beneficial for the construction industry, when the modelling process and the software develop.</p>	
Keywords:	4D, BIM, IFC, Building information modelling, Building System Services, Production management, SRV
Number of pages:	
Language:	Finnish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautetut energiajärjestelmät
Tunnistenumero:	5860
Tekijä:	Krister Dahlgren
Työn nimi:	4D-mallinnus talotekniikan tuotannonohjauksen työkaluna
Työn ohjaaja (Arcada):	Kaj Karumaa
Työn ohjaaja (SRV)	Harri Huhtamäki
Toimeksiantaja:	SRV Rakennus Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tietomalli on rakennuksen digitaalinen tietokonemalli 3D-muodossa joka sisältää rakentamiseen käytettyjä materiaaleja, talotekniikan komponentteja sekä niiden ominaisuuksia. Tietomalli on pitkään toiminut työkaluna talotekniikan suunnittelussa sekä asennusjärjestysten ja törmäystarkastelujen havainnollistamisessa. Vasta viime aikoina on alettu ymmärtämään, että perinteistä 3D-mallia voidaan käyttää myös muihin tarkoituksiin. Kun 3D-malliin ja sen objekteihin linkitetään hankkeen aikataulu, voidaan puhua 4D-suunnittelusta. 4D-malli mahdollistaa talotekniikan tuotannonohjauksen uusien menetelmien, kun päästään visuaalisesti tarkastelemaan aikataulu viivaimen avulla missä vaiheessa pitäisi olla mitään komponentteja asennettuna.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää käytettävissä olevien ohjelmistojen soveltuvuutta 4D-mallinnukselle talotekniikan tuotannonohjausta varten. Työn lähtökohtana oli selvittää oikeanlainen mallinnusprosessi sekä kartoittaa 4D-mallinnuksen mahdollisuuksia kohdeyrityksen talotekniikan tuotannonohjausta varten. Projektin aikana syntyvän mallin tarkoituksena oli toimia kohdeyrityksen mallinnusinformaationa tulevia projekteja varten. Opinnäytetyössä talotekniikan 4D-mallinnusta tehtiin Kalasataman keskuksen REDI projektia varten ja työ toteutettiin SRV Rakennus Oy:n talotekniikkayksikön toimeksiantona.</p> <p>Työn perusteella voidaan todeta että mallinnusprosessissa käytetyt ohjelmat osoittivat potentiaalia ja ovat vartenotettavia työkaluja talotekniikan tuotannonohjausta varten. 4D-malli vaatii kuitenkin vielä jatkokehitystä, jotta tuotannonohjaus mallia käyttäen saataisiin toimimaan sujuvammin. Suurimmat haasteet mallissa liittyivät mallin käytettävyyteen, kun sen sisältämät suuret objektimäärät kuormittivat ohjelmaa. Kun tietomallinnukseen käytetyt ohjelmat ja prosessit kehittyvät tulevat 4D-tietomallien hyödyt olemaan tulevaisuudessa suurempia.</p>	
Avainsanat:	4D, BIM, IFC, Tietomalli, Talotekniikka, Tuotannonohjaus, SRV
Sivumäärä:	
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	7
2	Tietomalli.....	9
2.1	Tietomalliselostus ja tietomallivaatimukset	11
2.2	Talotekniikan tietomallinnuksen vaiheet.....	13
2.2.1	<i>Ehdotus- ja yleissuunnittelu.....</i>	<i>14</i>
2.2.2	<i>Toteutussuunnittelu</i>	<i>14</i>
3	Aikataulusuunnittelu	16
3.1	Aikataulusuunnitteluun käytetyt tekniikat ja työkalut	17
4	4D-mallinnus	23
4.1	4D-mallinnuksen suunnitteluprosessit ja vaiheet	23
4.2	Käytettävät ohjelmistot	26
4.2.1	<i>Vico Office</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Schedule Planner</i>	<i>27</i>
4.2.3	<i>ArchiCAD.....</i>	<i>28</i>
4.2.4	<i>Simplebim.....</i>	<i>29</i>
4.3	4D-mallinnus tuotannonohjauksen ja asennussuunnittelun välineenä	31
5	Referenssikohde Kalasataman keskus kauppakeskus REDI	34
5.1	4D-mallin käyttökokemukset referenssihankkeessa	34
5.2	4D-mallinnuksen hyötyjä ja mahdollisuudet SRV Rakennus Oy:ssä	35
6	Johtopäätökset	37
	Lähdeluettelo	39
	Liitteet.....	41

Lyhenteet

BIM	Building Information Model, Rakennuksen tietomalli
CAD	Computer Aided Design
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti joka mahdollistaa tietomallien yhdistämistä eri tietomalliohjelmistojen välillä.
OBJEKTI	Tietomallissa esiintyvä komponentti, eli esine joka kuvaa jotain tiettyä rakennuksen tai talotekniikan osaa, esimerkiksi ivkanavaa. Objekti sisältää yleensä myös attribuuttitietoja kuten kanavan koko tai kanavan järjestelmä.
4D	3D-tietomalli mihin on linkitetty neljäntenä ulottuvuutena aikataulu. 4D-tietomalli on työkalu rakennusprosessin sekä tuotannonohjauksen visualisoimiseen.

Liitteet

Liite 1. Talotekniikan Vico Officen 4D-mallin luomisprosessi.

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön taustana oli selvittää käytettävissä olevien ohjelmistojen soveltuvuutta talotekniikan 4D-mallinnukselle sekä kartoittaa 4D-mallinnuksen mahdollisuuksia kohdeyrityksen asennussuunnittelun ja tuotannonohjauksen näkökulmasta. 4D-malli osana talotekniikan tuotannonohjausta on uusi toimintatapa, joka on kehitetty perinteisestä 3D-tietomallista.

Tietomalli on rakennuksen tai hankkeen digitaalinen tietokonemalli 3D-muodossa. Se sisältää rakentamiseen käytettyjä materiaaleja, talotekniikan komponentteja sekä niiden tuotetietoja ja korkotietoja. Tietomallia on pitkään käytetty talotekniikan suunnittelussa sekä suunnittelunohjauksessa. Tietomallia on myös käytetty työmaalla muun muassa asennusjärjestysten havainnollistamiseen ja tarkasteluun. Vasta viime aikoina on alettu ymmärtämään, että tietomallia voidaan käyttää myös muihin tarkoituksiin. Kun normaaliin 3D-tietomalliin linkitetään hankkeen aikataulu, voidaan puhua 4D-suunnittelusta- ja mallintamisesta. 4D-malli mahdollistaa aikaulottuvuuksien näyttämisen ja luo uusia työkaluja talotekniikan tuotannonohjaukselle, koska tietomallista pystytään visuaalisesti näkemään mitä talotekniikan komponentteja pitäisi olla missäkin vaiheessa asennettuna. 4D-tietomalliin voidaan myös hankkeen aikana viedä ajantasaisia toteumatietoja, millä saadaan työmaan tuotannonseuranta hallintaan. Toteumatietojen seuranta voidaan myös hyödyntää esimerkiksi urakoitsijakokouksissa ja toteutuneita toteumatietoja voidaan hyödyntää seuraavissa rakennushankkeissa.

Yritykset ovat alkaneet kehittämään 4D-mallinnusta, jotta esimerkiksi tuotannonohjausta työmaalla voitaisiin tehostaa. Perinteiset menetelmät, esimerkiksi aikataulu janakaavio muodossa yhdessä 3D-mallin kanssa eivät mahdollista tuotannonohjauksen seuraamista kovin selkeällä tavalla. 4D-malli antaa mahdollisuuden käyttäjälle päästä näkemään visuaalisesti tämän hetken työmaan toteumatilanne, sekä tutkimaan aikataulun ja toteutuneiden ja tulevien töiden välistä suhdetta. Työmaalla 4D-mallin käyttö on painotunut tähän päivään asti selvästi vielä rakennustöiden ohjaukseen, työmaiden turvallisuuden sekä runkovaiheen tuotannonohjaukseen. 4D-mallin käyttö talotekniikan tuotannonohjauksessa on vielä varsin uutta.

Insinöörityön lähtökohtana oli selvittää oikeanlainen suunnitteluprosessi ja dokumentoida 4D-mallinnuksen vaiheet. Insinöörityössä talotekniikan 4D-mallinnusta tehtiin Kalasataman keskuksen REDI projektia varten. Työn aikana selvitettiin erilaisten ohjelmistojen soveltuvuutta toimivan 4D-mallin tuottamiseksi. Lisäksi työn tärkeimpänä tavoitteena oli pyrkiä määrittelemään toimintatapa projektin aikana syntyneiden käyttökokeusten perusteella niin, että mallia voitaisiin käyttää tulevaisuudessa työmaan tuotannonohjauksessa. Opinnäytetyön ja työn aikana syntyvän 4D-mallin tarkoituksena on myös toimia yrityksen sisäisenä mallinnusinformaationa ja toimintaohjeena tuleville projekteille.

Opinnäytetyö toteutettiin SRV Rakennus Oy:n talotekniikkayksikön toimeksiantona. SRV Rakennus Oy on osa konsernia, jonka emoyhtiö on SRV Yhtiöt Oyj. Tämän opinnäytetyön referenssikohteena käytettiin Kalasataman keskuksen kauppakeskus REDIä. Kalasataman keskuksen kokonaisuuteen kuuluu kauppakeskus ja kahdeksan tornitaloa sekä pysäköintitilat 2000 autolle. Maanpäällisten kerrosten kerrosala on 169 495 m², maanalaisissa tiloissa sekä liiketiloissa on kerrosalaa 6875m² sekä lämmitettyjä ja katettuja yleisiä jalankulku- ja matkustuspalvelutilaa on 3350 m². (1.)

2 TIETOMALLI

Tietomallilla tarkoitetaan yleensä rakennuksen tuotemallia tai rakennuksen tuotetietomallia, (engl. Building Information Model, BIM). Tietomallilla kuvaillaan rakennusprosessin ja rakennuksen elinkaaren tietoja sekä kokonaisuutta. Näistä tiedoista syntyy kolmiulotteinen digitaalinen tietomalli itse rakennuksesta joka sisältää muun muassa tietoja rakentamiseen käytetyistä materiaaleista ja tuotteiden ominaisuuksista sekä komponenttien korkotietoja. Mallia käytetään pääsääntöisesti suunnittelua varten mutta on myös varsin hyödyllinen, rakentamista, törmäystarkastelua, asennussuunnittelua sekä tulevaisuuden huoltoa varten. Yhteenvedona tietomalli on digitaalinen tietokonemalli jonka tavoitteena on tuottaa hankkeen yhteinen integroitu tiedonhallinta (2). Tietomalli on erinomainen työkalu projektin havainnollistamiseen. Tietomallissa yhdistyy eri suunnittelualojen dwg piirustuksia, eli CAD tiedostoja, (engl. Computer-aided design). Nämä CAD tiedostot luodaan IFC tiedostoiksi, (engl. Industry Foundation Classes), jonka jälkeen ne yhdistetään ja keskenään muodostavat kokonaisuuden eli tietomallin.

Tietomalli tuo varmuuden sille että keskenään integroidut tiedostot ovat ristiriidattomia ja että niissä esitetyt komponentit eivät keskenään törmäile. Koska plaanikuvien ja eri leikkausten välillä voi aina olla ristiriitoja, tulee eri suunnittelualojen mallit yhteensovitaa. Tämä tapahtuu yhdistämällä kaikkien suunnittelijoiden osamallit yhdeksi yhdistelmämalliksi. Tietomallia voidaan tuottaa ja katsella eri suunnitteluohjelmilla ja tämän takia ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon tarvitaan yhteinen siirtomuoto. Talonrakennuksessa tähän tarkoitukseen on kehitetty IFC-formaatti. Rakennusten tietomallinnuksen päätavoitteita ovat siis suunnittelun ja rakentamisen laadun, turvallisuuden, tehokkuuden ja kestäväen kehityksen sekä elinkaari-prosessin tukeminen. (3, 2.)

Tietomallinnuksen etuna on, että tietomalli voidaan esittää eri ulottuvuuksissa. Tietomallin ulottuvuudet ovat

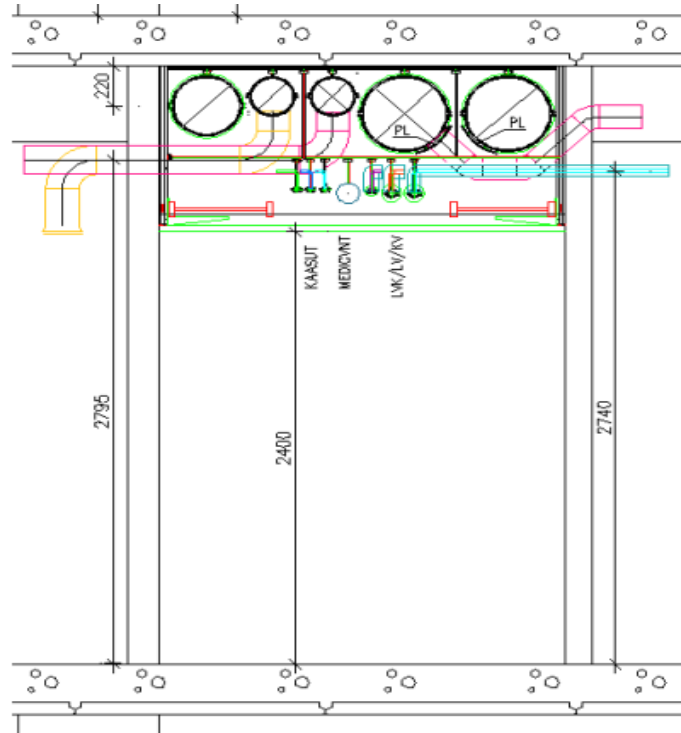
2D-malli (x, y): kuvat ja piirustukset

3D-malli (x, y, z): 3D-ulottuus virtuaalisesti

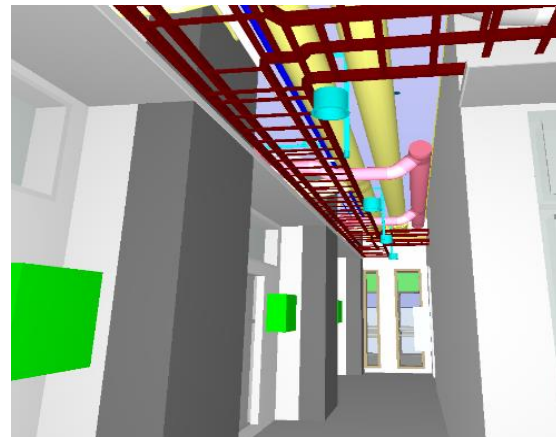
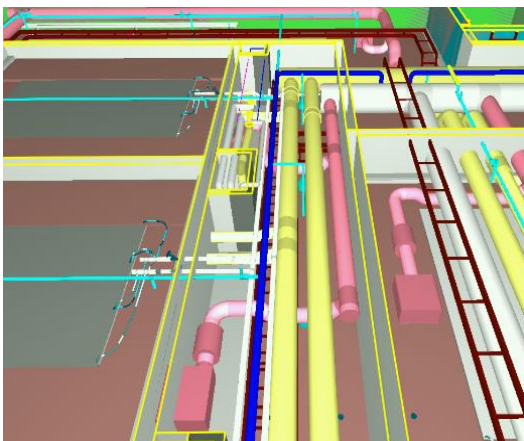
4D-malli (3D-malliin on tuotu aikataulu sekä komponenteille aikatiedot)

5D-malli (4D-malliin lisätty objekteille kustannustiedot) (4.)

Kuvassa 1 esitetään esimerkki 2D-leikkauskuvasta jonka perusteella voidaan tehdä 3D-mallinnus tietomalliohjelman. Kuvassa 2 kuvataan tietomalliohjelman Solibri Model Checkerin näkymä esimerkkialueen runkoverkostoista.



Kuva 1. Esimerkkikuva 2D-leikkauskuvasta, jonka perusteella tehdään alueen 3D-mallinnus. (5, s. 14.)



Kuva 2. Esimerkkikuvia Solibri Model Checkerin näkymistä vaakasuuntaisista runkoverkostoista 3D-mallissa.

2.1 Tietomalliselostus ja tietomallivaatimukset

Tietomallintamisella sekä tietomalliselostuksilla voidaan vähentää riskejä jo ennen hankkeeseen ryhtymistä. Tietomalleista voidaan saada tarkkaa ja luotettavaa tietoa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Tietomalliselostuksessa tulee aina olla maininta, jos yhteisistä tietomallivaatimuksista (YTV 2012) on poikettu. (3.) Tietomalliselostukset ovat eri suunnittelualojen ylläpitämiä kuvauksia ja selostuksia oman suunnittelualan malleista. Näissä tietomalliselostuksissa kerrotaan lyhykäisyydessään mitä malli sisältää, päivämäärät, kohde, käytettävät materiaalit sekä yhteystiedot. Selostuksen pitää aina päivittyä mallin päivittyessä ja täydentyessä. Tietomalliselostuksessa kerrotaan aina myös mitä ohjelmistoja on käytetty ja niiden versiot sekä revisiot, joilla tietomallit on tehty. (5, s. 8.) Kuvassa 3.1 esitetään yleisten tietomallivaatimusten 2012 esimerkki tietomalliselostuksesta ja kuvassa 3.2 tietomallivaatimusten kuvaus mallinnusperiaatteista.

Tietomalliselostus	TATE
Havainnollistuskuva kohteesta	
Suunnittelukohde	
Suunnitteluvaihe	
Tietomalliselostuksen päiväys	
Muutospäiväys	
Yritys	
Tietomalliyhteyshenkilö	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	
Kohteen vastuullinen suunnittelija	
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	
Lisätietoja, huomioita yms.	

Kuva 3.1. Yleisten tietomallivaatimusten 2012 esimerkki tietomalliselostuksesta. (5.)

Yleiskuvaus mallinnuseriaatteista		
Nimikkeistöt/käytettävät kuvatason	Tarvittaessa erillisen, projektikohtaisen liitteen mukaisesti	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen	
Kerrosten lattian absoluuttinen korkoasema	1. kerros	+10.00
	2. kerros	+14.00
	3. kerros	+18.00

IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 1:n mukaisesti	
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tarkkuustasosta:	1.	
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tietosisällöstä	1.	
Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastuskelpoisia		
Muuta huomioitavaa		

Kuva 3.2. Yleisten tietomallivaatimusten 2012 yleiskuvaus mallinnuseriaatteista. (5, s. 55.)

Mallinnusohjeissa määritellään tietomallin vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja tietosisällölle. Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu noudettavaksi kaikissa hankkeissa. Tämän lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia tietomallille tapauskohtaisesti. Hankkeen kaikissa sopimuksissa on esitettävä mallinnusvaatimukset ja mallinnussisältö sitovasti ja yhdenmukaisesti. (6, s. 6.)

Jotta mallinnus onnistuisi, on malleille ja mallien hyödyntämiseksi asetettava tavoitteet ja painopistealueet. Yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita voi olla esimerkiksi:

- Saada osapuolet sitoutumaan hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- Tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- Havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- Auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- Nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- Tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- Parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- Tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysyjä
- Tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan

Yleiset tietomallivaatimukset koostuvat seuraavista dokumenteista: (6, s. 5.)

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen suunnittelu
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

Yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheessa sekä hankkeen rakennusaikana on vaatimuksena että mallinnuksen yhteydessä ylläpidetään dokumenttipohjaista tietomalliselostusta. Selostuksessa pitää tulla ilmi mitä objekteja on mallinnettu ja millä tietosisällöllä ja geometriatarkkuudella on mallinnettu. Samalla kerrotaan myös aiheet joita ei ole mallinnettu, esimerkiksi IV-koneet, lämmönjakokeskuksen sisäiset varusteet ja kytkimet. (5, s. 8.)

Yleisissä malliteknisissä vaatimuksissa sanotaan että julkisissa hankkeissa on käytettävä vähintään IFC 2x3 sertifioituja mallinnusohjelmia. Tästä vaatimuksesta voidaan hankekohtaisesti kuitenkin poiketa tai esittää erityisvaatimuksia IFC version tai erityisominaisuuksien suhteen mikäli jokin kohde niin vaatii. Esimerkkinä voidaan ottaa rakennusliikkeet, jotka usein kehittävät omia tietomalliprosessejaan tietyillä ohjelmistoilla, jolloin suunnittelijoilta voidaan myös vaatia näiden ohjelmistojen käyttöä. (6, s. 6.)

2.2 Talotekniikan tietomallinnuksen vaiheet

Talotekniikan tietomallin suunnitteluvaiheet voidaan jakaa kahteen pääalueeseen, ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheeseen sekä toteutussuunnitteluvaiheeseen. (7, s. 1.)

2.2.1 Ehdotus- ja yleissuunnittelu

Tässä vaiheessa suunnittelua käydään läpi hankkeen tilaajan sekä käyttäjän vaatimukset. Tämän suunnitteluvaiheen tarkoituksena on tukea muita suunnitteluosapuolia, jotta saadaan yhtenäinen tavoite ja riittävät tiedot mallintamiseen. Näillä tiedoilla voidaan tämän jälkeen tuottaa yhtenäinen arkkitehti- ja rakennemalli. Näiden tietojen keräämiseksi tehdään yleensä erilaisia energia- ja olosuhdesimulointeja sekä muita laskennallisia mitauksia jotka antavat suuntaa ja tukevat suunnittelua mallin yleissuunnittelussa. (5.)

Talotekniikan ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen tarkoitus ei ole tuottaa kattavaa järjestelmämallia, vaan tässä vaiheessa suunnittelua keskitytään asioihin kuten talotekniikan järjestelmävalintoihin, kuten teknisiin tilavarauksiin ja esimerkiksi palvelualuekaavioihin. (5, s. 7.)

Taloteknisistä järjestelmistä vastaava suunnittelija varaa yleensä tässä vaiheessa tekniikalle riittävät tilat ja ottaa asennettavien laitteiden vaatimat tilantarpeet sekä huoltoalueet huomioon. (5.)

Tässä vaiheessa ehdotussuunnittelua vielä kokeillaan eri taloteknisten vaihtoehtojen toimivuutta TATE-suunnittelun tehtäväluettelon edellyttämällä tavalla. Itse tietomallinnusta ei välttämättä tässä vaiheessa vielä tarvita, vaan tietomallinnuksen laajuus sovi- taan erikseen projektissa tai suunnittelutarjouspyynnössä. (5, s. 7.)

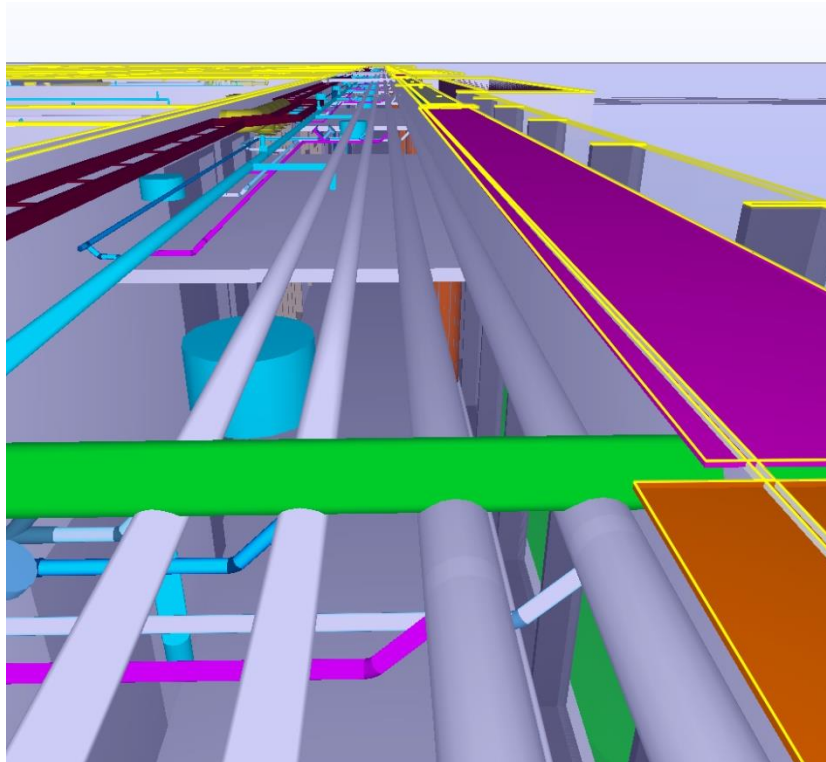
2.2.2 Toteutussuunnittelu

Tässä suunnitteluvaiheessa tarkennetaan koko rakennuksen kattavat talotekniikan järjestelmämallit pois lukien sähkö. Talotekniikan järjestelmämallit LVI-puolelta ovat

- Vesi- ja viemärijärjestelmät
- Ilmastointijärjestelmät
- Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- Palonsammutusjärjestelmät
- Erikoisjärjestelmät
- Säätopiirustukset ja säätökaaviot (5, s. 23–26.)

Tämä tarkoittaa että toteutussuunnitteluvaiheessa taloteknisten kiinteät ja muuttuvat osat määritellään ja käydään läpi tilavaraukset, esitetään liittymäratkaisuja, laaditaan suunnitelma-asiakirjoja, tehdään energiantavoitekulutuslaskelmat tarkemmilla menetelmillä, tarkennetaan ehdotussuunnitteluvaiheen laskelmia sekä tehdään suunnitelmien yhteensovittamista eri suunnittelualojen kanssa. (5.)

Suunnitelmien yhteensovittamisen aikana tehdään yleensä suunnittelijoiden malleista yhdistelmämalli. Yhdistelmämallin avulla voidaan havainnollistaa suunnitelmia sekä paremmin tarkastella ehdotus- ja yleissuunnitelmien yhteensopivuutta. Mallilla voidaan tehdä tilavarausten tarkastelua (ARK-LVI) sekä TATE-järjestelmien törmäystarkastelua. (5, s. 32.) Kuvassa 4 kuvataan esimerkki Solibri Model Checkerin näkymästä, josta ilmenee mahdolliset taloteknisten järjestelmien törmäykset. Kuvassa näkyy esimerkki tietyn alueen taloteknisten järjestelmien yhteensovituksesta sekä mahdollisista järjestelmien törmäyksistä. Kuvassa on esitettyä sallittu mutta ei toivottu törmäys. Putkimat- to on kuitenkin asennettavissa, jos sitä siirretään mallista poiketen hieman alemmaksi.



Kuva 4. Kuva Solibri Model Checkerin näkymästä.

3 AIKATAULUSUUNNITTELU

Aikataulusuunnittelu eli rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus vaativat ammattitaitoa sekä osaamista. Jotta rakennushanke voidaan toteuttaa parhaalla mahdollisella ja halutulla tavalla, vaatii se hyvää suunnittelua ennen toteuttamista. Tämä koskee hankkeen kokonaissuunnittelua sekä hankkeen aikataulusuunnittelua. Suunnittelun osalta merkittävintä on se että hankkeen läpiviennin aikana projektin eri vaiheet pysyvät hallinnassa. Aikataulusuunnittelu on hankkeen läpiviennissä hyvin tärkeässä asemassa, ilman aikataulua hanketta ei voida koordinoita. Aikataulu kertoo mitä tehdään, kuka tekee ja missä tehdään, se toimii eräänlaisena ohjeena jotta projektin tavoitteet saavutettaisiin. Hyvällä aikataululla kuten esimerkiksi laatimalla tavoitteellisia sekä toteuttamiskelpoisia aikatauluja, voidaan myös vähentää hankkeen riskejä kuten kustannusten ylitymistä. Suuremmissa hankkeissa voi olla vaikeaa hallita hankkeen kokonaisuutta, ja tässä vaiheessa korostuu aikataulun tärkeys. Aikataulutehtävien loppuun mietitty sijoittelu ja tehtävien ajoitusten määrittely ovat suuremmissa hankkeissa erityisen tärkeässä roolissa. (8.)

Itse rakennushankkeen aikatauluttamisella tarkoitetaan projektin eri rakennusaikaisten tehtävien yksityiskohtaista määrittelyä, esimerkiksi talotekniikan tehtävien keston sekä työjärjestyksen määrittämistä. Kun kaikki hankkeen rakennusaikaiset tehtävät otetaan huomioon ja tehtävien aikatauluttaminen nojautuu toisiinsa, saadaan projektille toimiva kokonaisaikataulu. Aikataulun hallintaan taas sisältyy tehtäviä kuten kestojen määrittäminen, aikataulun ohjaus sekä muutosten päivittämistä ja hallintaa. Jotta aikataulua voitaisiin hallita ja ohjata, tarvitaan myös resurssien hallintaa. Resurssien hallinnalla tarkoitetaan resurssien riittävyttä ja niiden saatavuutta. Tämä voi tarkoittaa riippuen hankkeesta ja sen laajuudesta, urakoitsijan oma resurssitilannetta työmaalla tai materiaalin saatavuutta oikeaan aikaan sekä niiden tehokas käyttö projektin edetessä. (9, s. 121–122.)

Kuten mainittu, hankkeen alkuvaiheessa projektin eri tehtävistä ja sen kokonaisuuksista muodostuu kokonaisaikataulu. Alustavasta kokonaisaikataulusta voidaan pilkkoa ja määrittellä projektin eri vaiheille alustavat tavoiteaikataulut. Yksityiskohtaisten tehtävien tavoiteaikataulujen laadintaa varten tarvitaan tietää työmaan tai urakoitsijan resurssit,

jotta saadaan tehtäville työmenekkeistot jotka perustuvat Rakennustietosäätiön julkaisemaan aikataulukirjaan. (10.)

Talotekniikan (TATE) aikataulusuunnittelussa tulee ottaa huomioon, että aikataulu pysyy rakennustekniikan kanssa vastaavalla tasolla, ja että talotekniikan aikataulu pohjautuu sisävalmistuksen aikatauluun. Yleensä TATE-työt esitetään yleisaikataulussa pelkkänä talotekniikka-janana mutta ne on myös esitettävä omana aikataulunaan ja talotekniikkalajit eroteltuna, jotta koko talotekniikan tuotantoa voitaisiin ohjata. Taloteknisellä aikataululla varmistetaan taloteknisten tehtävien kestojen toteutuskelpoisuus sekä varmistetaan tehtävien ajankohtaisuus ja tahdistus muiden rakennusaikataulujen kanssa. (10, s. 41.)

Hankkeen aikataulusuunnittelu- ja hallinta projektin aikana on prosessi joka vaatii jatkuvaa seurantaa ja päivitystä. Talotekniikan aikataulusuunnittelijan pitää olla koko ajan tietoinen siitä miten yleis- ja sisävalmistusaikataulu etenee, jotta suunnittelija voisi ennakoida ja tehdä tarvittavat muutokset aikatauluihin ennen kuin talotekniset työt alkavat. Hankkeen päättymisen jälkeen tulisi myös analysoida tehtyjä aikatauluja ja kerätä niistä toteumatietoja jotta aikataulusuunnittelua sekä tuotannonohjausta voitaisiin parantaa tulevissa hankkeissa toiminnan kehittämisen kannalta. (8, 10.)

3.1 Aikataulusuunnitteluun käytetyt tekniikat ja työkalut

Aikatauluja voidaan esittää monessa eri muodossa. Aikataulusuunnitteluun on kehitetty erilaisia menetelmiä, työkaluja ja tekniikoita riippuen aikataulun käyttötarkoituksesta. Suurin osa aikataulun suunnittelussa käytetyistä tekniikoista ovat työn ositus pienempiin yksityiskohtaisempiin tehtäviin sekä tehtävien työmäärien ja kestojen arviointi jotka perustuvat projektin kokonaistavoitteisiin. Aikataulua tehdessä joutuu aina miettimään hankkeen kokonaistavoitetta. Hankkeen tuotannonohjauksen ja aikataulusuunnittelun tehokkuuden kannalta on kannattavaa jakaa rakennuskohde osakohteisiin. Esimerkiksi jako paikkoihin tai lohkoihin on suotavaa. (9.)

Yleisimmät rakennushankkeissa käytetyt aikataulut ovat:

- Janakaavio
- Paikka-aikakaavio

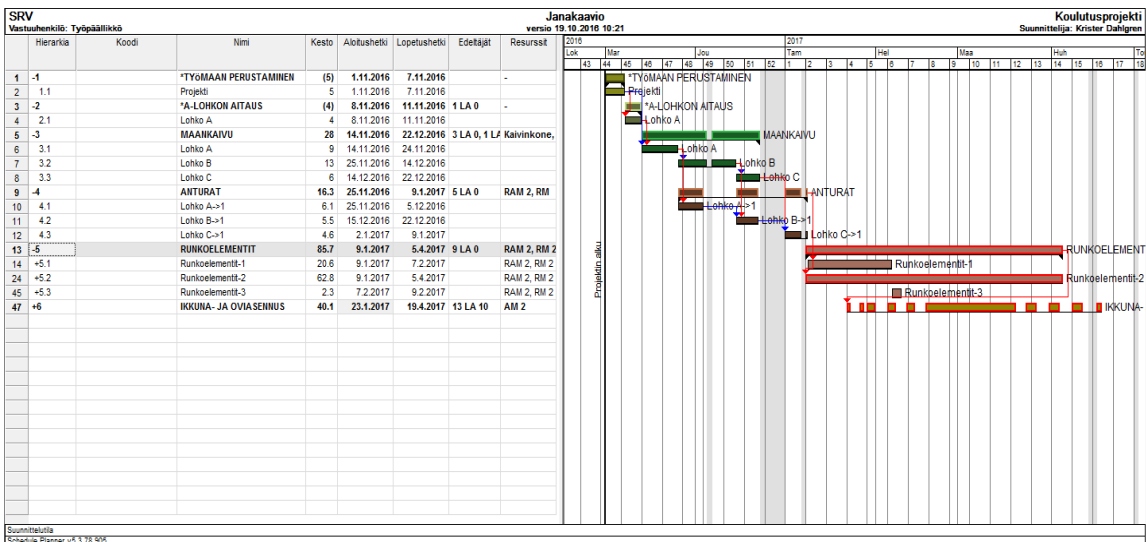
- LSH- aikataulu (Lähtötieto, suunnittelu, hankinta-aikataulu)

Jana-aikataulussa (Gantt-kaavio), esitetään kaikki hankkeen ja siihen liittyvien tehtävien kestot. Tehtävien kestot näkyvät niiden kohdalle piirretyistä janoista. Janat kuvaavat tehtävien aloitus- ja lopetushetken, sekä niiden kokonaiskesto. (10, s. 28.) Jana-kaaviossa tehtävät näkyvät janoina ja niiden yläpuolelle y-akselissa kuvataan tehtävien kesto.

Paikka-aikakaaviossa kuvataan projektin eteneminen paikan suhteessa aikaan. Paikka-aikakaaviossa aikataulu jaetaan osakohteisiin, esimerkiksi kerroksiin tai lohkoihin, johon työn eteneminen on sidottu. (10, s. 28.) Paikka-aikakaaviossa aikataulun vasemmassa reunassa on yleensä tehtävän sijainti ja toteutuspaikka, ja vinoviivalla kuvataan tehtävän kesto.

LSH-aikataulu perustuu lähtötietoihin, suunnitelmiin ja hankintoihin. LSH-aikataulu ohjaa suunnittelua etenemään kokonaisuusittain. LSH-aikataulun kautta saadaan oikea-aikaisesti suunnitelmat ja hankinnat tehtyä. LSH-aikataulu toimii samankaltaisesti, kun jana-kaavio, mutta siinä on eriteltynä symboleina, milloin hankinnat tai suunnitelmat pitää olla valmiina.

Kuvissa 5, 6 ja 7 kuvataan esimerkkejä rakennusalalla käytetyimmistä aikatauluista, eli jana-aikataulusta, paikka-aikakaaviosta sekä hankinta-aikataulusta.



Kuva 5. Esimerkki janaaaviosta.

Aikataulun tehtäväluettelon laatimiseksi tarvitaan todennäköisesti kohteiden jakoa pienempiin osiin. Luetteloon kirjataan kaikki tehtävät, joita vaaditaan projektin kokonaisuuden ja tavoitteen saavuttamiseksi. Talotekniikan aikataulussa tähän luetteloon voidaan vielä hankkeen alkuvaiheessa listata tärkeimmät talotekniset työt kuten pohjaviemärit, sprinklerit, sähkötyöt, ilmanvaihtotyöt sekä putkityöt. Hankkeen alkuvaiheessa ei välttämättä tarvitse vielä määrittellä putkien koeponnistuksia tai eristyksiä, kunhan lähtötiedot ovat toteutuskelpoisia. Suuremmissa hankkeissa projektin alkuvaiheessa voidaan määrittellä ajallisesti lähellä olevat ja aikaisin alkavat työvaiheet yksityiskohtaisemmin, kun taas kauempana olevat työvaiheet kuten esimerkiksi talotekniikassa pääte-laitteiden asennus tai säätömittaukset voidaan määrittellä yleisemmällä tasolla. (9.)

Talotekniikan tehtäväsuunnittelun tarkoituksena on tarkentaa yleisemmällä tasolla olevat tuotantosuunnitelmat ja aikataulut, jotta työmaan työnjohto saisi paremmat välineet tuotannonohjausta varten. (10, s. 36). Tätä varten tarvitaan työkaluja ja menetelmiä tehtävien työmäärien kestojen määrittelemiseksi kuten esimerkiksi resurssitietoon pohjautuva tehtävän keston määrittely.

Kun tehtävien työmäärien kestoja arvioidaan, voidaan asiaa lähestyä monella eri tapaa. Työtehtäville ei ole olemassa yhtä absoluuttista ja standardisoitua kestoja. Kestoja voidaan arvioida esimerkiksi asiantuntija pohjalta, jolloin vertaillaan aiempien projektien samankaltaisten tehtävien toteutunutta kestoja. Projektipäälliköt tai muut asiantuntijat jotka ovat olleet mukana toteutuksessa pystyvät kokemuksen perusteella arvioimaan esimerkiksi paljonko aikaa kyseinen tehtävä vie. Mikäli tallennettuja historiatietoja ja toteumatietoja edellisistä hankkeista löytyy, voidaan myös näitä tietoja hyödyntää aikataulusuunnittelussa, etenkin jos tiedoista ilmenee kohteen laajuus sekä resurssityypit. (9.)

Arvioiden tekeminen asiantuntijaryhmässä voi myös olla vartenotettava vaihtoehto. Tätä menetelmää käyttäen pyydetään arvio usealta eri taholta tai keskustellaan ryhmässä asiantuntijoiden ja tekijöiden kanssa, jonka jälkeen kaikkien osapuolten aikataulunäkemykset kootaan yhteen. Tämän jälkeen eri arvioita ja näkemyksiä voidaan yhteensovit-taa ja näin ollen voidaan päätyä yhteiseen aikatauluarvioon. (9, s. 127–128.)

Yleisin tapa määrittää työtehtävien kesto on kuitenkin käyttää Rakennustietosäätiön julkaisemaa aikataulukirjaa ja yhdistää sieltä laskettuja kestoja omien ja asiantuntijapohjalta saatuja arvioita keskenään. Aikataulu- ja tuotannosuunnitteluun voidaan käyttää Ratu-kortistoja ja Rakennustiedon aikataulukirjaa. Aikataulukirjassa ja Ratu-tiedostoissa on esitetty taloteknisten töiden menekkitietoja. (10, s. 41). Näillä menekkitiedoilla saadaan laskettua yksityiskohtaisemmin ja tarkemmin kokonaistyömenekkejä, työmäärien kustannusarvioita, sekä pystytään mitoittamaan tarkemmin työtehtävien kestoja. (10.)

Tehtävien mitoittamiseen on aikataulukirjassa esitetty aikataulukäsitteitä. Käsitteitä joita yleensä käytetään taloteknisten töiden mitoittamiseen, ovat T3- ja T4-ajat.

T3-aika = tehollinen aika eli niin sanottu työvuoroaika. Se on tavoitteellinen työmenekki joka ei sisällä töiden häiriöitä tai keskeytyksiä.

T4-aika = on kokonaisaika mikä sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, mukaan lukien keskeytykset. (10, s. 9.)

Aikataulukirjan T3-käsitettä käyttäen voidaan esimerkkinä laskea ilmanvaihdon haarakanavien asennus toimistorakennuksessa:

Haarakanavien työmenekki = 0,35 tth/brm² (tth = työntekijätunti)

Asennettavaa 500m²

Työryhmä 2 iv-asentajaa

$$\begin{array}{l} \text{Kokonais-} \\ \text{työmenekki} = \text{Määrä} \times \text{Työmenekki} \\ \text{[tth]} \quad \text{[yks]} \quad \text{[tth/yks]} \\ \\ \text{Työn kesto} = \frac{\text{Kokonais-}}{\text{Työryhmä} \times 8} \\ \text{[tv]} \quad \frac{\text{työmenekki [tth]}}{\text{[h/tv]}} \end{array}$$

Kuva 8. Aikataulukirja 2016, Laskentaesimerkki. (10, s. 9.)

$$\text{Työn kesto työvuoroissa} = \frac{500\text{m}^2 \cdot 0,35\text{tth/brm}^2}{2 \cdot 8\text{h/tv}} = 10,94 \text{ tv}$$

Hankkeen läpiviemiseksi ja yksittäisten tehtävien kannalta on hyvin tärkeää että laaditut aikataulut ovat toteuttamiskelpoisia. (10, s. 8.) On tärkeää, että kaikki laaditut talotekniikan aikataulut ja niiden kestot pohjautuvat johonkin toiseen aikatauluun kuten esimerkiksi sisävalmistusaikatauluun. Aikataulujen on aina vastattava kohteen ominaisuuksia sekä perustuttava vastaavaan työmenekkilaskentaan ja resurssisuunnitteluun. Kun mietitään asiaa tuotannonohjauksen näkökulmasta, on hyvin tärkeää, että vaiheistetut aikataulut on laadittu oikeanmukaisesti, jotta hankkeen tavoitteet voidaan saavuttaa. Laadittujen aikataulujen tarkoituksena on toimia tuotannonohjauksen, työmaan ohjauksen sekä työmaavalvonnan apuvälineenä. (10, s. 8).

4 4D-MALLINNUS

4D-mallilla tarkoitetaan 3D-tietomallia, mihin on linkitetty hankkeen aikataulu. Tietomallipohjainen suunnittelu on Suomessa tähän saakka pääosin keskittynyt hyvinkin pitkälle urakoitsijan tarvitsemien määrätietojen tuottamiseen ja tietomallia itsessään on käytetty pääosin vain asennusjärjestyksen ja asennussuunnitelmien tarkasteluun. Tietomallin sisältämät tiedot, esimerkiksi talotekniikan geometria- ja määrätiedot voitaisiin kuitenkin myös hyödyntää tuotannosuunnittelutarkoituksiin, jos tietomallia lähdetään jalostamaan eteenpäin. Kun aikataulu ja aikataulusuunnittelu kytketään 3D-tietomalliin, puhutaan 4D-mallintamisesta. Tietomallin käyttö kommunikoinnin välineenä on hyvinkin havainnollistava tapa esittää ja tarkastella jotain tiettyä kohdetta, mutta sen avulla ei kuitenkaan pystytä tutkimaan asennusjärjestyksen ja aikataulun suhdetta. Talotekniikan tuotannonohjauksen näkökulmasta perinteinen 3D-malli on siis hyvin rajoittunut työkalu, eikä se mahdollista tuotannosuunnittelua eikä asennussuunnitelman tekoa kovin tehokkaalla tavalla. (11, s. 26–27). 4D-mallinnus mahdollistaa aikaulottuvuuksien näyttämisen visuaalisesti tietokoneen näytöllä. Tällöin 4D-mallinnuksen avulla asennussuunnittelijat voivat muodostaa tarkempia toteutusaikatauluja, kun visuaalisesti päästään näkemään ja toteamaan missä vaiheessa tietyt rakennustyöt on suunniteltu tapahtuvan. Näin ollen tuotannonohjauksen kannalta, 4D-malli työkaluna mahdollistaa visualisoinnin milloin mikäkin tuotannon vaihe on suunniteltu tapahtuvan. 4D-malli toimii myös työmaan kommunikoinnin ja havainnollistamisen tukena. (11.)

4.1 4D-mallinnuksen suunnitteluprosessit ja vaiheet

4D-mallinnuksen suunnitteluprosessit perustuvat pitkälti tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Kuten tietomalliosuudessa mainittua, eri suunnittelualoille on tarjolla omat mallinnusohjelmat joiden tavoitteena on palvella mahdollisimman hyvin tietyn suunnittelu-alan suunnittelijoita. Yhteensopivuutta kuitenkin tukee IFC-muotoinen tiedonsiirto ja tämä tiedonsiirtomenetelmä mahdollistaa myös 4D-mallinnuksen. Kun 3D-malliin lisätään ensin yleisaikataulu, voidaan tämän jälkeen tietomalliin ja tietomallin taloteknisiin komponentteihin määritellä yksityiskohtaisempi talotekniikan aikataulu. Kun hankkeen tietomalliin lisätään projektikohtainen aikataulu, siirrytään 4D-suunnittelun puolelle. Taloteknisessä 4D-mallissa esiintyy kuitenkin ongelmakohtia, mitä yksityiskohtaisempi

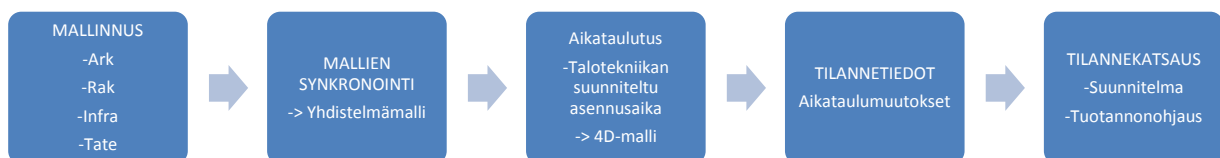
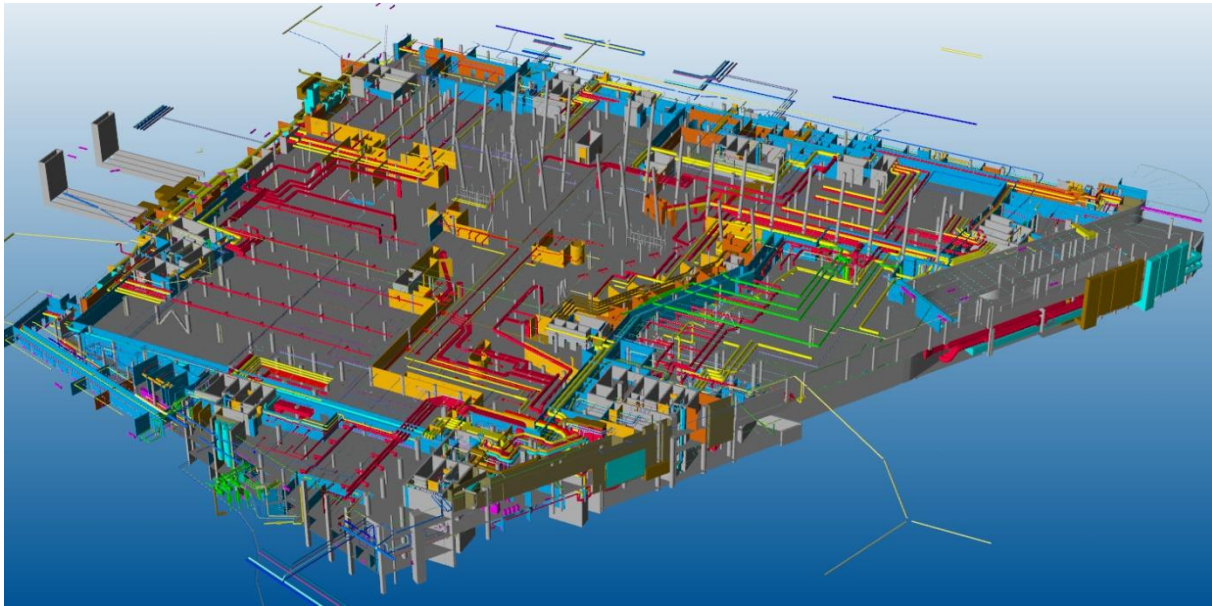
ja laajempi malli on, sitä enemmän työtä sen aikatauluttamiseen ja ylläpitoon yleensä vaaditaan. Suurissa hankkeissa tietomalli joudutaan todennäköisesti jakamaan lohkoihin jo hankkeen alkuvaiheessa, jotta projekti helpottuisi. 4D-prosessissa voidaan hyödyntää lohkojakoa määrittelemällä esimerkiksi talotekniikan suunnittelu-aikataulut näille kyseisille lohkoille erikseen, mikä taas helpottaa objektien linkittämistä aikatauluihin. Tämän jälkeen suunnitelmien tarkentuessa voidaan eri talotekniikkalajeille määritellä yksityiskohtaisemmat aikataulut. Näin ollen työmaalla olisi aina tieto aikataulun sekä suunnitelmien tilanteesta. (12, s. 51).

Talotekniikan 4D-mallin muodostaminen ei välttämättä kuulosta työläältä jos mietitään aikataulun linkittämisestä tietomalliin. Mutta suurimmat hankaluudet liittyvät sen ylläpitoon ja talotekniikkamallin objekti- ja komponenttimääriin, jotka työllistävät tätä vaihetta. Alla kuvataan esimerkki ja ohjeistus mallin luomisprosessista.

1. Projektipankista haetaan suunnittelijoiden tuottamat IFC-tiedostot jotka toimivat tietomallin perustana.
2. Tutkitaan IFC-tiedostojen sisältö ja varmistetaan Simplebimin tai muun mallin-
nusohjelman avulla että suunnitelmat ovat riittävän pitkällä ja että ne sisältävät kaikki halutut objektit 4D-mallia varten.
3. Luodaan alustava talotekniikka aikataulu Schedule Plannerin avulla sekä listataan aikataulutehtävät ja määritellään halutuille objekteille aikataulurivit. Tässä vaiheessa pitäisi pyrkiä käyttämään valmista aikataulutaulukkoa missä ilmenee objektia vastaavat aikataulunimikkeet. Kun objektit voidaan nimetä aikatauluriviä vastaaviksi, on aikataulurivin ja 3D-objektin linkitys helpompaa. Tässä vaiheessa varmistetaan, että malliobjektien linkitystapa on oikea, sekä määritellään tarvittavat attribuutit objekteille esimerkiksi Vico Office ohjelmaa käyttäen.
4. Määritellään Simplebim-
taulukko sekä Excel-syöttötaulukko jokaista talotekniikkalajia kohti. Pohjissa päästään luomaan ja muokkaamaan tarvittavat attribuutit soveltuviin tehtäväkenttiin Vico Officea varten. Tämän jälkeen suunnittelijoiden IFC-tiedostot ajetaan Simplebim ohjelman läpi jossa jokaiselle lajille luodaan oma IFC-tiedosto.

5. Kun kohde on suuri, joudutaan 4D-malli todennäköisesti pilkkomaan lohkoihin. SketchUp, ArchiCAD tai muuta mallinnusohjelmaa käyttäen määritellään lohko-tiedot sekä piirretään lohkojako. Vaikka tuodussa IFC-tiedostossa olisi kerros-tiedot valmiiksi mallinnettuna, joudutaan mallille todennäköisesti määrittele-mään myös uudet kerroskorot. Tämä tehdään sen takia jotta 4D-malli toimisi oh-jelmassa halutun mukaisesti, myös lohko ja kerrossuodatinta käyttäessä.
6. Viedään jalostetut IFC-tiedostot Vico Officeen.
7. Vico Officeessa tehdään aktivointivalinnat sekä linkitetään aikataulurivit ja mää-rärivit kustannusriveihin. Tämä on Vico Officeessa-ohjelmassa pakollista, jotta 4D-malli toimisi halutusti. Tämä mahdollistaa myös 5D-mallinnuksen myö-hemmässä vaiheessa.
8. Tarkastellaan 4D-mallia visuaalisesti aikatauluviivaimen avulla. Arvioidaan on-ko malli toteuttamiskelpoinen ja vastaako se haluttua asennussuunnitelmaa. Mi-käli 4D-malli vastaa kaikkia alustavia odotuksia, on 4D-esitys valmis. (13.)

Kuvassa 9 kuvataan esimerkkinäkymä Vico Officeen ulkoasunäkymästä 4D-mallinnusprosessin aikana. Kuvan alle on koottu lyhyesti tärkeimmät vaiheet mallin-nusprosessista.



Kuva 9. Kuva hankkeen 4D-mallinnuksesta ja 4D-prosessista.

4.2 Käytettävät ohjelmistot

4.2.1 Vico Office

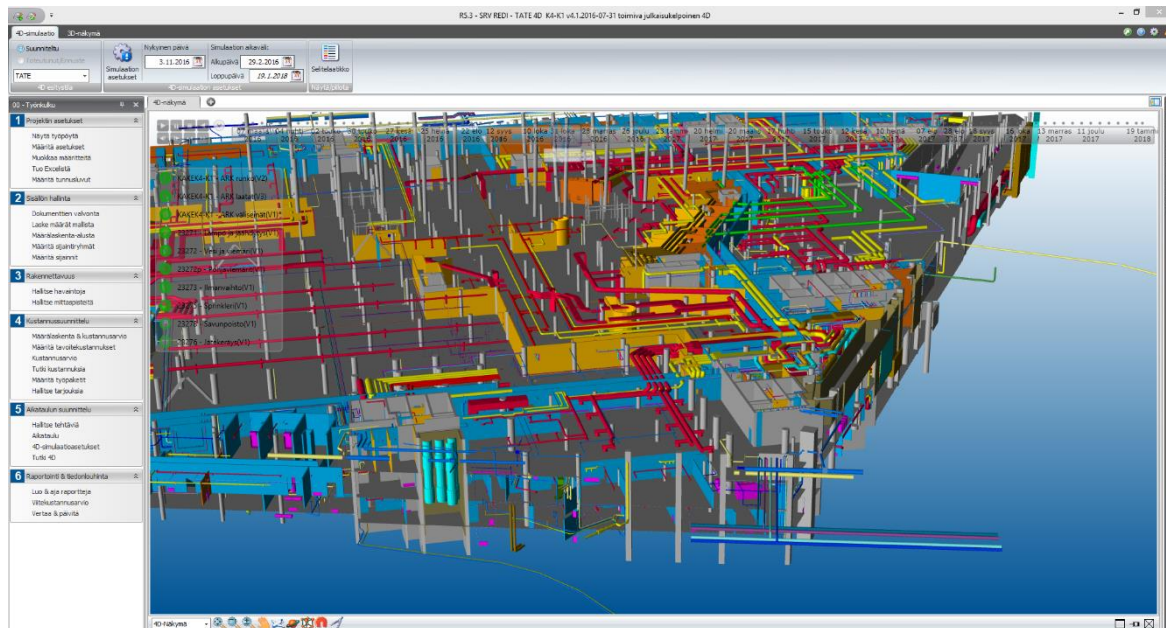
Vico Office mahdollista aikataulun sekä kustannustietojen linkittämisen normaaliin 3D-tietomalliin. Tällä tavalla ohjelma luo mahdollisuuden 4D- ja 5D-mallinnukselle. Ohjelmistopakettin avulla voidaan toteuttaa hankkeen suunnittelunohjaus, määrälaskenta, kustannuslaskenta, sijaintipohjainen aikataulusuunnittelu, tuotannonohjaus sekä muutostenhallinta. Ohjelmiston avulla voidaan yhdistellä eri tietomalleja ja yhdistelmämal- leja, jonka jälkeen malliin voidaan lisätä esimerkiksi projektikohtainen aikataulu, joka tällä tavoin mahdollistaa tuotannonohjauksen. (14.) 4D-mallinnusta tehdessä Vico Offi- cessa tuodaan Schedule Plannerin avulla aikataulu tietomallille. Aikataulua tehdessä

pitäisi pyrkiä käyttämään valmista aikataulupohjaa mikä vastaa tietomallissa esitettävien 3D-objektien nimikkeitä. Tämä helpottaa objektien ja aikataulurivien linkittämistä. (13.)

Tämän jälkeen, kun aikataulua on muokattu halutun mukaisesti ja malliobjekteille on määritelty tarvittavat attribuutit ja linkitystapa, voidaan määrärivit linkittää ohjelman kustannusriveihin. Tämä vaihe on ohjelmassa pakollista tehdä ja se aiheuttaa lisätyötä 4D-prosessissa, mutta se taas mahdollista 5D-mallinnuksen myöhemmässä vaiheessa, jos 4D-malliin halutaan tuoda objektien kustannustiedot. (13.)

4.2.2 Schedule Planner

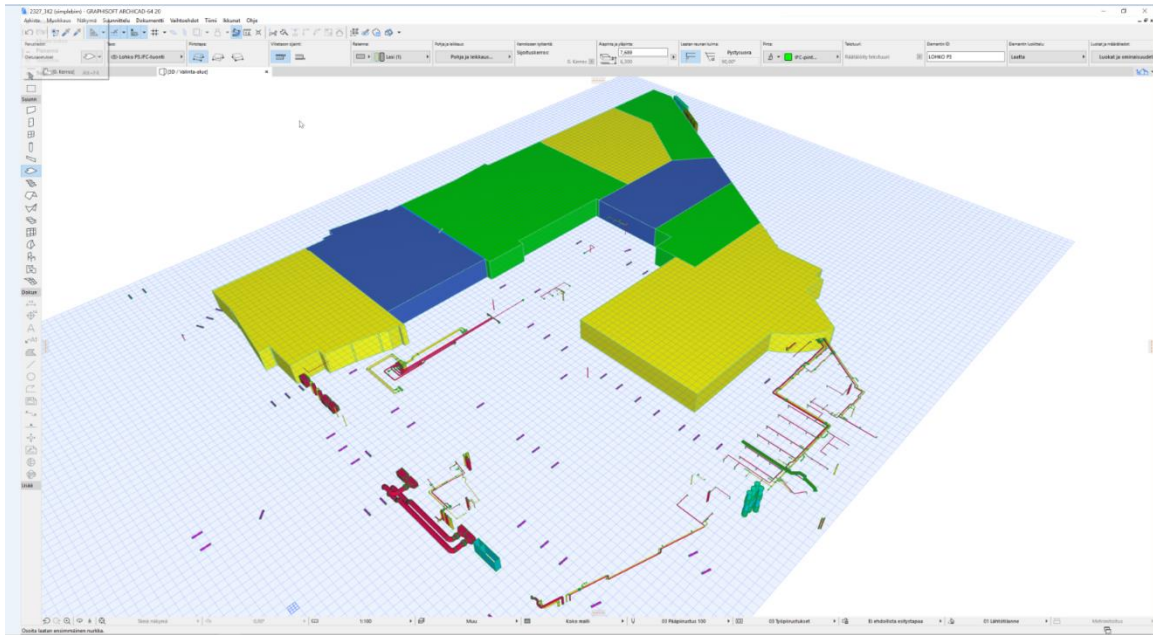
Vico Office ohjelmistopakettin aikataulusuunnittelun osana toimii Schedule Planner. Vico Schedule Planner toimii myös itsenäisenä aikatauluohjelmalla, mutta yhdistettynä Teklan projektinhallintatyökalujen kanssa toimii se ratkaisuna sijaintipohjaiseen aikataulusuunnitteluun ja tuotannonohjaukseen. Schedule Planner perustuu sijaintipohjaiseen rakennusalan tuotannonohjausjärjestelmään, jonka avulla suunnittelijat voivat luoda tarkkoja ja toteutuskelpoisia aikatauluja. Tuotannon aikataulu voidaan myös Schedule Plannerin avulla linkittää hankintoihin, jolloin ohjelma toimii yhdessä muiden työkalujen kanssa, mahdollistaen 5D simulaation. (14.) Kuvassa 10 esitetään esimerkinäkömä Vico Office ohjelman näkymästä, kun aikataulu on liitetty tietomalliin. Kuvan yläreunassa näkyvä aikatauluviiva kuvastaa hankkeen talotekniikan aikataulua. Aikatauluviivain pohjautuu Schedule Planner aikatauluohjelmalla luotuun aikatauluun. Aikatauluviivaimen avulla voidaan visuaalisesti havainnollistaa missä vaiheessa pitää olla mitään tehtynä.



Kuva 10. Esimerkkikuva Vico Officen 4D-ulkoasunäkymästä.

4.2.3 ArchiCAD

ArchiCAD ohjelma on suunnittelijan työkalu, se on varsinaisesti kehitetty arkkitehtisuunnittelua varten. Ohjelma toimii pinta-työkaluna, jolla voidaan mallintaa alueita kuten tontti, rakennushankkeen lohkojako sekä muita ympäröiviä alueita. Ohjelman avulla kuvataan rakennus yhtenä tiedostona johon sisältyvät kaikki piirustukset. (15.) Ohjelman avulla voidaan esimerkiksi talotekniikan 4D-mallinnusta tehdessä jakaa kohde IFC-tiedostoja käyttäen eri lohkoihin ja kerrostietoihin. Määrätylle talotekniikan objektille voidaan ohjelman avulla myös tehdä tilasuunnittelua. Toisin sanoen suuremmissa hankkeissa, kun kohde on jaettu lohkoihin, voidaan ohjelmalla määrittellä lohkojako ja halutut talotekniikan komponentit määrittellä kuuluvan johonkin tiettyyn IFC-lohkotietoon. Tämä helpottaa kohteen tuotannonohjausta kun aikataulu 4D-näkymässä voidaan tämän jälkeen suodattaa lohko- ja kerrosnäkömään, kun aiemmin objektin tiedoista ilmeni vain kerrostieto. (13.) Kuvassa 11 esitetään näkymä ArchiCAD ohjelmasta kun hankkeen IFC-tiedostolle mallinnetaan lohkojako.

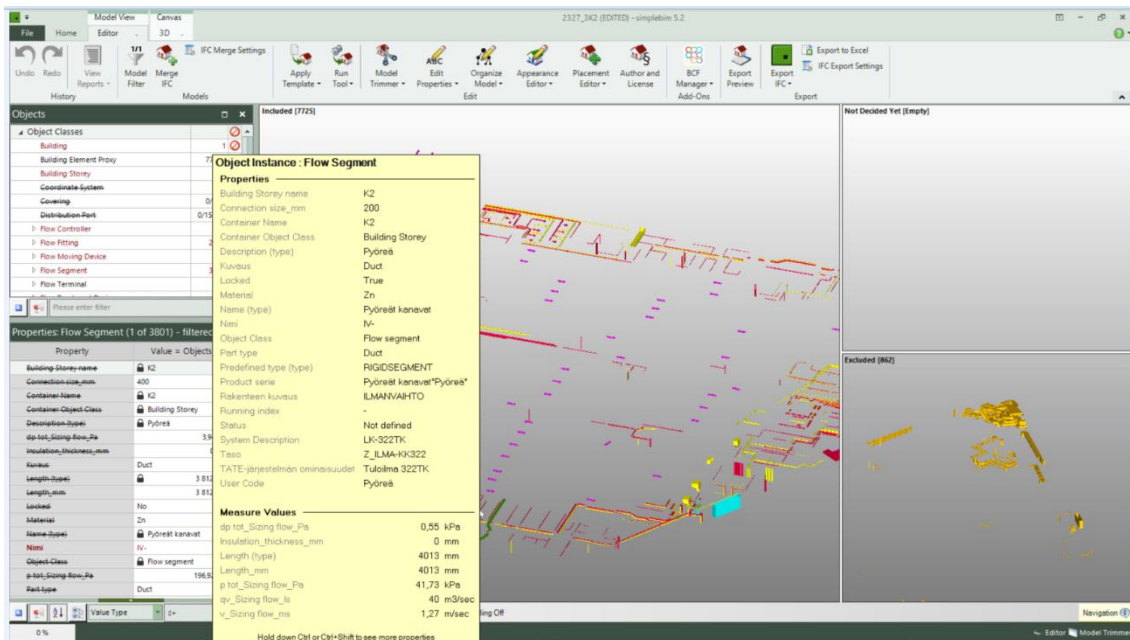


Kuva 11. Kuva hankkeen lohkojako mallinnuksesta K2-kerroksesta. (13.)

4.2.4 Simplebim

Simplebim ohjelmaa käytetään työkaluna IFC-tiedostojen luontiin, sen avulla voidaan myös tarkastella saatuja IFC-tiedostoja ja muokata niitä, mikäli niistä puuttuu olennaista tietoa. Tätä ei muilla mainituilla ohjelmilla voida tehdä. Ohjelmalla luodaan ja muokataan omaan käyttötarkoitukseen sopivia IFC-tiedostoja. Ohjelman avulla saadaan lisättyä IFC-tiedostoihin tietoa, kuten esimerkiksi lämmönsiirtimien tehot tai ilmanvaihtokoneiden ilmamääriä. Simplebimissä IFC-tiedoston komponentit ja niiden tieto käsitellään käyttäjän näkökulmasta helposti ymmärtämällä nimillä. Ohjelman avulla päästään myös muokkaamaan malleja oman mieltymyksen mukaan esimerkiksi rajaamalla tai poistamalla objekteja ja ominaisuuksia jotka eivät ole luotettavia tai niitä ei tarvita. Ohjelma määrittää automaattisesti muokatulle IFC-tiedostolle tarvittavat IFC-vaatimukset. (16.) Referenssikohteessa jouduttiin suunnittelijoiden IFC-tiedostoja jalostamaan Simplebimin avulla. Sellaisenaan niistä ei löytynyt tarvittavia attribuutteja 4D-mallinnusta varten, joten ohjelman avulla luotiin Simplebim syöttötaulukot. Ohjelman avulla pohjissa päästiin nimeämään ja viemään tarvittavat attribuutit valittuihin talotekniikkalajikenttiin joita 4D-mallinnusohjelma voi lukea. Tämän jälkeen tiedostot voitiin yhdistää

omiksi talotekniikan IFC-tiedostoiksi. Kun IFC-tiedostoja on muokattu riittävästi, ja niille on määritelty tarvittavat attribuutit voidaan ne tämän jälkeen viedä valittuun 4D-mallinnusohjelmaan. (13.) Kuvassa 12 esitetään näkymä IFC-tiedoston attribuuttien muokkaamisesta ja referenssikohteen talotekniikkamallin kerrosnäkymä Simplebim ohjelmassa.



Kuva 12. Simplebim ohjelman näkymä referenssikohteen K2-kerroksesta. (13.)

4.3 4D-mallinnus tuotannonohjauksen ja asennussuunnittelun välineenä

4D-mallinnusta on alettu kehittämään jotta perinteistä tuotannonohjausta sekä asennussuunnittelua voitaisiin tehostaa. Asennussuunnittelu perinteisin menetelmin, eli aikataulu esimerkiksi paikka-aikakaavio muodossa yhdessä 2D piirustusten tai 3D-mallin kanssa, eivät aina mahdollista asennusaikataulun ja tuotannonohjauksen suhteen tarkastelua kovin selkeällä tavalla. Tämä taas aiheuttaa sen että esimerkiksi LVI-suunnittelija ja työjohto työmaalla eivät voi keskenään vertailla erilaisten asennusjärjestysten ja aikataulujen välisiä eroja kovin tehokkaasti. Kuten mainittu, 4D-mallinnus auttaa suunnittelijaa toteuttamaan havainnollisempia asennussuunnitelmia sekä huomaamaan potentiaalisia ongelmakohtia. Lähtökohtana 4D-mallinnukselle voidaan pitää että sen pohjana on toimiva tietomalli mikä sisältää jo valmiiksi kaiken tarvittavan tuotannonohjausta varten. Toisin sanoen toimiva kolmiulotteinen BIM-suunnitelma toimii vaatimuksena ja välivaiheena kattavaan 4D-tuotannosuunnitteluun. (11.)

Kun mietitään miten 4D-mallintamista voitaisiin käyttää asennussuunnittelun välineenä, pitää ymmärtää että 4D-suunnittelun teko ja mallin muodostaminen on jo itsessään asennussuunnittelua. Kun 3D-mallia luodaan ja siihen lisätään aikataulu, on suunnittelija jo tässä vaiheessa miettinyt komponenttien asennusjärjestystä sekä suunnittelut tehtävien kestot. 4D-malli toimii tässä vaiheessa suunnittelijan näkökulmasta ainoastaan työkaluna paremman aikataulun muodostamiseen. Malli toimii siis jo itsessään aikataulusuunnitelmana, se vain näytetään visuaalisessa muodossa, joka taas mahdollistaa sen että sitä voidaan käyttää valmiina myös asennussuunnitelmana. Kun 4D-asennussuunnitelmaa ryhdytään tekemään, joutuu asennussuunnittelija pohtimaan aivan kuten aikataulusuunnittelua tehdessä, mitkä talotekniikan osat sisältyvät mihinkin aikatauluriviin ja mihin talotekniikkalajikokonaisuuteen ne kuuluvat. 4D-malli mikä hankkeelle luodaan, on asennussuunnittelun tulos. Käytännön kokemuksia talotekniikan 4D-mallin hyödyntämisestä on hyvin rajoittuneesti. Sen sijaan kokemuksia 4D-mallin käytöstä runkoasennusaikataulun tuotannonohjauksesta löytyy. Tämä saattaa johtua siitä että talotekniikan tietomalli sisältää niin paljon mallinnettavia sekä aikataulutettavia komponentteja. (11.)

4D-malli antaa mahdollisuuden käyttäjälle tarkastella seuraavina päivinä tai lähipäivinä asennettavia talotekniikan komponentteja. Mikäli aikataulu on laadittu riittävällä tarkkuudella, voidaan mallilla myös esittää tietyillä suunnittelijan määrittelemillä väreillä, mitä seuraavaksi on tulossa työn alle. (12, s. 52). Jotta mallia voitaisiin parhaalla mahdollisella tavalla hyödyntää työmaalla talotekniikan tuotannonohjauksessa, tulisi aikataulusuunnittelijan ja urakoitsijan yhdessä sovittaa resurssit ja tämän jälkeen luoda toteutuskelpoinen aikataulu 4D-malliin.

Kun aikataulusuunnittelija on luonut kohteen alustavan talotekniikan aikataulun, tulisi suunnitelma tämän jälkeen esittää 4D-simulaationa muille tuotannon suunnittelijoille sekä urakoitsijoille. Näin ollen aikataulusuunnittelija saisi palautteen, jonka perusteella voisi tehdä tarvittavat muutokset jotta saataisiin aikataulukokonaisuus toteuttamiskelpoiseksi. 4D-malli menettää merkityksensä, mikäli aikataulukokonaisuus ei ole toteuttamiskelpoinen. Jos urakoitsija pääsee itse mukaan tai edes kommentoimaan aikataulusuunnittelua, antaisi tämä urakoitsijalle myös mahdollisuuden parempaan resurssisuunnitteluun 4D-mallinnuksen avulla. Urakoitsijan näkökulmasta mallia voidaan rajata ja tarkentaa esimerkiksi omien urakkarajojen mukaan, jolloin urakoitsijalle voidaan visuaalisesti näyttää tietokoneen näytöltä, paljonko aikaa on suunniteltu käytettävän määrätuille talotekniikan komponenteille. Kun aikataulusuunnittelijat ja urakoitsijat yhteistyössä määrittelevät 3D-mallin talotekniikkakomponenttien asennusjärjestykset eli aikatauluttavat komponenteille suunnittelut asennuspäivät. On tuloksena tarkat aikataulutiedot sisältävä 4D-malli, jossa toteuma sekä suunnitelmat pidetään ajan tasalla päivittämällä aikataulumuutoksia sekä toteumatietoja viikoittain työmaalla. Ajantasaisesta 4D-mallista saadaan tämän jälkeen visualisoitua haluttu asennustilanne haluttuna ajanhetkenä. (12, s. 46.)

Jos mallia aletaan työstämään hankkeen aikana, joudutaan rakennuksen kaikki jo asennetut komponentit myös aikatauluttamaan jotta kokonaisuudesta saataisiin toimiva työkalu mistä poimia myöhemmässä vaiheessa käyttökelpoisia toteumatietoja. Kun mallia aletaan tekemään työn aikana voi se myös paljastaa kokonaisuuksia tai yksittäisiä komponentteja mitä ei normaalissa aikataulussa olisi huomioitu. 4D-mallista voidaan siis visuaalisesti nähdä tiettyjä kokonaisuuksia hankkeesta mitä ei aikataulupohjassa ole otettu huomioon. 4D-mallin avulla voidaan suurimmat aikatauluvirheet saada korjattua juuri havainnollistamisen avulla. (13.)

Aikataulusuunnittelu 4D-mallin avulla antaa myös uusia lähestymistapoja normaaliin aikataulusuunnitteluun. Talotekniikan 4D-mallin aikataulutus ja aikataulusuunnittelu voidaan tehdä monella eri tapaa. Yksi tapa millä määritellä mallin aikataulu, on linkittää jokaiselle talotekniikan komponentille oma asennusjärjestys valitsemalla mallista haluttu komponentti ja määritellä objektille suunniteltu asennuspäivä. Tätä tapaa noudattaen tulee aikataulutehtävien linkittämisestä työlästä suuremmissa hankkeissa kun tehtäviä ja aikataulutettavia komponentteja on paljon. Tätä varten voidaan tehtävien asennusjärjestys myös määritellä yhdelle tai useammalle komponentille kerrallaan taulukon avulla, ja taas tämän nopeuttamiseksi voidaan tehtävät viedä malliin Excel-työkirjana. Mallista valitaan halutut osat ja luodaan niistä Excel-raportti, tämän jälkeen taulukko täydennetään täyttämällä siihen tarvittavat aikatieot jonka jälkeen täydennetyt tiedot ajetaan takaisin malliin. (13). Joissain ohjelmistopaketeissa kuten Vico-office paketissa löytyy aikataulusuunnitteluun Schedule Planner aikatauluohjelma joka toimii tietomallipohjaisesti. Tämä tarkoittaa sitä että ohjelmalla voidaan luoda perinteinen paikka-aikakaavio tai jana-aikataulu jonka jälkeen aikataulu voidaan näyttää visuaalisesti 4D-muodossa. (14.)

Työmaan näkökulmasta tärkeintä on kuitenkin se, että 4D-mallista saadaan tilannetieto ja kuten suunnittelutilanne sekä toteumatilanne. Jotta tuotantoa voitaisiin ohjata työmaalla ja että mallista saataisiin haluttuja toteuma- ja tilannepäivityksiä, vaatii se että mallia päivitetään ja pidetään ajantasaisena. Jos mallia päivitetään ja pidetään ajantasaisena mahdollistaa se jatkossa erilaisten asennustilanneraporttien saamista, viikon tai kuukauden tarkkuudella. (12, s. 49.)

4D-mallin tämänhetkinen käyttö painottuu vielä rakennusten suunnitteluun ja runkovaiheen tuotannonohjaukseen. Tavoitteena on kuitenkin saada 4D-tietomalli joka mahdollistaisi talotekniikan työmaatoteutuksen simuloinnin sekä tuotannonohjauksen.

5 REFERENSSIKOHDE KALASATAMAN KESKUS KAUPPAKESKUS REDI

SRV rakentaa Helsinkiin Kalasataman kaupunginosaan kahdeksan tornitaloa sekä kantakaupungin suurimman kauppakeskuksen. Kokonaisuuden nimi on REDI ja valmistuttuaan se tarjoaa kodin 2000 asukkaalle. Kauppakeskukseen kuuluu myös pysäköintitilat 2000 autolle. REDIn ensimmäisenä tornina valmistuu asuintorni Majakka, joka nousee 132 metrin korkeuteen. Kohteen toteuttaa SRV. (1.)

Kohde sijaitsee Sörnäisten kaupunginosassa Kalasataman metroaseman ja itäväylän molemmin puolin. Hankkeeseen kuuluu kauppakeskus pysäköintilaitoksineen, kahdeksan tornitaloa, sähkönsyöttöasema, kaupungin Terveys- ja hyvinvointikeskus sekä maanalainen pysäköintilaitos. Maanpäällisten kerrosten kerrosala on 169 495 m², maanalaisissa tiloissa sekä liiketiloissa on kerrosalaa 6875 m² sekä lämmitettyjä ja katettuja yleistä jalankulku ja matkustuspalvelutilaa on 3350 m². (1.)

5.1 4D-mallin käyttökokemukset referenssihankkeessa

Työn aikana käytetty ohjelmisto (Vico-office) antaa ohjelman käyttäjälle mahdollisuuden esittää kohde visuaalisesti ja ohjelman käyttökokemukset kohteessa perustuvat vielä runko- ja sisävalmistuksen aikataulun esittämiseen. Rakennuspuolen malli on todettu olevan hyvä kommunikaation väline esimerkiksi urakoitsijakokouksissa. Talotekniikan 4D-malli on vielä hieman puutteellinen joten sitä ei ole päästy käytännössä vielä käyttämään urakoitsijakokouksissa. Kohteessa talotekniikan 4D-mallissa suurimmat ongelmat liittyvät sen käytettävyyteen. Kun objekti- ja komponenttikirjasto on liian suuri vaikeuttaa se huomattavasti 4D-mallin pyörittämistä sekä toteumatietojen seuraamista, ohjelman kaatuessa. Käytetyssä 4D-ohjelmassa on huomattava määrä ominaisuuksia jotka tässä vaiheessa vielä ovat hyödyttömiä projektille ja mitä ei vielä käytetä työmaalla. Tämä kuormittaa ohjelmaa huomattavasti ja kun mallin käyttö on hidasta, vaikeuttaa se myös toteumatilanteiden seuraamista. Jatkoa ajatellen käyttäjän tulisi yksinkertaistaa objektien linkittämistä sekä jakaa kohde pienempiin osiin, esimerkiksi mallintamalla jokainen kerros omaksi 4D-malliksi. Työn aikana kävi myös ilmi että aikataulupohja oli kasvanut liian yksityiskohtaiseksi, ja ajatuksena oli että talotekniikan aikataulua muo-

kattaisiin yksinkertaisemmaksi, jotta 4D-mallista tulisi toimivampi. Talotekniikan 4D-mallinnuksessa löytyy kuitenkin potentiaalia, mutta sen käyttöön liittyy myös haasteita ja aikaa vieviä vaiheita joiden vaikutukset on kannattavaa ottaa huomioon talotekniikan 4D-mallinnusta harkittaessa. Tavoitteena pilottihankkeessa kuitenkin on, että talotekniikan 4D-mallista saataisiin tulevaisuudessa työkalu tuotannon käyttöön.

5.2 4D-mallinnuksen hyötyjä ja mahdollisuudet SRV Rakennus Oy:ssä

Vaikka tällä hetkellä 4D-mallin käyttö painottuu SRV:llä elementtiasennuksien ja runkovaiheen tuotannonohjaukseen, on tietomallinnusta kuitenkin mahdollista hyödyntää hankkeen muissa rakennusprosesseissa. Talotekniikan 4D-mallin käyttö tuotannonohjauksen työkaluna vaatii kuitenkin vielä jatkokehitystä. Kuten edellisessä osiossa mainittua on mallin käytössä vielä kehitystarpeita, mutta jos näistä ongelmakohdista päästään eroon on 4D-mallilla paljon potentiaalisia hyötyjä. On todennäköistä että tietomallin käyttö tuotannonohjauksessa kehittyy ja että talotekniikan osalta tullaan vielä käyttämään 4D-mallia tuotannonohjauksen työkaluna tulevaisuudessa.

Talotekniikan 4D-mallinnuksen potentiaaliset hyödyt:

- *Havainnollistaminen paranee.* Asennustilanteen simuloiminen ja aikataulun avulla saadaan parempi kuva työn määrästä. Nähdään konkreettisesti asennettavat komponentit ja niille määrätty aikataulu mikä auttaa myös resurssisuunnittelua. (12.)
- *Malli toimii työmaan aikatauluhallinnan tukena.* 4D-malli antaa suunnittelijalle mahdollisuuden parempaan aikataulusuunnitteluun ja mahdollisuuden tutkia työmaan asennussuunnitelmaa. Mallin avulla voidaan tutkia asennusjärjestyksen ja aikataulun välistä suhdetta. Malli tarjoaa mahdollisuuden tilannetietojen tarkasteluun, mallista saadaan havainnollistava näkymä, esimerkiksi mitkä talotekniikan osat ovat jo asennettuna ja mitä tullaan lähipäivinä asentamaan. (12.)

- *Ennakointi.* Tulevien ongelmakohtien simulointi mallin avulla, antaa mahdollisuuden reagoida sekä tunnistamaan asennusvaiheen mahdolliset tulevat ongelmakohdat. Esimerkiksi tilanpuute voidaan ottaa huomioon. Nähdään visuaalisesti paljonko työtä yhdellä alueella on suunniteltu tapahtuvan samanaikaisesti.
- *Resurssien koordinointi.* Alihankkijat voivat paremmin koordinoida töitään kun päästään visuaalisesti tarkastelemaan työn alla olevien, ja tulevien töiden määrää. Näin ollen myös pääurakoitsijalle syntyy mahdollisuus kustannussäästöihin ja parempaan resurssisuunnitteluun.. Kustannussäästöt taas perustuvat hyvään aikatauluhallintaan mikä on toimivan 4D-mallin lähtökohta. (13.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän insinööriyön taustana oli selvittää käytettävissä olevien ohjelmistojen soveltuvuutta talotekniikan 4D-mallinnukselle sekä kartoittaa 4D-mallinnuksen mahdollisuuksia kohdeyrityksen asennussuunnittelun ja tuotannonohjauksen näkökulmasta

Referenssikohteessa Kalasataman Keskus REDIssä on aloitettu kehitystyö uudella tutkimusalueella. Tämän insinööriyön perusteella voidaan todeta että projektissa tutkittu 4D-mallinnus osoitti potentiaalia talotekniikan tuotannonohjaukseen työkaluna, mutta tarvitsee vielä jatkokehitystä jotta 4D-mallinnus saataisiin toimimaan sujuvammin. Projektissa talotekniikan 4D-mallinnuksen suurimmat haasteet liittyvät sen sisältämään suureen objektimäärään mikä aiheuttaa mallinnuksessa ja mallin ylläpidossa suurta työmäärää. Aikatauluseuranta kävi raskaaksi ja kohteen toimintamalli on luultavimmin vääränlainen 4D-mallinnukselle, kun kaikkia suunnitelmia ei vielä ollut julkaistu. Työn perusteella voidaan todeta, että projektissa tutkittu 4D-mallinnusprosessi ja siinä käytetyt ohjelmasovellukset osoittavat paljon potentiaalia talotekniikan tuotannonohjauksen työkaluina. Ohjelmat soveltuvat ja ovat varteenotettavia työkaluja mallinnusprosessia varten. 4D-malli vaatii kuitenkin vielä jatkokehitystä, jotta talotekniikan tuotannonohjaus työmaalla saataisiin toimimaan sujuvammin.

4D-mallinnuksen ollessa rakennusalalla, varsinkin taloteknisellä puolella, vielä kehitysvaiheessa vaatii se tekijältä monen mallinnusohjelman sujuvaa osaamista. Mallintajalta vaaditaan vahvaa tietomalliosaamista, aikataulutushjelmien käyttöä sekä taloteknistä tuntemusta. Näiden kaikkien osa-alueiden kombinaation osaamista ei kuitenkaan kovin usein löydy yhdeltä ihmiseltä, joten tämäkin lisää työmäärää 4D-mallin toteuttamisessa.

Projektin aikana pidettiin tilannekatsauksia, missä keskusteltiin yhdessä muun muassa työmaapäällikön ja ulkoistetun konsulttiyrityksen kanssa erilaisista lähestymistavoista ja siitä miten projektia haluttiin toteuttaa ja mitä 4D-mallinnuksella haluttiin saavuttaa. Näissä tilannekatsauksissa saatiin paljon uusia ehdotuksia miten kehittää mallinnuksen vaiheita ja suunnitteluprosesseja jatkossa. Tilannekatsauksissa todettiin myös että talotekniikan 4D-mallin toteuttaminen referenssikohteessa on teknisesti mahdollista työmaalla käytössä olevilla ohjelmilla. Projektin aikana saatiin hyviä kokemuksia 4D-mallin hyödyntämisessä nimenomaan aikataulusuunnittelun työkaluna.

Jotta tietomallipohjaista tuotannonohjausta voitaisiin jatkossa tehdä helpommin, tulisi kohde jakaa pienempiin osiin ja jatkossa kenties referenssikohteeksi valita pienempi ja yksinkertaisempi hanke. Kun tietomallinnukseen käytettävät ohjelmistot kehittyvät, tulevat 4D-tietomallien hyödyt tulevaisuudessa olemaan suurempia.

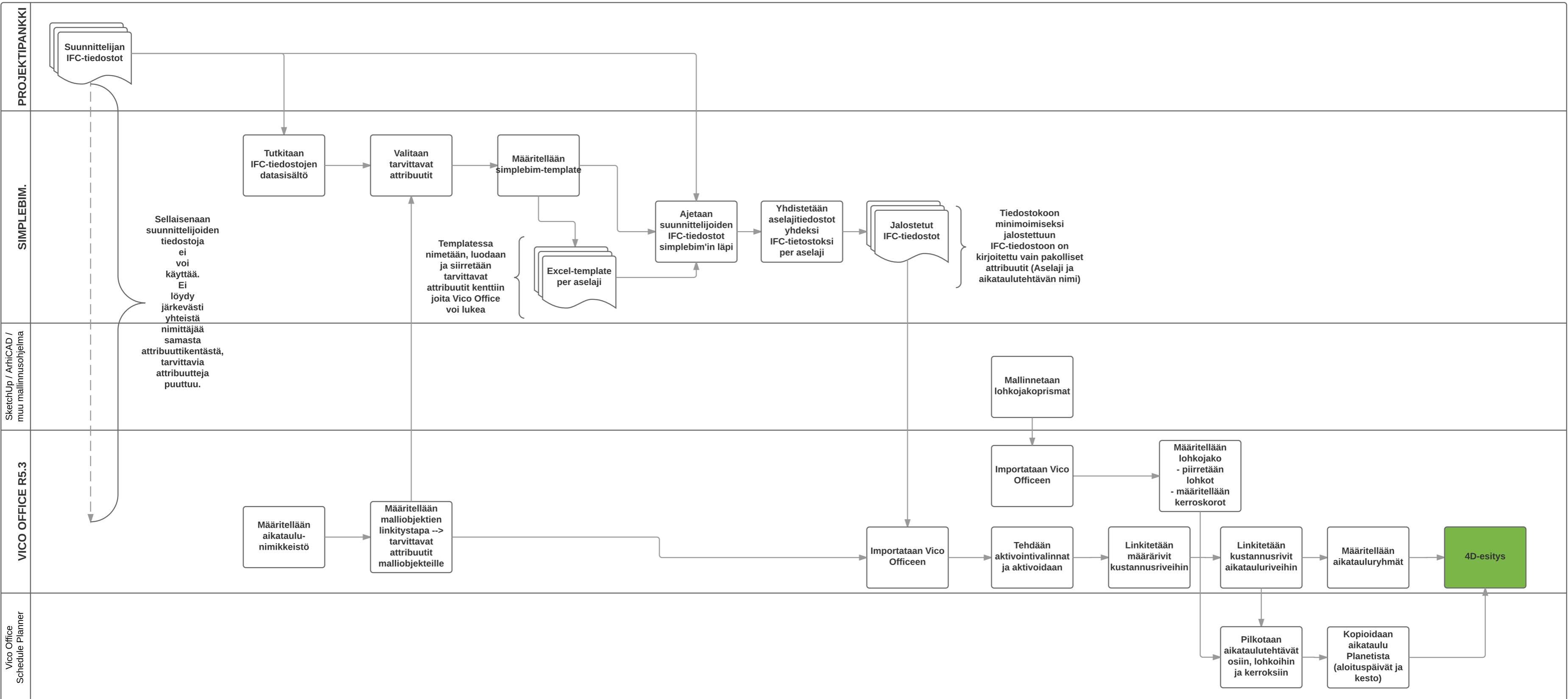
LÄHDELUETTELO

- (1) SRV Yhtiöt Oyj. 2016. Verkkodokumentti. Saatavissa: <https://www.srv.fi/toimitilat/redi> (Viitattu 22.12.2016)
- (2) Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL) 2016. *Tietomallinnus*. 2016. Saatavissa: <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>. (Viitattu 22.8.2016)
- (3) Ristolainen, Kari. 2015. *Tietomallinnus BIM rakennuttamisessa-TATE*, Parviainen Arkkitehdit Oy Ltd. Saatavissa: www.sulvi.fi/wp-content/uploads/.../20150825-BIM-rakennuttamisessa-TATE.pdf. (Viitattu 22.08.2016)
- (4) Trimble Solutions Corporation 2016. *Vico Software, Products*. Saatavissa: <http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM>. (Viitattu 27.9.2016)
- (5) Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 4. 2012 BuildingSmart Finland. Saatavissa: http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_4_tate.pdf (Viitattu 26.8.2016)
- (6) Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 1. 2012 BuildingSmart Finland. Saatavissa: http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf (Viitattu 26.8.2016)
- (7) Järvinen, Tero. 2016. *Talotekninen-suunnittelu-tietomallit*, Granlund Oy. Verkkodokumentti. Saatavissa: docplayer.fi/3279422-Talotekninen-suunnittelu-tietomallit.html. (Viitattu 4.10.2016)
- (8) Rakennustieto Oy. 2016. *Ratu – Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*, Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/6021.html.stx>. (Viitattu 12.10.2016)
- (9) Arto, K., Martinsuo, M., Kujala, J. 2006. *Projektiliiketoiminta*. Helsinki, WSOY Oppimateriaalit Oy. (Viitattu 13.10.2016)

- (10) Rakennustieto Oy. 2016 *Aikataulukirja 2016*, Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/6028.html.stx>. (Viitattu 19.10.2016)
- (11) Sulankivi K., Mäkelä T., Kiviniemi M., 2009. *Tietomalli ja työmaan turvallisuus*. VTT. TurvaBIM hankkeen loppuraportti. 2009. Saatavissa: www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_loppuraportti_090312.pdf (Viitattu 27.10.2016)
- (12) Sulankivi Kristiina. 2004. *Kokemuksia tuotemallin ja 4D:n hyödyntämisestä pilot-tihankkeissa*. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Saatavissa: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_pilottiraportti_vanha.pdf (Viitattu 10.11.2016)
- (13) Jouni Ojala. 2016. Rakennuslordi Oy. 2016. (Viitattu 13.12.2016)
- (14) Trimble Solutions Corporation 2016. *Vico-ohjelmistot*. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/vico-ohjelmistot> (Viitattu 1.11.2016)
- (15) Micro Aided Design Oy, M.A.D. 2016. Saatavissa: <http://www.mad.fi/tuotteet/archicad> (Viitattu 3.11.2016)
- (16) Datacubist Oy 2009-2016. Saatavissa: <http://www.datacubist.com/features/> (Viitattu 3.11.2016)

LIITTEET

Liite 1. Talotekniikan Vico Officen 4D-mallin luomisprosessi





Sammandrag svenska

Krister Dahlgren

4D-modellering som verktyg för installationsteknikens produktionsstyrning

Byggnadsinformationsmodellering eller förkortat BIM, är en digital datormodell av byggnaden i 3D-format. Modellen innehåller information om material, som använts i byggnaden, fastighetens teknik samt teknikens egenskaper. Ur informationen som byggnadsinformationsmodellen ger, kan man se i 3D-format vad det egentligen är som VVS-planeraren har planerat. Man kan se till exempel vad för slags don är planerade eller storleken på planerade luftkanaler. Med hjälp av modellen är det också lätt att visualisera i 3D-format vilket objekt skall installeras först och i vilken installationshöjd till exempel luftkanalen skall installeras. Sammanfattningsvis kan man beskriva en informationsmodell som en 3D-modell med syfte att integrera ett helt projekt i ett och samma paket.

Modellen innehåller och kombinerar alla planeringsområdets dwg-ritningar, eller CAD-ritningar, från arkitekt, infra, bygg och installationsteknik. Dessa CAD-ritningar ändras av planerarna till IFC-filer (eng. Industry Foundation Classes), varefter de kombineras med varandra och tillsammans bildar de en helhet, det vill säga informationsmodellen. Byggnadsinformationsmodeller har varit i bruk under en längre tid vid planering av installationstekniska lösningar samt vid visualisering av installationsordning och kollisionssgranskning av tekniken. Det är först nyligen som man förstått att den traditionella 3D-modellen kan även användas för andra ändamål. När en tidsaspekt kopplas till 3D-modellens objekt som en tidsplan för byggprojektet, kan man tala om 4D-planering. 4D-modellen tillåter användaren att göra produktionsstyrning inom installationstekniken med nya metoder då användaren kan med hjälp av tidsplanen undersöka när och var någon specifik komponent skall vara installerad.

Tidsplanen som kopplas till 3D-modellen, måste vara väl uttänkt och planerad för att produktionsstyrningen i 4D-modellen kan fungera. När alla uppgifter och byggsleden tas i betraktande och de grundar sig på de föregående skeden, som måste vara gjorda för att kunna utföra det planerade arbetet, kan man tala om ett välgjort och effektivt tidsschema. För att 4D-modellen skall fungera och vara användbar under hela projektet, måste tidsschemat hela tiden granskas och uppdateras. Om något visst arbetsskede av någon orsak fördröjs, måste planeraren uppdatera tidsplanen så att 4D-modellen hela tiden är

aktuell och följer de förverkligade arbetskedan på bygget. Detta är det ända sättet att få 4D-modellen att fungera som ett verktyg för produktionsstyrningen inom installationstekniken på bygget.

Företag har börjat utveckla 4D-informationsmodelleringen för att till exempel kunna förbättra på produktionsstyrningen på byggområdet. Traditionella metoder, så som tidsschemat i form av linjegrafer tillsammans med en uppbyggd 3D-modell, tillåter inte granskaren att följa med produktionsstyrningen på ett tillräckligt tydligt sätt. 4D-modellen tillåter granskaren att välja, med hjälp av en tidslinje, en viss tidpunkt som skall granskas, och därefter kan man visuellt se på datorskärmen hur mycket och vad som borde vara installerat just den tidpunkten. Med hjälp av 4D-modellen kan VVS-planerarna bilda ett mer detaljerat schema om hur och när komponenterna skall vara installerade, då man visuellt ser i modellen till exempel när en vägg är planerat att vara byggd.

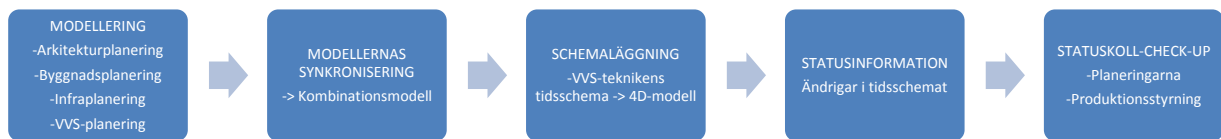
Syftet med detta examensarbete var att undersöka och avgöra lämpligheten av tillgänglig programvara för 4D-modelleringsprocessen. Syftet var också att hitta rätt modelleringsprocess samt kartlägga 4D-modellernas möjligheter inom företagets installationstekniska produktionsstyrning. Målet med projektet var även att skapa en 4D-modell för produktionsstyrningen samt dokumentera processen som kunde fungera som en grund för framtida modelleringsprojekt. 4D-modelleringen i examensarbetet gjordes för Fiskehamnens centrum projekt REDI och arbetet gjordes som beställning för SRV Rakennus Oy.

Själva processen för 4D-modellering baserar sig långt på den normala processen för 3D-informationsmodellering. Planerarna för de olika planeringsområdena gör sina egna CAD-ritningar i dwg-format efter det ändras ritningarna till IFC-format. Efter detta byggs 3D-modellen ihop med hjälp av en informationsmodelleringsprogramvara som till exempel Solibri Model Checker. Det ända som skiljer 3D-modellen från 4D-modellen, är då man integrerar en tidsaspekt för installationstekniska objekten i form av ett tidschema till modellen.

Efter detta skall modellens alla installationstekniska komponenter schemaläggas. I en installationsteknisk 4D-modell uppkommer det problem då modellen innehåller tusentals komponenter, som alla måste schemaläggas skilt. Desto större projektet är, desto mer detaljerad måste tidsplaneringen vara. I större projekt måste 4D-modellen högst antagligen delas i zoner.

4D-modelleringsprocessen låter inte så arbetskrävande när man beskriver processen som länkandet av ett tidsschema till en 3D-modell. De största svårigheterna och de mest arbetskrävande skeden är då man skall upprätthålla 4D-modellen aktuell. De stora objektmängderna som installationstekniken innehåller, gör också användbarheten av programmet trögt och arbetskrävande. I detta projekt användes och undersöktes 4D-modellering med programmet Vico-Office. Nedan är en förenklad beskrivning på instruktioner samt processen för att bilda en fungerande 4D-informationsmodell för installationstekniken.

1. Hämta från projektets projektbank planerarnas IFC-filer
2. Undersök IFC-filerna med hjälp av ett modelleringsprogram som Simplebim, och se till att filerna innehåller tillräckligt med information för 4D-modelleringen.
3. Gör ett tidsschema för installationstekniken i projektet, och se till att då man namnger arbetsuppgifterna i tidsschemat, att de håller ihop med komponenternas namn i 4D-modellen.
4. Grunda en Simplebim tabell och en Excel tabell som motsvarar varandra. I denna tabell kan man lätt överföra sina attributförändringar, som görs i Simplebim, tillbaka till en Excel tabell som man senare kan överföra till 4D-modellen efter man gjort förändringar i attributen.
5. Om projektet är stort, är det önskvärt att med hjälp av programmet ArchiCAD, dela modellen i zoner. Om detta görs, måste man komma ihåg att också lägga till zon-attributet i tidschemat för komponenten.
6. Överför de behandlade IFC-filerna till Vico Office 4D-programmet
7. Undersök din 4D-modell och kontrollera med hjälp av tidslinjen om din installationsteknik är genomförbar och att den går hand i hand med projektets andra tidsscheman. Efter det är din 4D-informationsmodell klar.



Programmet Vico-Office som användes under projektet ger en möjlighet åt användaren att visuellt inspektera bygget. Erfarenheterna i användningen av programmet och 4D-modelleringens erfarenheter i projektet, baserar sig ännu på att styra produktionen för rambygget av projektet och för att visualisera tidsschemat för inredningen. Denna del av modelleringen har konstaterats fungera och därför har man på företaget nu börja undersöka om 4D-modellering kunde implementeras i installationstekniken. För installationstekniken är 4D-modellen ännu en aning ofullständig och den har inte ännu tagits i bruk för produktionsstyrningsmöten.

Baserat på detta examensarbete kan man som slutsats säga att den programvara som används i modelleringsprocessen visade potential och att programmen är beaktansvärda verktyg för produktionsstyrningen som görs med hjälp av en 4D-modell. Det är dock värt att nämna att modellen kräver ytterligare utveckling inom installationstekniken, för att kunna utföra produktionsstyrningen på ett smidigt sätt. De största utmaningarna med modellen, var de stora mängderna objekt som själva informationsmodellen innehöll. Dessa objekt mängder belastade programvaran och gjorde användbarheten svår eftersom programmet blev trögt och slutade ofta fungera. Programmet Vico-Office som användes innehöll också mängder med egenskaper och aspekter som inte ännu används i 4D-modelleringen, belastade säkert också användningen. När användbarheten blev tung var det också svårt att följa med om tidsschemat på bygget var aktuell. Under arbetets gång blev det också klart att eftersom projektet var stort, så hade också tidschemat blivit för detaljerat.

I framtiden kan man tänka sig att förenkla sammankopplingen med tidsschemat och objekten. Man skulle kunna till exempel förenkla en installationstekniks alla arbetskedan till en egen arbetsuppgift, och på detta sätt också förkorta tidsschemat. Förbättringsidéer är att i framtiden dela en stor 4D-modell i mindre delar som till exempel till egna skilda våningsmodeller.

Eftersom 4D-modelleringen på byggbranschen, särskilt på den installationstekniska sidan, ännu är i utvecklingsstadiet, kommer 4D-modellernas fördelar på byggbranschen att högst antagligen bli större i framtiden, då modelleringsprocessen och programvaran utvecklas.