

Laura Raatesalmi

Tietomalli toteutuksenaikaisen suunnittelun ohjauksen työkaluna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

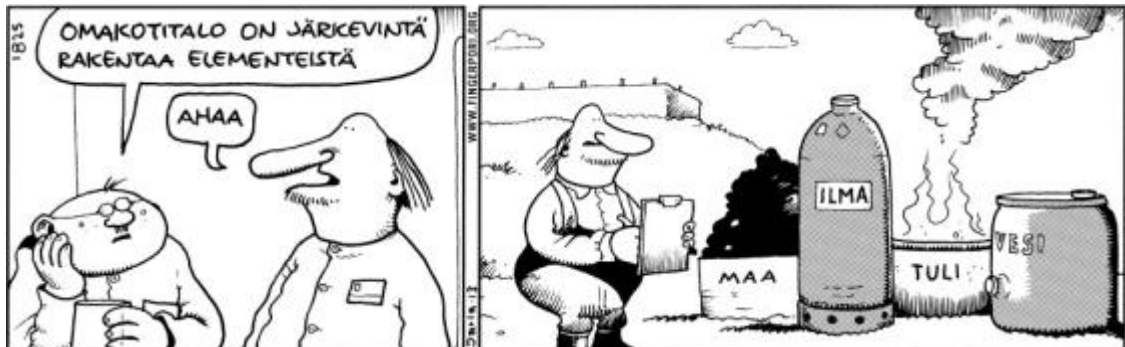
17.4.2013

Alkusanat

Insinööri työ tehtiin SRV Rakennus Oy:n toimeksiannosta. Aikataulu työn tekoon oli tiukka, mutta hetkellisellä sosiaalisen elämän uhrauksella työ saatiin valmiiksi.

Haluan kiittää työni valvojaa lehtori Kimmo Sania Metropolista ja ohjaajaa Mikko Viti-kaista SRV Rakennus Oy:stä hyvästä ohjauksesta, neuvoista ja rakentavasta palautteesta. Ilman Mikon kannustavaa ohjausta varmaan vieläkin arpoisin, onko toukokuussa valmistuminen tällä aikataululla edes mahdollista. Kiitos Jyrki Maalahdelle ja Pekka Kähköselle haastatteluista. Iso kiitos myös Arille, Pasille ja Ainolle, jotka auttoivat palautteillaan insinööriyön teossa, sekä Matiakselle, joka jaksoi tukea ja kannustaa koko insinööriyön teon ajan.

Jos alla olevan sarjakuvan omakotitalon rakennusprojektissa olisi käytetty tietomallia, suunnitelmien epäselvyydeltä olisi mahdollisesti voitu välttyä:



(Kuva: Jarla, Pertti. Helsingin Sanomat. 31.1.2013)

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Laura Raatesalmi Tietomalli toteutuksenaikaisen suunnittelun ohjauksen työkaluna 47 sivua + 2 liitettä 17.4.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Kimmo Sani Projekti-insinööri Mikko Vitikainen
<p>Insinööriyö tehtiin SRV Rakennus Oy:lle tietomalliin ja suunnittelun ohjaukseen liittyen. SRV Rakennus Oy toteuttaa hankkeita projektinjohtourakoina. Projektinjohtototeutus mahdollistaa mm. hankkeen läpivientiajan lyhentämisen, kun toteutussuunnittelu, rakentaminen ja hankinnat limittyvät. Toisaalta taas vaiheiden limittyminen tuo lisähaasteita toteutusvaiheen suunnittelun ohjaukselle, sillä suunnitelmien valmistumisella on suora vaikutus hankintojen suoritukseen aikataulun mukaisesti ja sitä kautta koko hankkeen läpivientiin.</p> <p>Tietomallien käyttö on yleistynyt hankkeiden läpiviennissä. Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, mitä työkaluja tietomalli tarjoaa toteutuksenaikaiseen suunnittelun ohjaukseen. Tämän lisäksi insinööriyön tavoitteena oli kuvata toteutuksenaikaisen suunnittelun ohjauksen kulku.</p> <p>Insinööriyön tutkimusaineistona käytettiin kirjallisuutta ja haastatteluiden kautta saatua tietoa käytännön toteutuksesta. Näiden pohjalta selvitettiin suunnittelun ohjauksen tehtävät sekä tietomallin ominaisuudet ja hyödyt.</p> <p>Insinööriyössä pohdittiin, miten tietomallin eri ominaisuuksia voidaan käyttää suunnittelun ohjauksessa. Insinööriyön lopputuloksena koottiin lista tietomallin tuomista työkaluista suunnittelun ohjauksen tehtäviin ja toimenpiteisiin.</p>	
Avainsanat	projektinjohtourakointi, suunnittelun ohjaus, tietomalli

Author Title Number of Pages Date	Laura Raatesalmi BIM as a tool in design coordination during the construction phase 47 pages + 2 appendices 17 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Kimmo Sani, Senior Lecturer Mikko Vitikainen, Project Engineer
<p>This thesis was made for SRV Construction, and it focuses on Building Information Model (BIM) and design coordination. SRV Construction offers project management for various projects. Project management contracting enables shortening the duration of the project by overlapping design, construction and procurement. On the other hand, overlapping the three phases makes design coordination during the construction phase more challenging.</p> <p>Exploiting the BIM has become more common in the completion of projects. The aim of this thesis was to find out how BIM can be exploited in design coordination during the construction phase. In addition to that, the goal was to describe the course of the design coordination.</p> <p>The research data consisted of literature and interviews. The research data was the basis for finding out the procedure of the design coordination and the features and benefits of BIM.</p> <p>How BIM's features can be used as tools in design coordination was considered. A list of actions and tasks and how BIM can be exploited in design coordination during the construction phase was put together.</p>	
Keywords	Building Information Model, design coordination, project management contracting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Yritys	1
1.2	Työn taustat	1
1.3	Tavoitteet ja rajaukset	2
2	Suunnittelun ohjaus	3
2.1	Suunnittelun ohjaus projektinjohtorakentamisessa	3
2.2	Suunnittelun ohjauksen hallintamenetelmiä	5
2.2.1	Suunnittelu- ja hankinta-aikataulu	5
2.2.2	Suunnittelukokoukset	6
2.2.3	Suunnitelmakatselmukset	7
2.2.4	Risteilypalaverit	7
2.3	Projektinjohtourakoitsijan velvollisuudet	7
2.3.1	Suunnitelma- ja hankintapaketit	8
2.3.2	Suunnitelmien sisältö	9
2.3.3	Aikataulu	9
2.3.4	Työturvallisuus	10
2.3.5	Käyttö- ja huolto-ohje	10
2.4	Toteutusvaiheen suunnittelun ohjaus	10
2.4.1	Suunnittelun ohjausorganisaatio	10
2.4.2	Aika-, kustannus- ja laatutavoitteidenmukaisuus	11
2.4.3	Suunnittelun ohjaus työmaalla	12
2.5	Suunnittelun ohjauksen haasteet	12
2.6	Onnistunut suunnittelun ohjaus	13
2.6.1	Toteutuksenaikaisen suunnittelun ohjauksen kulku	15
2.6.2	Tavoitteiden saavuttaminen	17
3	Tietomalli	18
3.1	Historia	18
3.2	Mikä on tietomalli ja mitä sillä tehdään?	18
3.2.1	Perinteiset 2D-suunnitelmat vs. tietomalli	19
3.2.2	3D-malli vs. tietomalli	20
3.3	Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteet	20
3.4	Tiedonsiirto	21

3.5	Ohjelmistot	23
3.5.1	Suunnitteluohjelmistot	23
3.5.2	Tietomallien tarkastusohjelmistot ja tietomallipalvelin	25
3.5.3	Tietomallien analysointi- ja simulointiohjelmistot	26
3.6	Tietomallin käyttö hankkeissa	27
3.7	Tietomallien haasteet	28
4	Tietomalli työkaluna suunnittelun ohjauksessa	29
4.1	Tietomallin ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet	29
4.1.1	Simulointi	29
4.1.2	Kustannustavoitteiden saavuttaminen	30
4.1.3	Havainnollistaminen ja visuaalisuus	30
4.1.4	Aikataulun laadinta	32
4.1.5	Törmäilytarkastelut	34
4.2	Tietomalli suunnittelun ohjauksen tehtävissä ja toimenpiteissä	36
4.2.1	Suunnitelmapakettijako	36
4.2.2	Suunnitelmien toteutuskelpoisuus	36
4.2.3	Työturvallisuuden huomioiminen suunnitelmissa	37
4.2.4	Suunnitelmamuutosten hallinta	38
4.2.5	Tietomalli suunnittelukokouksissa	38
4.2.6	Tietomalli risteilypalavereissa	40
4.2.7	Tietomalli suunnitelmakatselmuksissa	40
4.2.8	Mallikatselmukset	41
4.3	Miten tietomalli muuttaa perinteistä suunnittelun ohjausta?	42
5	Johtopäätökset ja yhteenveto	43
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelukysymykset	
	Liite 2. Tietomalli suunnittelun ohjauksen tehtävissä ja toimenpiteissä	

Lyhenteet

Alsipercha-putoamissuojausjärjestelmä

Putoamissuojain, koostuu hirsipuun mallisesta metallirungosta, jonka vaakasuunnan pituus on 2,5 metriä ja pystysuunnan pituus 4,3 metriä. Työntekijän valjaihinkin kiinnitettävä varmistusköysi sijaitsee vaakaosan päässä.

BIM (*Building Information Model*)

Rakennuksen tietomalli.

Hankintapaketti

Urakkasuoritus tai toimitus, joka ajoitetaan yhtenä kokonaisuutena. Hankintapaketti on pienin suunniteltava hankintakokonaisuus. Pakettia voidaan jakaa tai yhdistää varsinaisiksi hankinnoiksi.

IFC (*Industry Foundation Classes*)

Kansainvälinen tietomalliperusteisessa suunnittelussa tiedonsiirtoon käytetty standardi.

PJU Projektinjohtourakoitsija.

SUKE Suunnittelujärjestelmän kehittäminen talonrakennuksen projektinjohtoteutuksessa. Kehitysprojekti, jonka tavoitteena on ollut projektinjohtohankkeiden kehittäminen.

Suunnitelmapaketti

Samanaikaisesti suunniteltava toteutussuunnitelmien kokonaisuus, joka palvelee yhtä tai useampaa hankintapakettia. Hankintapakettien edellyttämien suunnitelma-asiakirjojen toimitusajat voidaan porrastaa.

Tilamalli

Hankesuunnitteluvaiheessa arkkitehdin toteuttama karkealla tasolla oleva suunnitelma rakennuksesta. Tilamalli koostuu useasta tilaobjektista.

Tilaobjekti

Mallinnusohjelmiston tilatyökaluilla tuotettu kolmiulotteinen objekti, jota rajaavat tilaa ympäröivät seinät, katto ja lattia.

Yleissuunnittelu

Projektinjohtototeutuksessa käytetty SUKE-mallin mukainen nimitys luonnossuunnittelulle. Yleissuunnittelu kuvaa luonnossuunnittelua paremmin toteutussuunnittelua edeltävän vaiheen, sillä PJ-hankkeissa rakennustyöt aloitetaan yleissuunnitelman pohjalta, minkä jälkeen niitä ei suuremmin voi korjailta.

1 Johdanto

1.1 Yritys

SRV on johtava projektinjohtourakoitsija ja kiinteistöhankeiden kehittäjä Suomessa. Yhtiö kehittää ja rakentaa liike- ja toimitiloja, asuntoja, teollisuus-, logistiikka- ja kallio-rakennuskohteita sekä yritys- ja asuinalueita Suomessa. SRV toimii Suomessa pääkaupunkiseudulla, Turussa, Tampereella, Oulussa, Jyväskylässä, Lappeenrannassa ja Joensuussa. Suomen lisäksi SRV toimii Venäjällä ja Baltiassa. [1.]

SRV:n liikeidea on olla rakennushankkeiden innovatiivinen kokonaistoteuttaja, joka asiakaslähtöisesti vastaa hankkeiden kehittämisestä, kaupallistamisesta sekä rakentamisesta. SRV:n tehtävä on elämänlaadun parantaminen rakennetun ympäristön kestäville ratkaisuille. [1.]

SRV toteuttaa urakoita projektinjohtona. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että SRV johtaa hankkeita läheisessä yhteistyössä tilaajan kanssa ja että SRV pääasiallisesti tarjoaa hankkeeseen projektinjohtoryhmän eikä välttämättä lainkaan omia rakennustyöntekijöitä. Projektinjohtototeutuksessa rakennustyö on pilkottu useisiin hankintoihin, jotka kilpailutetaan suunnittelun etenemisen tahdissa. [2 s. 11.]

1.2 Työn taustat

Perinteisissä pääurakkamuodoissa toteutussuunnittelu saatetaan loppuun ennen rakentamisvaiheen alkamista. Projektinjohtototeutuksessa toteutussuunnittelu, hankinnat ja rakentaminen on limitetty keskenään ja toteutetaan hankinnoittain. Vaiheiden limitämisen avulla hankkeen kestoa pystytään lyhentämään ja hankkeen toteutussuunnitteluaikaa saadaan pidennettyä. Tämä myös mahdollistaa paremman joustavuuden suunnitelmamuutoksille (esimerkiksi käyttäjän tilamuutokset jne.) rakentamisvaiheen aikana. [2 s. 5.]

Toisaalta taas projektinjohtototeutus tuo lisähaasteita suunnittelun toteutumiselle ja ohjaukselle. Suunnitelmien puutteellisuus ja toimituksien myöhästyminen ovat ongelmia rakennushankkeissa. Toteutussuunnittelun, hankintojen sekä rakentamisen limit-

tymisen vuoksi suunnitelma-aikataululta vaaditaan erityistä tarkkuutta ja pitävyyttä, sillä hankintapaketin suunnitelmien puutteet viivästyttävät hankintojen tekoa ja rakentamisen etenemistä. Suunnittelun ohjauksella hallitaan mm. suunnitelmien laadintaa ja yhteensopivuutta sekä valvotaan suunnitelma-aikataulussa pysymistä. [2 s. 5.]

Suunnittelun ohjaus saattaa vaikuttaa merkittävästi koko hankkeen aikataulussa pysymiseen – miten siis suunnittelun ohjaus toteutetaan onnistuneesti? Yksi suunnittelun ohjauksen apuvälineistä on rakennuksen tietomalli (englanniksi *Building Information Model*, lyhyemmin *BIM*). Tietomallien käyttö on yleistynyt hankkeiden läpivienneissä. Tietomallilla pystytään helpommin havaitsemaan suunnitelmien epäkohdat ja havainnollistamaan suunnitelmien sisältö kuin 2D-piirustuksin, tietomallin tarkkuustaso huomioiden. Mitä työkaluja tietomalli tarjoaa suunnittelun ohjaukselle? [3 s. 10.]

1.3 Tavoitteet ja rajaukset

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, miten toteutuksenaikainen suunnittelun ohjaus toteutetaan ja mitä asioita se käsittää, kuvata suunnittelun ohjauksen kulku kohteen edetessä sekä tutkia, miten tietomallia käytetään ja hyödynnetään käytännönläheisesti suunnittelun ohjauksessa jokapäiväisessä työssä. Työn teoreettinen viitekehys muodostuu yleisestä suunnittelun ohjauksikäytännöstä ja suunnittelun ohjausta käsittelevästä kirjallisuudesta (mm. Juhani Kiiraksen raportit aiheesta).

Insinööriyö rajataan toteutusaikaiseen suunnittelun ohjaukseen projektinjohtourakassa. Tutkimus keskittyy uudisrakentamiseen. Tutkimus rajataan käsittelemään toteutusvaiheen suunnittelun ohjausta pääurakoitsijan näkökulmasta, pääpainotus on RAK- ja ARK-suunnittelun ohjauksella. Tutkimusaineistona käytetään haastatteluista ja kirjallisuudesta kerättyjä tietoja. Insinööriyössä keskeistä on tutkia tietomallin osuutta ja hyödyntämistä suunnittelun ohjauksessa.

Insinööriyön tutkimuskysymykset:

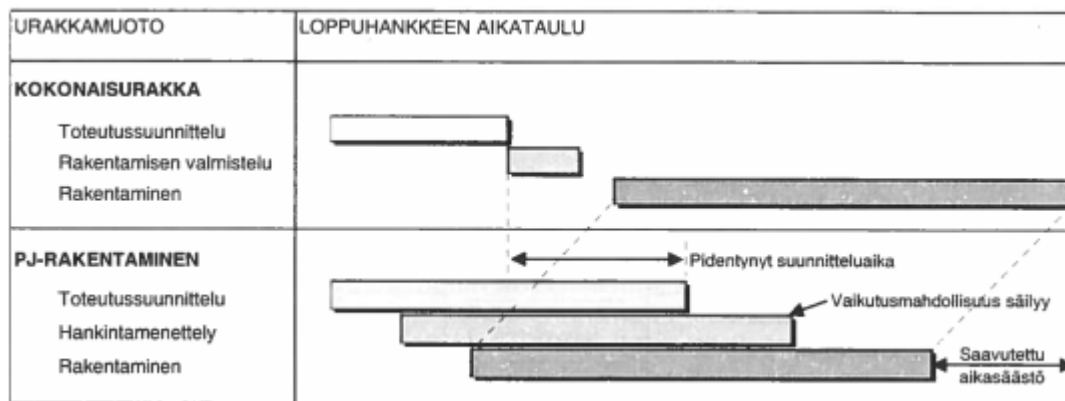
- Mitä toteutuksenaikainen suunnittelun ohjaus sisältää?
- Mitä työkaluja tietomalli tarjoaa suunnittelun ohjaukselle?
- Miten tietomallin käyttö muuttaa perinteistä suunnittelun ohjausta?

2 Suunnittelun ohjaus

Suunnittelun ohjauksen tarkoitus on varmistaa, että hankkeelle asetetut laatu-, budjetti- ja aikataulutavoitteet saavutetaan, ja että suunnitelmaratkaisut tukevat niille asetettuja tavoitteita [4 s. 15].

2.1 Suunnittelun ohjaus projektinjohtorakentamisessa

Toteutussuunnittelun, rakentamisen ja hankintojen limityksellä pystytään mm. lyhentämään hankkeen läpivientiaikaa [2 s. 11]. Kuvassa 1 on verrattu perinteisen kokonaishintaaurakan ja projektinjohtorakentamiselle ominaisen tavoitehintaaurakan aikatauluja toteutussuunnitteluvaiheen alusta rakentamisvaiheen loppuun. Kuten kuvasta voidaan nähdä, projektinjohtorakentamisella ajallisen säästön lisäksi mahdollistetaan kokonaishintaaurakkaa pidempi aika toteutussuunnittelulle.



Kuva 1. Projektinjohtorakentamisella saavutetaan ajallinen säästö perinteiseen kokonaishintaaurakkaan verrattuna [2 s. 12].

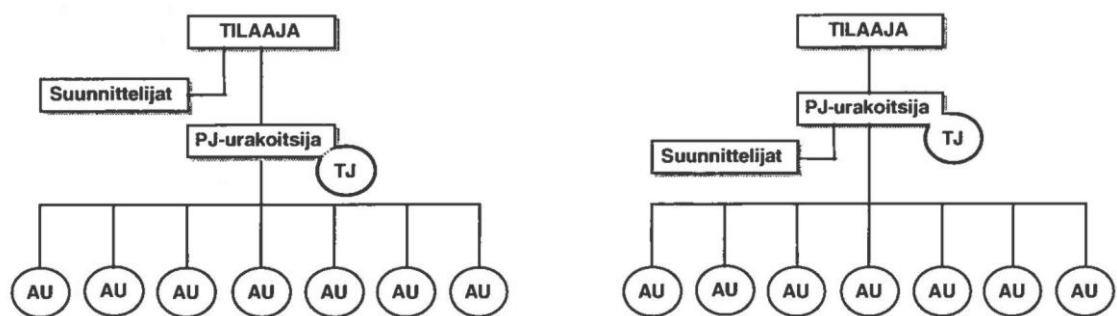
Toteutussuunnitteluvaiheen alussa määritetään hankkeen kustannukset sekä hankintastrategia. Tavoitehintaaurakan yksi tavoite on antaa tilaajalle tarkempaa tietoa lopullisista kustannuksista jo hankkeen alussa kuin mitä kokonaishintaaurakassa pystytään antamaan. Tilaaja maksaa PJU:lle toteutuneiden kustannusten mukaisesti. Jos tavoitebudjetti alitetaan, PJU:lle maksetaan ennalta sovittu palkkio. Jos taas tavoitebudjetti ylitetään, PJU on velvollinen korvaamaan tilaajalle tietyn osuuden urakkahinnasta. Tavoitehintaaurakalle voidaan myös asettaa kattohinta, jonka ylittyessä kaikki kustannukset ovat PJU:n vastuulla. [2 s. 6-7 & 22.]

SUKE-mallissa (Suunnittelujärjestelmän kehittäminen talonrakennuksen projektinjohtototeutuksessa) suunnitelmat jaetaan kiinteän perusosan ja muuntuvan tilaosan suunnitelmiin. Kiinteä perusosa käsittää rakennuksen perusrakenteet kuten kantavat rakenteet. Muuntuva tilaosa pitää sisällään muuntojouston ja jaettavuuden perusteella määritetyt rakennusosat ja tilat, jotka suunnitellaan, hankitaan ja rakennetaan vasta, kun niistä on tehty ratkaisevat päätökset. Jaottelu kiinteään perusosaan ja muuntuvaan tilaosaan tukee kestäväen kehityksen periaatteita ja nostaa rakennuksen arvoa, kun rakennuksen tilamuutokset ovat tulevaisuudessa helposti toteutettavissa pienin kustannuksin esimerkiksi käyttäjän vaihtuessa. Suunnitelmat tuotetaan suunnitelmapaketeina, jotka edelleen jaetaan hankintapaketeiksi ja hankinnoiksi. Hankinnan suorituksen jälkeen voidaan aloittaa rakennusvaiheen valmistelu, ja lopulta kyseisen työvaiheen rakentamisvaihe voidaan aloittaa. [2 s. 6-7 & 22.]

Projektinjohtorakentamisessa rakennusaikainen suunnittelu on joustavaa, mikä taas palvelee tilannetta, jossa kaikki käyttäjät eivät ole vielä tiedossa. Suunnitelmat valmistuvat silloin, kun tietty rakennusvaihe niitä vaatii eikä kuukausia ennen kyseisen rakennusvaiheen alkamista. Projektinjohtorakentaminen mahdollistaa tilaajan vaikutusmahdollisuuden tehdä tilaratkaisut myöhemmässä vaiheessa rakennusurakkaa. Tilaajalla on viimekädessä päätösvalta koskien suunnitelmia ja hankintoja ja täten päättää toimitusten hinta- ja laatuvalinnoista. Toisaalta taas rakennusvaiheiden limittyminen ja hankkeen läpivientiajan pituus projektinjohtourakassa vaativat paljon suunnitelma-aikataulun tarkkuudelta, ja täten siis suunnittelun ohjauksen tärkeys korostuu. Projektinjohtourakoitsija laatii suunnitelma- ja hankintajakoon perustuvan suunnitelma-aikataulun yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa. Suunnitelma-aikataulua laadittaessa on muun muassa varauduttava tiettyjen tuotteiden pitkiin valmistus- ja toimitusaikoihin siten, että tuotteiden tilaukset on ajallisesti mahdollista tehdä suunnitelmien valmistuttua ja ennen kyseessä olevan rakennusvaiheen aloitusta. [2 s. 11, 15 & 47; 4 s. 42.]

Rakentamisen laadun varmistamiseksi on erityisen tärkeää, että suunnitteluprosessi hallitaan toimivasti. Suunnittelun ohjaus on ennen kaikkea rakennushankkeen osapuolten yhteistyötä. Kuitenkin suunnittelun ohjauksen onnistuminen vaatii selkeän vastuujonon ennen sopimusten allekirjoittamista ja hankkeen aloittamista. Kuvassa 2 on esitetty vaihtoehdot, miten sopimussuhteet projektinjohtourakassa toteutuvat. Jos suunnittelusopimukset ovat PJU:n nimissä, on suunnittelun ohjausvastuu PJU:lla. Jos tilaaja on tehnyt suunnittelusopimukset, on tilaaja vastuussa suunnittelun ohjauksesta. Siltikin, vaikka suunnittelijat olisivat suorassa sopimussuhteessa tilaajaan, PJU ohjaa ja koor-

dinoi suunnittelua [2 s. 16]. Koordinoinnilla ja ohjauksella tarkoitetaan suunnitelmien keskinäisten riippuvuuksien ja suunnitelma-aikataulun hallintaa sekä suunnitelmien sisällön ja suunnitelmaratkaisujen ohjausta [5 s. 17]. RT-kortistosta löytyy ohjeet hankkeen eri osapuolien tehtävälueelloista. RT 10–10907 sisältää projektinjohtourakan tehtävälueellon ja sieltä on löydettävissä projektinjohtourakoitsijan vastuut toteutus-suunnittelun ohjauksessa. Tässä luvussa käsitellyt asiat perustuvat projektinjohtora-kentamisen kehitysprojektin kautta tuloksena saatuun SUKE-malliin sekä haastattelu-jen avulla selvitettyyn yleiseen käytäntöön. Haastattelukysymykset ovat insinööriyön liitteenä [Liite 1].



Kuva 2. Sopimussuhteet projektinjohtourakoinnissa (TJ = työnjohto, AU = aliarakka) [5 s. 24].

Jotta toteutusvaiheen suunnittelun ohjaus on mahdollista, työmaan on laadittava hankkeen läpiviemiseen tarvittavat perussuunnitelmat. Suunnittelun ohjauksen mahdollistamiselle tärkeitä perussuunnitelmia ovat yleisaikataulu, hankinta- ja piirustusaikataulu, hankintapakettien sisältö sekä suunnittelu-aikataulu hankintapaketeittain. [6.]

2.2 Suunnittelun ohjauksen hallintamenetelmiä

Perinteisesti suunnittelua ohjataan mm. suunnittelukokouksien, suunnitelmakatselmusten, risteilypalaverien sekä suunnittelu- ja hankinta-aikataulun avulla. Tässä osiossa on selitetty tarkemmin, mitä edellä mainitut suunnittelun ohjauksen hallintamenetelmät käsittävät. [6.]

2.2.1 Suunnittelu- ja hankinta-aikataulu

Lähtötiedot, suunnittelu ja hankinta yhteensovitetaan toimivaksi kokonaisuudeksi. Tuloksena laaditaan suunnittelu- ja hankinta-aikataulu, jonka pohjalta suunnittelun ete-

nemisen ja hankintojen aikataulun toteutumisen seuraaminen onnistuu. Suunnittelu- ja hankinta-aikataulun perustana on hyvin laadittu yleisaikataulu, jonka pohjalta voidaan määrittää päivämäärät, jolloin hankinta- ja toteutussuunnitelmat pitää olla PJU:n käytävissä [7]. Suunnitelmapaketit on litteroitu aikataulussa ja purettu omiksi hankintapaketeikseen. Suunnittelu on aikataulutettu hankintajaon mukaisesti. Aikataulussa on aikataulutettu seuraavat asiat:

- Käyttäjän lähtötietojen saaminen
- Suunnitelmakatselmukset
- Suunnitelmien toimitus hankintaa varten
- Suunnitelmien toimitus toteutusta varten
- Tarjouspyyntöjen lähetys
- (Tarjousten avaus)
- (Urakan tilaus)
- Työn aloitus. [6 & 8.]

Suunnittelu- ja hankinta-aikataulu on laadittava niin, että suunnittelun ohjaukseen nimeytyt henkilöt ehtivät tarkastamaan toteutussuunnitelmat ennen työn aloitusta ja suunnitelmakatselmukset ehditään tehdä aikataulun mukaisesti. Suunnitelma- ja hankinta-aikataulu on laadittava huolellisesti, jotta sen noudattaminen olisi realistisesti mahdollista. Hyvin laadittu suunnittelu- ja hankinta-aikataulu mahdollistaa hyvän resurssisuunnittelun suunnittelutoimistoissa ja hankinnoissa, minkä johdosta on mahdollista aikais-
taa hankintoja [7].

2.2.2 Suunnittelukokoukset

Suunnittelukokousten tarkoitus on varmistaa, että suunnittelu etenee aikataulullisesti ja sisällöllisesti. Suunnittelukokouksissa tehdään päätökset koskien suunnitelmien sisäl-

töä ja yhteensovitusta. Kokouksiin osallistuvat suunnittelijat, PJU ja tilaajan edustaja. Suunnittelukokousten sisältö vaihtelee sen mukaan, missä vaiheessa hanketta menään. Toteutuksenaikaisissa suunnittelukokouksissa pääpaino on suunnittelun aikataullisen etenemisen seurannassa. [8.]

2.2.3 Suunnitelmakatselmuks

Suunnitelmien valmistuttua toteutusta varten suunnitelmat katselmoidaan. Katselmuksissa ovat läsnä urakoitsijat, jotka toteuttavat suunnitelmat, suunnittelija(t), mahdollisesti tilaajan edustaja(t) sekä PJU [8]. Suunnitelmakatselmuksissa varmistetaan, että suunnitelmat vastaavat niille asetettuja kustannus- ja laatuvaatimuksia, sekä tarkistetaan suunnitelmavalmius, suunnitelmien toteutuskelpoisuus ja mahdolliset epäselvyydet, joita suunnitelmiin liittyy [6].

2.2.4 Risteilypalaverit

Risteilypalaverien tarkoitus on varmistaa eri talotekniikkasuunnittelualojen suunnitelmien yhteensopivuus ja sovitaan asennusjärjestys, jotta hankalien kohtien asennus on mahdollista. Määräävä tekijä yleensä on viemärit niiden tarkkojen kaatovaatimusten vuoksi. Palavereissa tarkistetaan, etteivät mm. kanavat ja putkistot risteä ei toivotulla tavalla. Vasta kun risteilypalaverissa on tarkastettu talotekniikkasuunnitelmien yhteensopivuus, tarkastetaan niiden yhteensopivuus rakenne- ja arkkitehtimallien kanssa. Risteilypalaveri

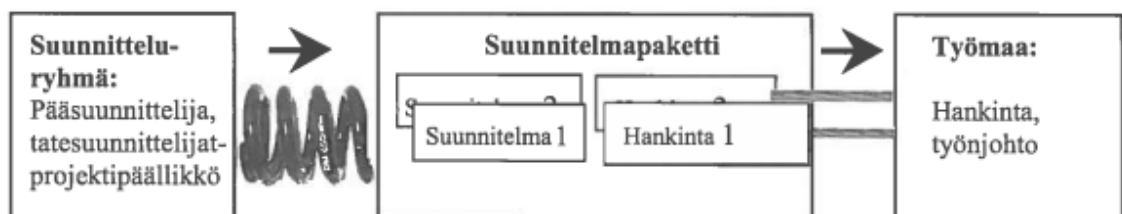
2.3 Projektinjohtourakoitsijan velvollisuudet

PJU ohjaa toteutussuunnittelua aikataulusuunnittelun, hankinnan ja rakentamisen asiantuntijana [10 s. 2]. Ohjaus käsittää teknisten suunnitteluratkaisujen, niiden toteutuksen työturvallisuuden sekä suunnitelmien sisällön ja niille laaditun aikataulun valvonnan. Projektinjohtourakoitsijan velvollisuus toteutuksen aikaisessa suunnittelun ohjauksessa on tarkastaa suunnitelmien aika-, kustannus- ja laatuvaatimusten mukaisuus. [10 s. 2.]

2.3.1 Suunnitelma- ja hankintapaketit

Projektinjohtourakalle on ominaista, että suunnitelmat on aikataulutettu suunnitelmapaketeittain. Suunnitelmapaketti palvelee yhtä tai useampaa hankintapakettia. Suunnitelmapaketit määritetään toteutussuunnittelun alkuvaiheessa niin, että samassa yhteydessä suunniteltavat ja samassa vaiheessa hankittavat kootaan omaan suunnitelmapakettiin [2 s. 35]. Kokonaishintaisen urakan mukaisesti suunnittelijat ovat tottuneet tekemään kaikki suunnitelmat samanaikaisesti valmiiksi, eivätkä välttämättä hallitse suunnittelua suunnitelmapaketeittain. Tämän johdosta on projektinjohtourakoitsijan tärkeää tarkistaa, että toteutuksen aikaisessa suunnittelussa ja suunnitelmissa on otettu huomioon suunnitelmapakettijako. PJU antaa ohjeet suunnittelijoille hankintapakettien sisällöstä ja suunnitelmien toimittamisesta. PJU huolehtii, että suunnittelulle ja suunnitelmille asetettu aikataulu mahdollistaa myös hankintojen suoritukset sovitus- aikataulussa. PJU määrittää suunnitelmien valmiusasteen tarjouspyyntövaiheen suunnitelmille. Hyvin laadittu suunnittelu- ja hankinta-aikataulu varmistaa suunnittelun toteutumisen suunnitelmapakettijaon mukaisesti sekä hankintojen ja suunnittelun toimivan yhteensovittamisen. [2 s. 5; 10 s. 2-3.]

SUKE-mallissa käytetään suunnittelun ohjausteorianaa niin sanottua työntö-imu-mallia. Työntö-imu-mallin periaate on kuvattu kuvassa 3. Mallin periaate on se, että suunnitelmapakettien sisällön ohjeistus ja aikataulutus sekä suunnittelijoiden edellyttäminen annettujen ohjeiden ja aikataulun noudattamiseen on projektinjohdon vastuulla (työntö). Suunnitelmapakettien katselmuksien jälkeen työmaajohto määrittää ja ohjeistaa, mitä hankintojen tarjouspyyntösuunnitelmat sisältävät ja missä aikataulussa suunnitelmat on saatava (imu). [4 s. 62–63.]



Kuva 3. Suunnittelun ohjauksen työntö-imu-malli [4 s. 63].

2.3.2 Suunnitelmien sisältö

Projektinjohtourakoitsijan on tarkastettava, että suunnitelmat ovat toteutettavissa ja soveltuvat hankintaan. Jos edellä mainitut seikat eivät täyty suunnitelmien osalta, on projektinjohtourakoitsijan tehtävä kustannus- ja aikatauluvaikutukset huomioon ottaen suunnitelmien kehittämiseksi ehdotuksia, jotka vastaavat projektin tavoitteita. PJU hyväksyy toteutussuunnitelmat tilaajalla ennen rakennustyön aloitusta. [10 s. 2.]

Suunnitelmien läpikäynti suunnittelijoiden ja tilaajan kanssa on tärkeää yhteisen tavoitteen varmistamiseksi. On varmistettava, että suunnitelmat ovat toteutettavissa, ne ovat virheettömiä ja että suunnitelmapaketin kokonaisuus on riittävä. PJU järjestää suunnitelmakatselmuksia suunnitelmapaketeittain tai hankintakohtaisesti ennen hankinnan suorittamista suunnittelijoiden sekä mahdollisesti tilaajan kanssa. Myös suunnittelukouksia on syytä pitää tarpeen vaatiessa, ja niiden järjestämisestä vastaa PJU yhdessä pääsuunnittelijan kanssa. Jos kokouksissa tai hankintavaiheessa havaitaan tarvetta lisä- tai muutossuunnittelulle, PJU varmistaa, että muutokset päivitetään suunnitelmiin. PJU järjestää myös talotekniikan risteilypalaverit ennen asennusten aloittamista. [10 s.2-3.]

Tarjouspyynnön tulee sisältää ns. hankintasuunnitelmat eli alustavat toteutussuunnitelmat, joiden perusteella hankinta on mahdollista suorittaa. Tarjousneuvotteluissa saattaa ilmetä puutteita suunnitelmissa tai toimittajalla saattaa olla suunnitelmista poikkeava ratkaisuehdotus. Projektinjohtorakentamiselle on ominaista, että toimittajan suunnitelmaratkaisuehdotuksia hyödynnetään [2 s.33]. Tällaisissa tilanteissa PJU saattaa neuvotteluissa käytyä suunnitelma-asiat suunnittelijoiden, pääsuunnittelijan sekä tilaajan tietoon antaen heille mahdollisuuden kommentoida ehdotuksia ja mahdollisesti ne myös hyväksyä. Jos ehdotus hyväksytään, PJU varmistaa muutosten viemisen päivitettyihin suunnitelmiin. [10 s. 3.]

2.3.3 Aikataulu

Jotta työt etenevät työmaalla, pitää työmaalta löytyä riittävät suunnitelmat kyseessä olevaan rakennusvaiheeseen. PJU huolehtii, että riittävät suunnitelmat ovat käytettävissä ja tarvittaessa pyytää lisäsuunnitelmat riittävän ajoissa. Suunnitelma-aikataulussa pysyminen on tärkeää; PJU valvoo, että työ- ja asennuspiirustukset pysyvät niille teh-

dyssä aikataulussa. Myös mallikatselmusaikataulun laadinta ja sen valvonta on projektinjohtourakoitsijan vastuulla. [2 s. 5; 10 s. 2-3.]

2.3.4 Työturvallisuus

Suunnittelijoilla on merkittävä vastuu työturvallisuuden huomioimisesta suunnitelmisaan. Heidän on annettava työohjeet, kuinka nostot suoritetaan turvallisesti ja kuinka työturvallisuus varmistetaan työssä. Siltikin projektinjohtourakoitsijan on työturvallisuuden käytännön toteuttajana varmistettava, että suunnitelmissa on otettu huomioon työturvallisuus. [10 s. 2.]

2.3.5 Käyttö- ja huolto-ohje

Rakennus, jossa pysyvästi työskennellään tai asutaan, vaatii käyttö- ja huolto-ohjeen. Paras tapa kyseistä ohjetta on laatia rakennustöiden edetessä. Vastuu ohjeen laatimisesta on projektinjohtourakoitsijalla. PJU järjestää yhteistyön suunnittelijoiden kanssa ohjeen laatimiseksi. [10 s. 2-3.]

2.4 Toteutusvaiheen suunnittelun ohjaus

Tämä osio käsittelee tarkemmin suunnittelun ohjauksen käytännön toteutusta. Osio mm. selventää, miten sopimussuhteet vaikuttavat suunnittelun ohjausvastuuseen, ketkä kuuluvat suunnittelun ohjausorganisaatioon PJU:n osalta ja mikä on oleellisin toimenpide toteutuksen aikaisessa suunnittelun ohjauksessa.

2.4.1 Suunnittelun ohjausorganisaatio

Jos PJU vastaa kohteen suunnittelusta ja suunnittelusopimukset ovat PJU:n nimissä, toteutusvaiheen suunnittelun ohjaukseen panostetaan pääkonttorilta käsin. Tällöin hankkeeseen nimetään suunnittelupäällikkö sekä talotekniikan puolelta talotekniikka-koordinaattori. Tämän lisäksi työmaalta on nimetty projekti-insinööri hoitamaan suunnittelun ohjausta. Jos suunnitteluvastuu on tilaajan nimissä eikä tilaaja ole järjestänyt suunnittelun ohjausta tai kohde ei ole laajuudeltaan suuri, PJU:lta ei ole nimetty suunnittelupäällikköä vaan suunnittelun ohjauksen toteuttamiseen PJU:n osalta riittää ohja-

uksesta vastaava projekti-insinööri työmaalla. Vastaaviin suunnittelun ohjauksen toteutustapoihin SRV on laatinut ohjeen. [6.]

Periaatteena on, että suunnittelun ohjaukseen nimetty henkilö pääkonttorin puolelta koordinoi suunnittelua ja vastaa yhteyksistä tilaajaan, käyttäjiin sekä muihin kumppaneihin. Työmaalla nimetty suunnittelun ohjauksesta vastuussa oleva projekti-insinööri hoitaa suunnittelun ohjaukseen liittyvät asiat, jotka voidaan työmaalta käsin hoitaa, kuten esimerkiksi suunnitelmien toteutettavuuden ohjauksen. Joissain kohteissa saataan talotekniikan suunnittelun ohjaukseen nimetä oma vastuuhenkilönsä. [6.]

2.4.2 Aika-, kustannus- ja laatutavoitteidenmukaisuus

Oleellisinta toteutusvaiheen suunnittelun ohjauksessa on seurata ja ohjata suunnittelua hankinta-aikataulun pohjalta työmaalla pidettävien suunnitelmakatselmusten avulla. Suunnitelmakatselmuksset ovat tiedon välittymisen varmistamiseksi suunnittelun ohjauksessa erityisen tärkeitä. Toteutusvaiheen suunnittelun ohjauksessa kriittisimmät asiat ovat suunnitelmien toteutuskelpoisuus, jotta suunnitelmat saadaan ajoissa hankintaa ja toteutusta varten. Suunnitelmien yhteensovitus on tehtävä tarpeeksi ajoissa, jotta suunnitteluvirheet ja -puutteet saadaan korjattua niin, ettei rakennustöitä jouduta keskeyttämään kyseisen rakennusvaiheen osalta. Päävastuu suunnitelmien yhteensovitukselta on pääsuunnittelijalla, vaikka suunnittelun ohjaus onkin PJU:n vastuulla. Suunnittelun ohjauksen tärkeys PJU:n näkökulmasta korostuu kohteissa, joissa PJU:lla on nimissään suunnittelusopimukset ja täten myös vastuu suunnittelun ohjauksesta. Etenkin haastavissa kohteissa, kuten teollisuuslaitokset tai liikekeskukset keskusta-alueella, onnistunut suunnittelun ohjaus on erityisen tärkeää onnistuneen hankkeen kannalta. [6.]

Perinteisessä kokonaishintaurakassa hankkeen kokonaishinta tiedetään ennen rakentamisen aloitusta. Projektinjohtototeutuksessa hankkeen lopulliset kustannukset selviävät tilaajalle vasta myöhemmässä vaiheessa. Hankkeelle on kuitenkin asetettu hankesuunnitelman perusteella budjetti sekä tavoitehintaa. Tilaajan edun varmistamiseksi on oleellista pysyä hankkeelle asetetussa budjetissa toteutuksen ja laadun kärsimättä. Urakkatarjouksia verrataan hankinnoittain tehtyyn tavoitebudjettiin ja vertailun perusteella tehdään urakoitsijavalinnat. PJU varmistaa, että toteutussuunnitelmien laatutaso ja materiaalivalinnat vastaavat tavoitehintaa sekä hankesuunnitelman vaatimusta laatutasolle. Suunnittelun toteutumista seurataan sopimustilanteen suunnitelmiin nähden.

Muutos- tai lisäsuunnittelun tarve tulee yleensä käyttäjän suunnalta ja muutoksista kustannuksineen on sovittava ennen toteutusta. Voi myös olla, että tilaaja tai käyttäjä haluaa nostaa laatutasoa toteutusvaiheen aikana. Tämä vaikuttaa myös toteutuskustannuksiin hankkeen osalta, joten laatutason nostosta ja sen aiheuttamista kustannuksista tilaajalle on sovittava etukäteen. [5 s. 30; 6.]

2.4.3 Suunnittelun ohjaus työmaalla

Suunnittelun ohjauksesta vastaavaksi nimetty projekti-insinööri vastaa siis suunnittelun ohjauksikysymyksistä työmaalla. Pääpaino työmaalla toteutettavassa suunnittelun ohjauksessa on suunnittelun aikataulullinen ohjaus sekä suunnitelmien toteutettavuuden ohjaus. Tähän kuuluu hankintojen kautta tulleiden lisä- ja muutossuunnittelun ohjaus. Riippuen hankkeen laajuudesta suunnittelun ohjaukseen nimetty projekti-insinööri hoitaa pää- tai osatoimisesti suunnittelun ohjausta. [6.]

2.5 Suunnittelun ohjauksen haasteet

Jokaisen hankkeen lähtökohtana on tuotto. Menot minimoidaan ja tulot maksimoidaan. Suunnittelu-urakat kilpailutetaan ja pääasiallisesti edullisin tarjous valitaan. Tämä saattaa kostautua suunnittelusopimuksia tehtäessä. Joissain tilanteissa tarjouksen tekijä on ymmärtänyt väärin tarjouspyynnön sisällön tai hanke ylittää vaativuudeltaan suunnittelun toteuttajan pätevyyden. Toteutusvaiheen suunnittelun ohjauksen kannalta tämä tuottaa ongelmia niin aikataulullisesti kuin suunnitelmien toteutuskelpoisuuden kannalta. Sen lisäksi, että suunnittelijat on valittu hankkeen vaativuustaso silmällä pitäen, myös PJU:n osalta oikeiden vastuuhenkilöiden nimeäminen suunnittelun ohjaukseen on tärkeää hankkeen onnistumisen kannalta. [6.]

Projektinjohtourakan yhtenä haasteena voidaan pitää käyttäjän ja tilaajan lähtötietojen ja päätöksien saantia ajoissa. Käyttäjä ei välttämättä ole vielä tiedossa tai päätöstenteko on edennyt hitaasti, jolloin tietoja ei voida viedä suunnitelmiin ajoissa. Tämä tai jokin muu tekijä saattaa aiheuttaa viivettä suunnitelma-aikatauluun. Suunnitelmien myöhästymisen saattaa johtaa seuraavien osaurakoiden tai jopa seuraavan hankkeen myöhästymiseen. Projektinjohtourakoitsijalla on mahdollisuudet kirii viive muuttamalla osaurakoiden aikatauluja ja töiden limityksiä sekä suunnitteluratkaisuja. Kirimisessä

onnistuminen vaatii tehokasta suunnitelma-aikataulun hallintaa sekä muutoinkin pätevää suunnittelun ohjausta. [5 s. 29; 6.]

Yhdeksi ongelmaksi saattaa muodostua, ettei suunnitelma-aikataulua pystytä noudattamaan. Kun suunnittelu ja hankinta on aikataulullisesti sidottu yhteen, suunnitelmien toimituksen myöhästyminen tuo ongelmia hankintojen suorittamiseen aikataulussa. Yksi ratkaisu on asettaa suunnitelma-aikataulun noudattaminen sakolliseksi tavoitteeksi. Tämä taas saattaa tuoda esiin ongelmia suunnitelmien sisällössä; sakot halutaan välttää ja toteutussuunnitelmina tuotetaan puutteellisia tai keskeneräisiä suunnitelmia tai suunnitelmat ovat ristiriidassa muihin suunnitelmiin nähden.

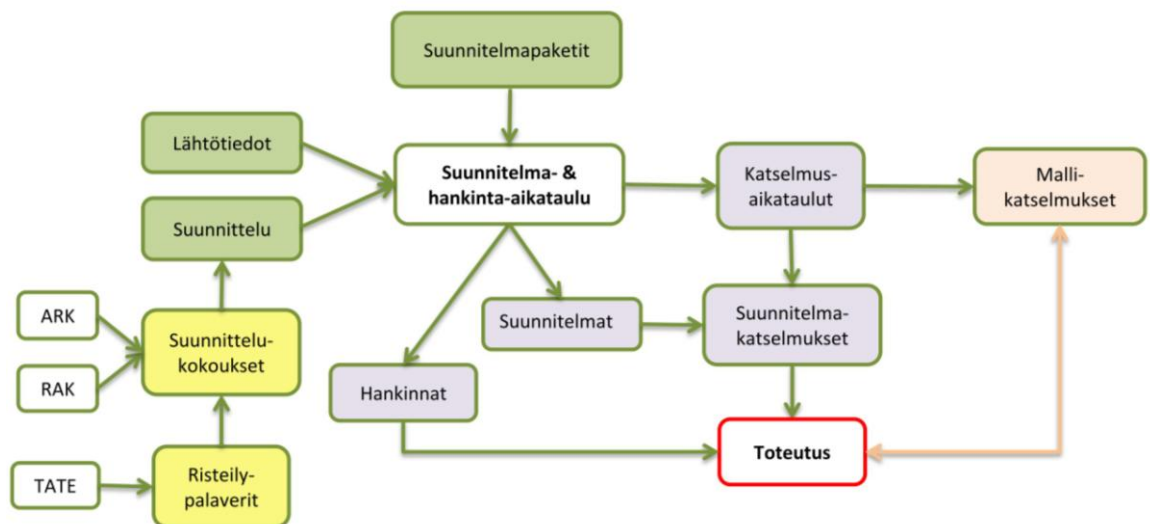
Suunnittelun ohjaus ja johtaminen on käytännössä epäselvä käsite. Tämä johtaa siihen, että suunnittelun ohjausvelvollisuuksissa tulee päällekkäisyyksiä projektinjohdourakoitsijan sekä pääsuunnittelijan osalta. Tämän lisäksi suunnittelun ohjaustehtävät vaihtelevat eri hankkeissa riippuen sopimussuhteista tai hankkeen laajuudesta. Siksi olisi suotavaa erikseen määrittää kunkin osapuolen suunnittelun ohjausvastuut jokaisessa hankkeessa ennen hankkeen aloittamista. [2 s. 45.]

2.6 Onnistunut suunnittelun ohjaus

Ydinasia suunnittelun ohjauksen onnistumiselle on, että käyttäjältä ja tilaajalta saatavat lähtötiedot, suunnittelu ja hankinta on sovitettu yhteen toimivaksi kokonaisuudeksi [13]. Tärkeintä siis on, että toteutusvaiheen alussa laadittuun suunnittelu- ja hankinta-aikatauluun voi luottaa, ja että se toteutuu. Kun suunnittelun ja hankintojen aikataulutuksessa on otettu huomioon jako muuntuviin ja kiinteisiin osiin, tilaajan tarpeet ja muutokset ovat helposti toteutettavissa sekä mukautettavissa laadittuun suunnittelu- ja hankinta-aikatauluun. Tärkeää on, että suunnittelijat on valittu hankkeen vaatavuustaso huomioon ottaen ja suunnittelijoiden pätevyys ja ammattitaito riittävät kyseisen hankkeen vaatavuustason täyttämiseen. Samoin suunnittelun ohjauksesta vastuuseen nimeytyt henkilöt on valittava ammattitaidoiltaan vastaamaan hankkeen vaatavuustasoa. Onnistunut suunnittelun ohjaus edellyttää myös, että suunnittelun ohjausvastuista on laadittu selkeä jako. Toimiva kommunikointi osapuolten välillä sekä hyvä yhteistyö ovat edellytyksiä suunnittelun ohjauksen toimivuudelle. Lähtökohtainen ajatus tässä osiossa on, että riippumatta siitä, onko suunnittelusopimukset tehty tilaajan vai PJU:n nimiin, PJU ohjaa ja koordinoi suunnittelua. [6; 8.]

Kuvassa (Kuva 4) on karkeasti esitetty prosessin kulku suunnittelun toteutuksesta rakennustyön toteutukseen. Prosessin sujuvuus halutaan suunnittelun ohjauksella varmistaa. Prosessi etenee seuraavasti:

1. Suunnittelukokouksissa ja risteilypalavereissa (keltaiset kuplat) eri alojen suunnitelmat sovitetaan yhteen.
2. Suunnittelun, tilaajalta ja käyttäjiltä saatujen lähtötietojen sekä suunnitelmapaketin (vihreät kuplat) perusteella laaditaan suunnitelma- ja hankinta-aikataulu.
3. Suunnitelma- ja hankinta-aikataulun pohjalta toteutetaan suunnitelmat, tehdään hankinnat ja suoritetaan suunnitelmakatselmukset hankinnoittain (violetit kuplat).
4. Asennuksista tehdään mallikatselmukset (oranssi kupla).
5. Hyväksytyin mallikatselmuksen jälkeen voidaan suorittaa urakan loput asennukset (toteutus).



Kuva 4. Prosessin kulku suunnittelun toteutuksesta rakennustyön toteutukseen.

2.6.1 Toteutuksenaikaisen suunnittelun ohjauksen kulku

Toteutussuunnitteluvaiheen alussa laadittuja aikatauluja ja kokonaisuuksia ovat:

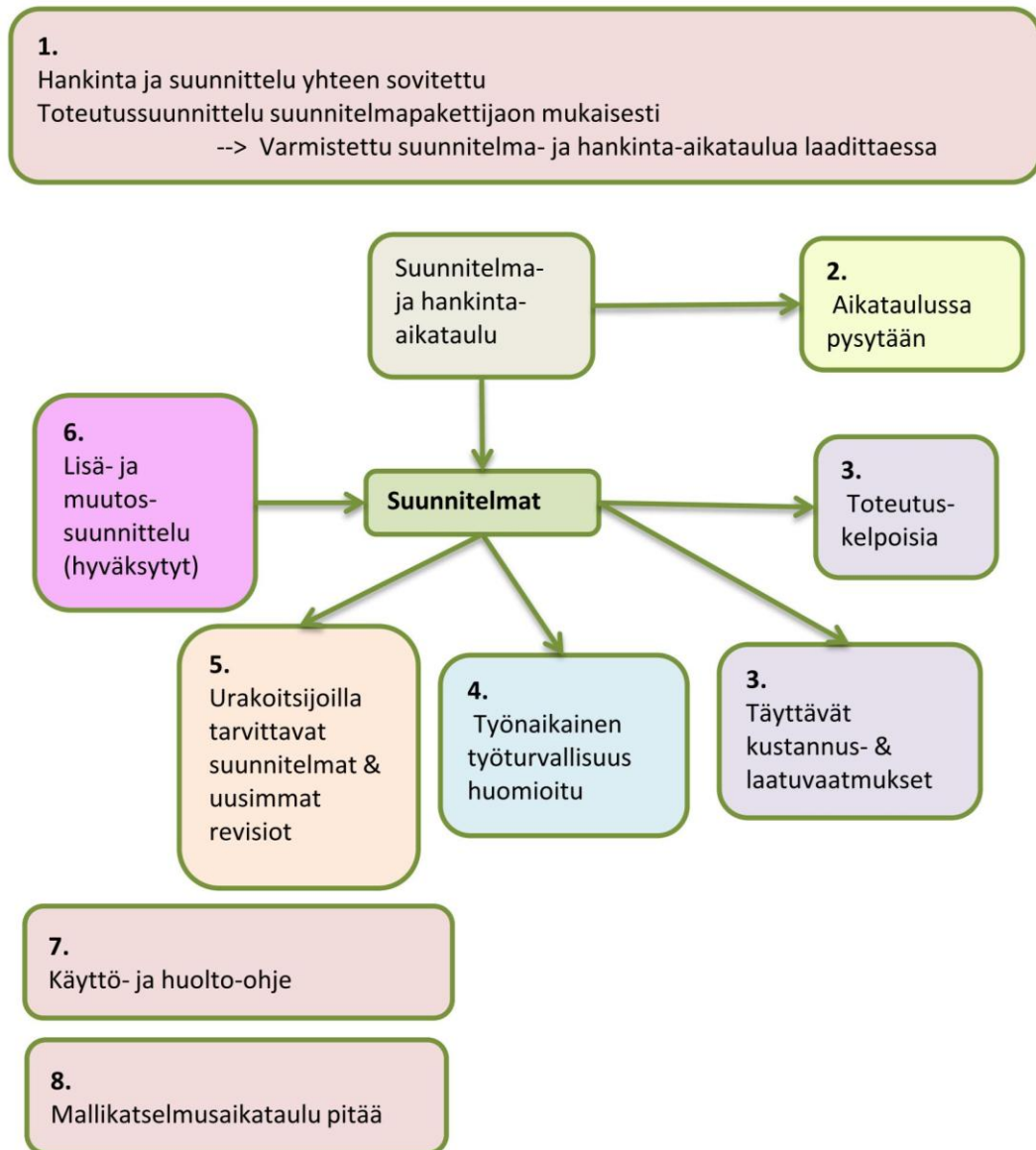
- Suunnitelmapaketit (hyväksytys tilaajalla)
- Suunnitelma- ja hankinta-aikataulu
- Katselmusaikataulut [10 s. 2-3].

Suunnitelmakatselmusten pohjalta mahdollisesti pyydetään täydentävät suunnitelmatiedot tai annetaan kehitysehdotuksia suunnitelmien parantamiseksi.

PJU:n koolle kutsumia tilaisuuksia ovat:

- Suunnittelukokoukset (järjestäminen yhdessä pääsuunnittelijan kanssa)
- Talotekniikan risteilypalaverit
- Suunnitelmakatselmukset (yhdessä suunnittelijoiden kanssa)
- Mallikatselmukset [10 s. 2-3].

Kuvassa 5 on kuvattu kaavion avulla, mitä PJU:n pitää suunnittelun ohjauksella varmistaa suunnitelmista ja suunnittelun toteutumisesta. Kuvan tarkoituksena on tukea alla olevan listan lukemista ja tulkitsemista. Hankinnan ja suunnittelun yhteensovitus sekä suunnitelmapakettijaon mukainen suunnittelun toteutuminen on varmistettu suunnitelma- ja hankinta-aikataulua laadittaessa.



Kuva 5. Suunnitelmien laatu ja suunnittelun toteutuminen varmistetaan suunnittelun ohjauksella [10 s. 2-3].

PJU:n on varmistettava valvoen, ohjaten ja koordinoiden että:

1. Hankinta ja suunnittelu on yhteen sovitettu toimivaksi kokonaisuudeksi & toteutussuunnittelu toteutetaan suunnitelmapakettiin mukaisesti
2. Suunnitelma- ja hankinta-aikataulussa pysytään (PJU tekee tarvittavat korjaukset aikatauluun, jos ilmenee muutoksia)

3. Suunnitelmat ovat toteutuskelpoisia ja vastaavat niille asetettuja vaatimuksia energiatehokkuuden, kustannusten ja tilaajan antamien lähtötietojen osalta
4. Suunnitelmissa otetaan huomioon työnaikainen työturvallisuus
5. Urakoitsijoilla on tarvittavat suunnitelmat toteutukseen (PJU:n pyydettävä ajoissa tarvittavat lisäsuunnitelmat) & aina uusimmat revisiot suunnitelmista
6. Hyväksytyt lisä- ja muutossuunnitelmatarpeet sekä suunnitelmien muutosehdotukset viedään suunnitelmiin
7. Käyttö- ja huolto-ohje tulee laadittua
8. Mallikatselmusaikataulussa pysytään [10 s. 2-3].

2.6.2 Tavoitteiden saavuttaminen

PJU valvoo koko toteutusvaiheen ajan, että suunnitelmat täyttävät hankkeelle asetetut laatu-, kustannus- ja aikatavoitteet. Suunnittelun ohjauksessa on onnistuttu, kun kyseiset tavoitteet on saavutettu tai tavoitetaso on jopa ylitetty. Jos toteutuksen aikaisessa suunnittelun ohjauksessa otetaan huomioon osion 2.6.1 sisältämät tehtävät ja velvollisuudet PJU:lle ja niiden pohjalta toimitaan ilman suurempia häiriöitä, on hankkeen suunnittelun ohjauksessa onnistuttu. Tietomallin käyttö apuna suunnittelun ohjauksessa tuo merkittävää hyötyä tavoitteiden saavuttamiseksi. Tietomallin käyttöä suunnittelun ohjauksen työkaluna käsitellään luvussa 4.

3 Tietomalli

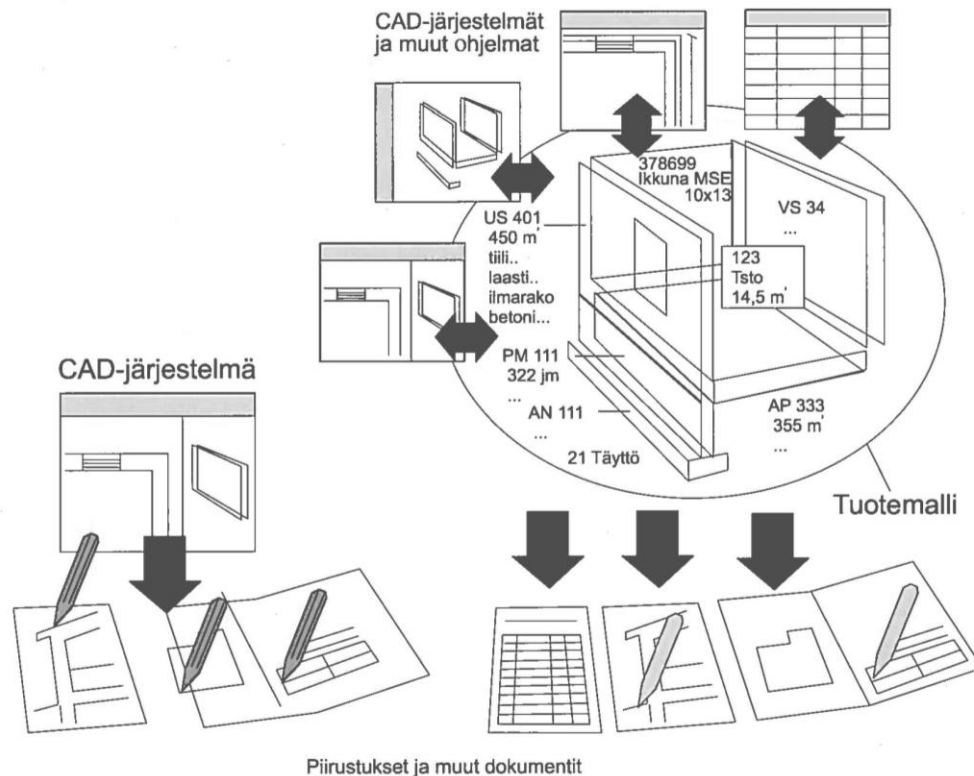
Tuotemallipohjaisen suunnittelun tavoitteena on tehostaa suunnitteluprosessia kokonaisuuden kannalta, nostaa rakentamisen laatua ja tuottavuutta, antaa elinkaaren hallintaan toimivia työkaluja sekä saada lisäarvoa asiakaspalveluun [3 s. 11].

3.1 Historia

1990-luvulla alettiin luopua suunnitelmien piirtämisestä käsin ja tuottaa suunnitelmat tietokoneavusteisesti. Arkkitehtisuunnittelun digitalisoituminen oli alkanut jo 1960-luvulla, mutta vasta tietokoneiden yleistyminen mahdollisti tietokoneavusteisen suunnittelun kehityksen. Jo 1990-luvun lopulla noin 70–80 % rakennushankkeista toteutettiin CAD-ohjelmilla tuotetuilla suunnitelmin. Lyhenne CAD tulee englanninkielisistä sanoista *Computer Aided Design* eli tietokoneavusteinen suunnittelu. Nykyään lähestulkoon kaikki suunnitelmat toteutetaan tietokoneavusteisesti. Myös 3D-suunnittelun historia ulottuu 1960-luvulle. Silloin ei vielä ollut kyse tietomalleista, vaan 3D-suunnitteluajatuksen pyrkimyksenä oli suunnittelukohteen visualisointi sekä havainnointi. Tietomalleja, tietomalliohjelmistoja sekä tiedonsiirtoa kehitettiin aluksi vain tutkimuslaitoksissa, mutta tällä vuosikymmenellä tietomallien kehitystyö on siirtynyt osaksi käytännön suunnittelu- ja rakennushankkeita. Suomessa tietomallien keskeisinä kehittäjinä ovat toimineet 1980–2000-luvuilla VTT (Teknologian tutkimuskeskus), TEKES (Teknologian kehittämiskeskus) ja Senaatti-kiinteistöt. [11.]

3.2 Mikä on tietomalli ja mitä sillä tehdään?

Perinteisessä suunnittelussa tuotetaan CAD-ohjelmalla 2D-piirustukset, kun tietomallipohjaisesta suunnitelmasta saadaan 2D-piirustusten lisäksi myös tietoa rakenteista (Kuva 6). Rakennuksen tietomalli sisältää rakennuksen koko elinkaaren aikaiset tiedot digitaalisessa muodossa. Näitä tietoja siis ovat rakennuksen rakennetiedot, rakennuksen tuottamiseen tarvittavat tiedot sekä valmiin rakennuksen käyttöön ja sen huoltamiseen tarvittavat tiedot. [3 s. 3, 9-10 & 15.]



Kuva 6. Piirustusten tuottaminen perinteisellä suunnittelulla (vasemmalla) ja piirustusten ja muiden suunnitelmadokumenttien tuottaminen tietomallipohjaisella suunnittelulla [3 s. 18].

Tietomallista saatava tieto on paremmin hallittavissa kuin jos käytössä olisi perinteiset piirustukset. Sen lisäksi, että piirustukset on tarkoitettu ihmisen tulkittavaksi, se on myös tarkoitettu erilaisten tietokoneohjelmien sekä -järjestelmien luettavaksi ja tulkittavaksi. [3 s. 3, 9-10 & 15.]

3.2.1 Perinteiset 2D-suunnitelmat vs. tietomalli

Perinteisiin 2D-suunnitelmiin verrattuna tietomallin avulla mm. saadaan suunnitelmien sisältö tarkemmaksi, pystytään havainnollistamaan kohdetta paremmin, suunnitteluvirheet havaitaan aikaisemmin ja eri alojen suunnitelmien yhteensovitus onnistuu helpommin. On tärkeää, että jo hankkeen alkuvaiheessa määritetään tarkkuustaso, johon suunnitelmissa tähdätään. Se, kuinka monipuolisesti tietomallia halutaan hankkeessa käyttää, on yksi tekijä, jonka perusteella tarkkuustaso määritetään. Vaikka hanke toteutettaisiin täysin tietomallipohjaisesti, piirustuksia tai muita suunnitelma-asiakirjoja ei voi korvata täysin tietomallilla, sillä joka tapauksessa työmaa tarvitsee toteutusta varten suunnitelmat myös 2D-suunnitelmina. Mutta kuten aiemmin on mainittu, 2D-

suunnitelmat pystytään tuottamaan tietomallista tietomallipohjaisissa hankkeissa. Tietomallin antaman tiedon luotettavuuden kannalta on tärkeää, että rakenneosat on merkitty oikein tyyppitunnuksin ja että ne on mallinnettu oikeilla työkaluilla. [3 s. 10; 12 s. 20–22.]

3.2.2 3D-malli vs. tietomalli

Tietomalli eroaa 3D-mallista siten, että kolmiulotteisen muotonsa lisäksi se sisältää tietoa rakennuksen osista. Siihen tallennetaan ja siitä pystytään ottamaan ulos tietoa rakennusosien materiaaleista, hinnoista, mitoista ja määristä. Tietomallista pystytään eristämään ne rakenneosat, joita halutaan tarkastella ja tuottamaan rakennuksen rakenneosien määräluettelot automaattisesti. Tämä tuo helpotusta etenkin määrälaskentaan. Tietomalliin voidaan myös viedä tietoa aikataulusta sekä kustannuksista. Tietomallista saadaan ns. 4D-malli, kun tietomalliin viedään sen 3D-ominaisuutensa lisäksi aikaulottuvuus. Täten pystytään esimerkiksi seuraamaan kätevästi, ovatko meneillään olevat rakennusvaiheet aikataulussa ja ovatko joidenkin rakennusvaiheiden aloitukset myöhässä. Kun aikataulun lisäksi tietomalliin lisätään tietoa rakennusosien kustannuksista, puhutaan ns. 5D-mallista. Kustannustieto-ominaisuutensa johdosta tietomallin avulla pystytään tarkkailemaan budjetin toteutumista tai erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen kustannusvaikutuksia ja siten myös parantamaan kustannustehokkuutta. [3 s. 3, 9-10 & 15.]

3.3 Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteet

Tietomallien hyödyntämisen tavoitteita ovat:

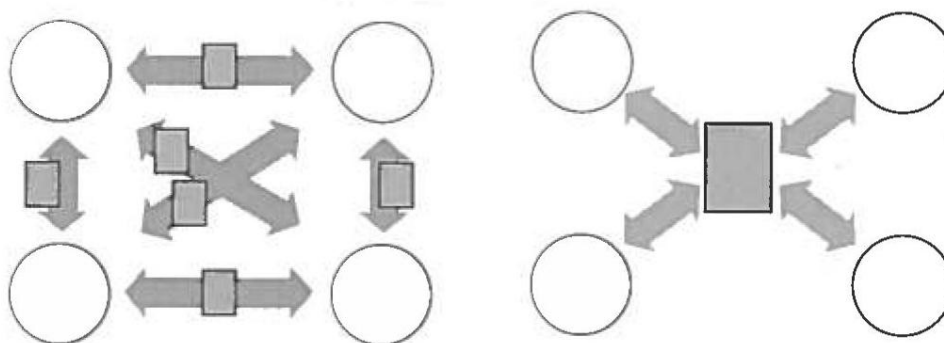
- Suunnitelmien laadun ja yhteensovittamisen parantaminen
- Rakentamisen laadun ja tehokkuuden parantaminen
- Kustannustehokkuuden parantaminen
- Rakennuksen elinkaaren hallinnan edistäminen
- Asiakaspalvelun parantaminen [3 s. 11; 12 s. 3].

Oleellisinta tietomallimuotoisessa tiedonhallinnassa on se, että tietomallia ja sen sisältämää tietoa pystytään hyödyntämään kaikissa hankkeen vaiheissa ja myös valmiin rakennuksen elinkaaren hallinnassa [3 s. 15]. Tietomallia hyödyntämällä työmailla säästetään suunnitelmavirheiden tuomilta korjauskustannuksilta, kun virheet havaitaan jo ennen rakennusvaiheen aloittamista suunnitteluvaiheessa suunnitelmia yhteen sovitettaessa. Suunnitelmien laadunhallinta helpottuu, sillä yhdistämällä eri suunnittelualojen osatietomallit yhdistelmämalliksi, suunnitelmien yhteensopivuus on helpommin tarkastettavissa kuin 2D-piirustuksista. Kun suunnitelmien laatutaso nousee, rakentamisen laatu parantuu ja suunnitelmien oikeellisuus ja toteutettavuus nopeuttaa rakennusprosessia. Tietomallin visuaalisia ominaisuuksia voidaan käyttää asiakaspalvelun kehittämiseen mm. antamalla tilaajalle mahdollisimman selkeä kuva valmiista rakennuksesta tai hankkeen markkinointiin. Tietomalliin tallentuu kaikki tieto rakennusosien ominaisuuksista, joten rakennuksen elinkaaren hallinta helpottuu, kun rakennuksen ylläpitoon tarvittavat tiedot ovat helposti saatavissa. [13.]

Tietomallintaminen kannattaa kaikissa hankkeissa hankkeen laajuuteen tai budjettiin katsomatta. SRV:llä kaikki omakehitteiset hankkeet ovat tietomallipohjaisia. Kun suunnittelu on tilaajan nimissä, hankkeen suunnitelmien muoto riippuu tilaajasta ja siitä, mitä on sovittu. [8.]

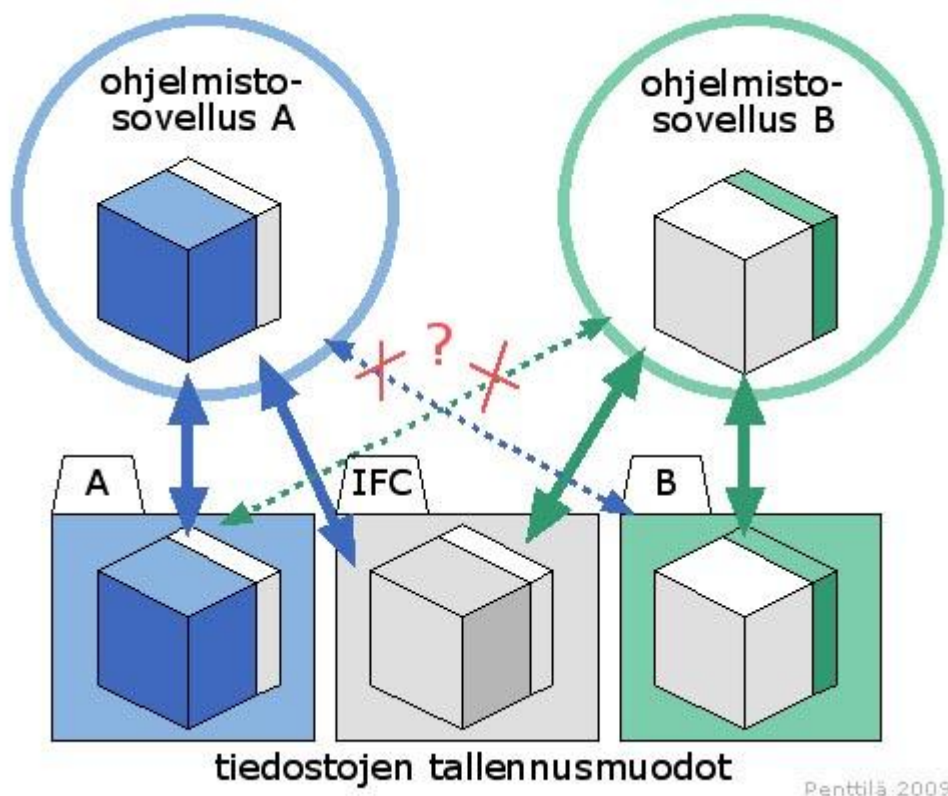
3.4 Tiedonsiirto

Edellytyksenä tietomallipohjaiselle suunnittelulle on se, että osapuolet määrittävät yhteensopivan tiedonsiirtotavan, jotta tietomallien yhdistely on toteutettavissa. Ohjelmistojen omat tallennusmuodot ovat tehokkaimpia ja varmimpia tapoja siirtää tietoa, kun käytössä on yksi ohjelmisto. Kuvassa 7 on kuvattu kaksi eri tilannetta, joissa toisessa käytetään useampaa tiedonsiirtomuotoa (vasen kaavio) ja toisessa on sovittu yhteisestä tiedonsiirtotavasta. Kun yhteisestä tallennus- ja tiedonsiirtotavasta on sovittu, tarvitsee lisäykset ja muutokset tallentaa vain yhteen paikkaan, ja lähtökohtaisesti kaikki suunnitelmat päivittyvät automaattisesti muutoksen huomioiden. Tämä yksinkertaistaa tiedonsiirtoa sekä parantaa laatua ja suunnitelmien muunneltavuutta. [3 s. 33–37.]



Kuva 7. Vasemman puoleisessa kaaviossa ei ole sovittu yhteisestä tallennus- ja tiedonsiirtomuodosta kun taas oikean puoleisessa on [3 s. 34].

Tiedonsiirto on mahdollista eri tallennusmuotoisten ohjelmistojen välillä, mutta silloin yleensä tiedonsiirron välillä tietoa katoaa tai muuttuu. Tähän ratkaisuna tietomallimuotoisen tiedon siirtoon on kehitetty IFC-tiedonsiirtomuoto, joka on käytettävästä mallin-
 nusohjelmasta riippumaton. Sen avulla pystytään tallentamaan ja siirtämään tietoa IFC-tiedonsiirtostandardia tukevien ohjelmistojen välillä ilman riskiä, että tietoa katoaa tai muuttuu. IFC-tiedonsiirto perustuu siihen, että käytettävä ohjelmisto käsittelee tiedon omasta tallennusmuodostaan IFC-muotoon ja vastaanottava ohjelmisto taas käsittelee IFC-muotoisen tiedon omaan tallennusmuotoonsa. Kuvassa 8 on kuvattu tiedonsiirto kahden eri ohjelman välillä, kun molemmat ohjelmat pystyvät oman alkuperäisen tallennusmuodon lisäksi lukemaan ja tallentamaan tietoa IFC-muodossa. [3 s. 12, 33–37.]



Kuva 8. Kaksi eri ohjelmaa, jotka pystyvät lukemaan ja tallentamaan myös IFC-muotoisia tiedostoja [11].

Tosin IFC-standardi ei kykene tällä hetkellä vielä täyttämään kaikkia rakennushankkeen tiedonsiirtotarpeita. Se on kehitetty tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon eikä IFC-muodossa pystytä siirtämään mm. piirustusmuotoista tietoa. Piirustusmuotoinen tieto tarkoittaa 2D-piirustuksia. Siksi tällä hetkellä hankkeissa tarvitaan myös muita tiedonsiirtotapoja, kuten PDF-muotoista tiedonsiirtoa. Muutoin IFC-muotoinen tiedonsiirto palvelee hankkeita hyvin, kun suunnitelmien tarkasteluun on käytössä tietokone. [3 s. 12, 33–37; 8.]

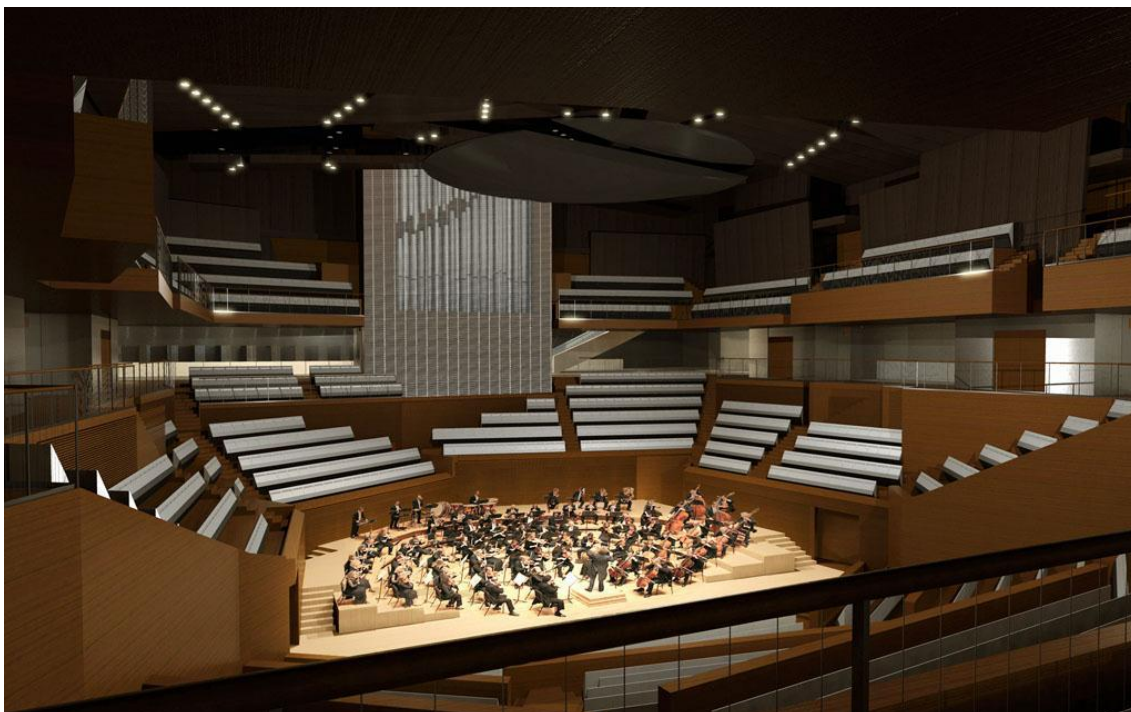
3.5 Ohjelmistot

3.5.1 Suunnitteluohjelmistot

Suunnitteluohjelmistoja eli tietomallipohjaisia CAD-ohjelmistoja pystytään hyödyntämään mallintamistilassa (3D) ja piirtämistilassa (2D). Suunnittelutyö tehdään pääasiallisesti mallintamistilassa. Piirtämistilassa tuotetaan CAD-mallista pohjakuvat automaattisesti tai täydentämällä mallinnetusta rakennuksesta tai rakenteesta. Yleensä esimer-

kiksi mittoja ja selitystekstejä on lisättävä tietomallista automaattisesti tuotettuun 2D-piirustukseen. Jokaiselle suunnittelualalle löytyy tietomallinnusta varten omia CAD-suunnitteluohjelmistoja, joiden ominaisuudet ovat omiaan juuri kyseisen alan suunnitelmien tekoon. Mallien tarkkuustaso riippuu siitä, miten tietomallia halutaan hankkeessa hyödyntää ja missä vaiheessa hanke on. [3 s. 53.]

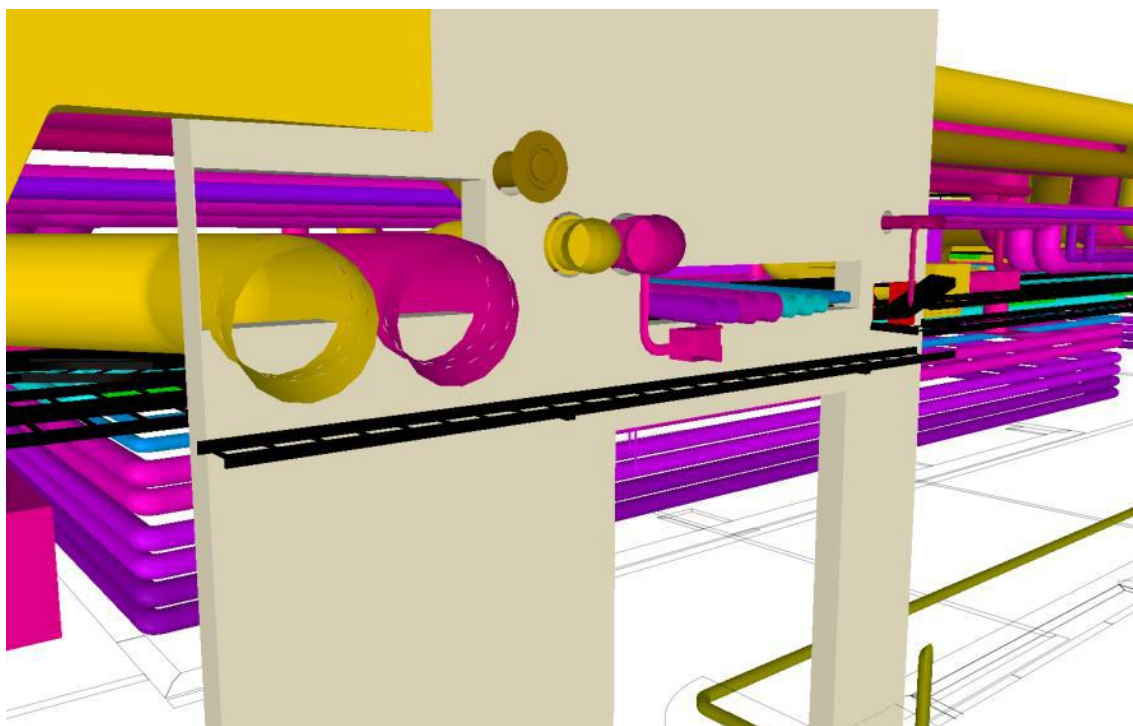
Rakennesuunnitteluun tarkoitetuilla ohjelmistoilla pystytään runko- ja liitosrakenteiden mallintamisen lisäksi mm. lisäämään malliin kuormia, määrittämään rakenneosien asennusjärjestys tai luonnostella liitoksia sekä raudoituksia, jotka eivät kuitenkaan tulostu työpiirustuksiin. Tietomallille tyypillisesti, myös arkkitehdin tietomalli sisältää tietoa rakennusosista, kuten mitä tyyppiä ikkunat tai ovet ovat. Mallista voidaan saada tietoa mm. pintamateriaaleista ja jalkalistoista esimerkiksi kustannuslaskentaa varten. Arkkitehtisuunnitteluun tarkoitetuilla ohjelmistoilla pystytään tuottamaan lähes valokuvan tarkkoja tulosteita valmiista rakennuksesta. Kuva 9 on tuloste arkkitehdin laatimasta tietomallista, ja siinä on pyritty ottamaan huomioon mahdollisimman realistisesti tilaan suunniteltu valaistus ja tilan materiaalit sekä luotu valmiin tilan käyttötarkoituksen aikaansaama tunnelma. Valokuvamainen visualisointi on erinomainen työkalu hankkeen markkinointiin sekä valmiin kohteen havainnollistamiseen tilaajalle. [14 s. 5; 15.]



Kuva 9. Havainnollistamiseen ja markkinointiin hyödynnettävä kuva, jossa on pyritty ottamaan huomioon mahdollisimman realistisesti valmiin tilan materiaalit, valaistus ja tunnelma Helsingin musiikkitalossa [14 s. 12].

3.5.2 Tietomallien tarkastusohjelmistot ja tietomallipalvelin

On yleistä, että tietomalli koostuu useasta osatietomallista. Esimerkiksi rakennesuunnittelussa eri rakenteiden suunnittelu on saatettu jakaa usean eri henkilön tehtäväksi heidän erikoistumisosaamisensa mukaan. Toinen tapaus, jossa osatietomallit kootaan yhdeksi tietomalliksi, on kun yhdistetään eri suunnittelualojen malleja. Vaikka suunnittelijoita on ohjeistettu tietomallien tekoon ja mallintamistyötä jatkuvasti koordinoimaan, yhteistarkastelussa usein havaitaan virheitä ja päällekkäisyyksiä tai kokonaan suunnittelemtomia kohtia. On tärkeää, että osatietomallien sisältöön voi luottaa ja että ne ovat oikeellisia; iso osa näistä virheistä onnistutaan havaitsemaan ajoissa jotakin tarkastusohjelmaa käyttäen. Tarkastusohjelmien tarkoituksena on havaita ajoissa suunnitelmien epäkohdat yhdistetyssä mallissa, jotta muutokset voidaan viedä suunnitelmiin ennen rakennustyön aloitusta. Kuvassa 10 on yhdistetty talotekniikkamalli sekä rakennemalli törmäystarkastelua varten. Törmäystarkastelun avulla on havaittavissa, että talotekniikan läpiviennit eivät ole samassa korossa talotekniikan kanssa, ja kanavat sekä putket kulkevat mallissa osittain seinän läpi. [3 s. 55.]

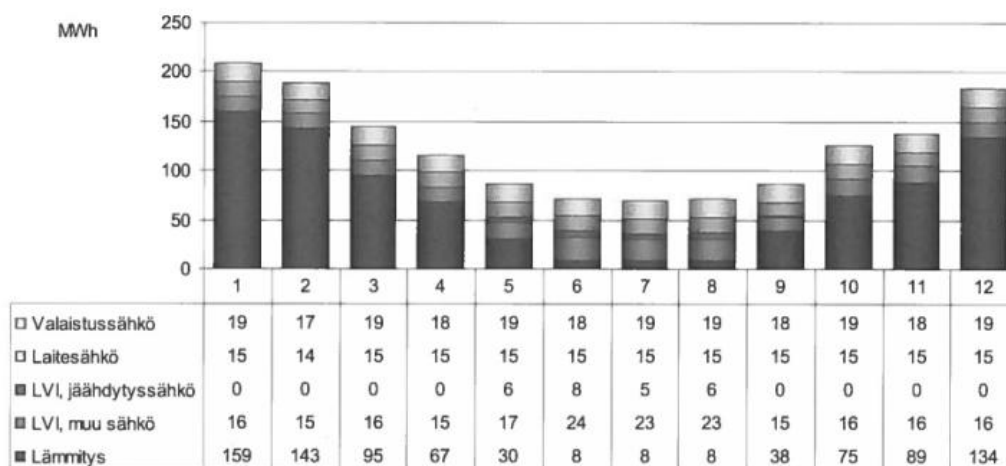


Kuva 10. Tietomallien tarkastusohjelmistoilla voidaan tarkastaa osamallien yhteensopivuus. Kuvassa talotekniikka kulkee osin seinän läpi, joten läpivientien sijainnit on vielä tarkastettava suunnitelmissa [16 s. 10].

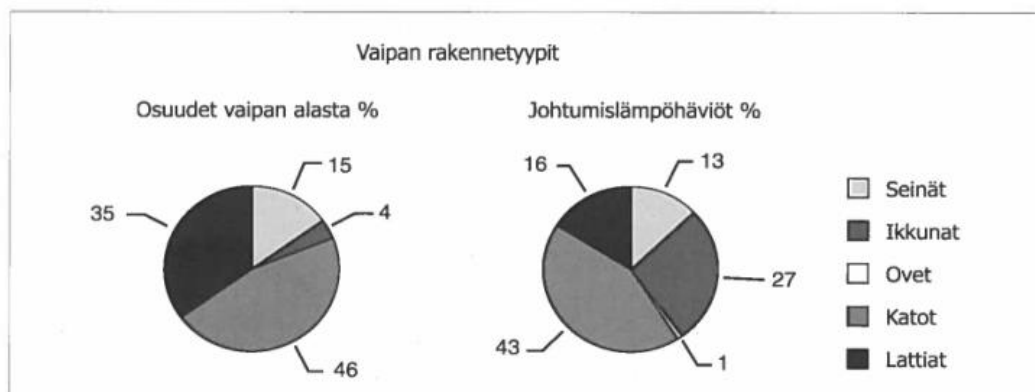
Tietomallipalvelimella saadaan koottua osamallit yhdeksi integroiduksi kokonaisuudeksi. Sillä voidaan hallita keskitetysti tietomallipohjaista tietoa ilman, että mallia tarvitsee kopioida ohjelmistosta toiseen. Tiedonvälityksessä käytetään sovittuja tiedonsiirtoformaatteja, kuten esimerkiksi IFC-formaattia. Tieto siirtyy osamallien ja palvelimen välillä joko automaattisesti tai manuaalisesti. Tietomallipalvelin mahdollistaa usean käyttäjän käyttöoikeuden integroituun malliin samanaikaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, että suunnittelijat tai muut hankkeen tietomallin parissa työskentelevät henkilöt pystyvät Internetin välityksellä samanaikaisesti muokkaamaan ja tarkastelemaan yhdistettyä tietomallia tai yhdistää siihen uusia osamalleja. [3 s. 54 & 60.]

3.5.3 Tietomallien analysointi- ja simulointiohjelmit

Tietomallia voidaan hyödyntää rakennuskustannusten arviointiin, fysikaalisten ominaisuuksien tai energian kulutuksen tarkasteluun. Analysointi- ja simulointiohjelmilla voidaan tuottaa kuvaajia mm. kuukausittaisesta energian kulutuksesta (kuva 11) tai vai- pan rakenteista ja niiden johtumishäviöistä (kuva 12). Olosuhde- ja energiasimulointiin on kehitetty mm. Granlundin RIUSKA-ohjelmisto. Ohjelmistolla pystytään tietomalliin syötetyn tiedon avulla laskemaan rakennuksen ja sen tilojen lämpötekni- ninen käyttäytyminen erilaisissa kuormitus- ja sääolosuhteissa. [3 s. 56; 17.]



Kuva 11. RIUSKA-ohjelmiston simulointi rakennuksen kuukausittaisesta energiankulutuksesta [3 s. 56].



Kuva 12. Rakennuksen lämpöhäviöt vaipparakenteittain [3 s. 56].

Olosuhde- ja energiasimulointiohjelmistojen avulla pystytään mm. tarkastamaan rakennuksen tilojen lämpötilat eri vuodenaikoina, vertailemaan ja mitoittamaan erilaisia järjestelmiä (esimerkiksi ilmanvaihto- tai savunpoistojärjestelmä) tai tarkastamaan rakennuksen ja taloteknisten järjestelmien energiankulutus valmiissa rakennuksessa. Kestävän kehityksen kannalta on suotavaa tarkastella ratkaisuvaihtoehtoja energiankulutuksen näkökulmasta. Jos tehdään energiankulutuksen kannalta suuria muutoksia suunnittelussa, esimerkiksi vaihdetaan ikkunatyyppejä, aikaisemmin tehty rakennuksen energia-analyysi on päivitettävä. Vaatimukset rakenteiden lämmöneristävyydelle ovat kiristyneet viime vuosina. Tietomallien avulla voidaan rakenteiden U-arvosta tehdä analysejä. [3 s. 56; 17].

3.6 Tietomallin käyttö hankkeissa

Tärkeintä tietomallien käytössä osana projektia on organisointi ja yhteensovitus eri osapuolien välillä. Työmäärällisesti tietomallipohjainen suunnittelu tuo hankkeen osapuolille lisää työtä etenkin suunnittelun osalta. Perehtyminen tietomallien toimintaan, ominaisuuksiin ja hyödyntämiseen vie aikaa niihin perehtymättömältä. Kuitenkin koko hankkeen kannalta mallintaminen lisää työn tehokkuutta ja tarkkuutta ja suunnitelmavirheet vähenevät. Tietomalli muun muassa mahdollistaa sen, ettei jokaisen osapuolen tarvitse erikseen laskea määrätietoja vaan ne saadaan suoraan tietomallista. [8.]

Ennen mallinnuksen aloitusta on määrättävä tarkkaan ohjelmistoversiot, joita tullaan käyttämään. Jotta vältetään myös tiedon katoamiselta tai muuttumiselta tallennettaessa natiivimuotoista tietoa IFC-muotoon, on hyvä tallentaa tieto aina myös natiivimuodossa.

Origin sijainnin määrittäminen on tärkeää, sillä jos se määritetään kauas tontista, saattaa mallissa esiintyä toiminnallisia ongelmia. Luonnollisesti on myös tärkeää, että kaikilla on sama koordinaatisto käytössä, jotta eri suunnittelualojen suunnitelmat ovat yhdistettävissä. Tiedonsiirtotapa sovitaan myös ennen tietomallipohjaisen suunnittelun aloitusta. Tiedonsiirtotapana yleisesti käytetään IFC-muotoa. [8 & 11.]

Tietomallia voidaan hyödyntää hankkeissa kahdella tavalla, joko toteuttaen suunnitelmat perinteisesti CAD-ohjelmistoilla 2D-suunnitelmina ja käyttämällä tietomallia työvälineenä hankkeen läpiviemisessä tai laatimalla hankkeen kaikki suunnitelmat tietomallintamalla. Hankkeen perustuessa tietomallipohjaiseen suunnitteluun, 2D-suunnitelmia ei erikseen tarvitse laatia, vaan ne pystytään tuottamaan tietomallista. Siispä, jos hankkeen suunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti, paras tapa on tehdä alusta saakka suunnitelmat tietomallipohjaisesti, eli aloittaa mallinnus jo luonnossuunnitteluvaiheessa. [8 & 18.]

3.7 Tietomallien haasteet

Haasteita tietomallien ja suunnitelmien laadunhallintaan ja aikatauluun tuo se, että yhden tietomallin muutostarpeet vaikuttavat myös muiden tietomallien muutostarpeeseen. Jos esimerkiksi todetaan, että alakaton korkeutta on nostettava, se vaikuttaa mm. talotekniikan asennustilan korkeuteen merkittävästi. [16 s. 7.]

Yksi suurimmista haasteista tietomallien käytössä ja tietomallintamisessa on asenne ja motivaatio [8]. Rakennusala on perinteikäs ja vanhanaikainen ala eikä uusien toimintatapojen pioneerina haluta toimia. Monesti myös halu toimia niin kuin aina ennenkin on toimittu saattaa koitua kompastuskiveksi 2D-suunnittelusta tietomallintamiseen siirryttäessä. Kaikki hankkeen osapuolet on motivoitava kohti samaa päämäärää ja samoin toimintatavoin. Tärkeää on, että hankkeen osapuolet asennoituvat toteuttamaan suunnitelmat mallintamalla, jos niin on päätetty.

Tietokoneohjelmille on ominaista, että varmimmin ja täydellisimmin tiedon tallennus onnistuu ohjelmien alkuperäisissä tallennusmuodoissa (vertaa doc- ja docx-ohjelmistoversiot). On huomattu, että sama pätee IFC-muotoisen tiedon tallennuksessa. Suunnittelijoiden käyttäessä eri ohjelmistoversioita saattaa siis tiedon tallennuksessa

sa tapahtua virheitä ja tietoa katoaa tai muuttuu. Samoja ongelmia saattaa ilmetä, kun tallennetaan tietoa ohjelmiston alkuperäistallennusmuodosta IFC-muotoon. [11.]

4 Tietomalli työkaluna suunnittelun ohjauksessa

Tietomalli on hankkeen suunnittelun ohjauksessa joko suunnitelmakokonaisuus, jota ohjataan vastaamaan hankesuunnitelmassa päätetyjä tavoitteita tai apuväline hankkeen läpiviemiseen riippuen siitä, mihin tarkoitukseen hankkeessa on tietomallia sovittu käytettävän. Kuitenkin vaikka hankkeen suunnittelu toteutettaisiin tietomallipohjaisesti, myös silloin tietomallia voidaan hyödyntää suunnittelun ohjauksen hallintaan. Se antaa työkaluja laatu-, kustannus- ja aikataulutavoitteiden saavuttamiseen. Suunnittelun ohjauksen kannalta eri suunnittelualojen osatietomallien yhdistäminen yhdistelmämalliksi on tietomallin suurin etu. Jotta tietomallia voidaan hyödyntää suunnittelun ohjauksessa, kaikkien suunnittelualojen on tehtävä omat osatietomallinsa kohteesta ja muutokset on päivitettävä tietomalliin, että voidaan varmistua tietomallin luotettavuudesta. Suunnittelun ohjaus ei sisällöltään ole riippuvainen siitä, toteutetaanko hankkeen suunnitelmat tietomallipohjaisesti vai perinteisesti 2D-suunnitelmin. Hankkeet ovat yksilöllisiä ja hankkeen erityispiirteet määrittävät suunnittelun ohjauksen kokonaisuuden ja vastuun. [2 s. 45; 12 s. 3, 5 & 10; 16 s. 17.]

4.1 Tietomallin ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet

Tässä osiossa käsitellään tietomallin eri ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia, joista on hyötyä suunnittelun ohjauksessa.

4.1.1 Simulointi

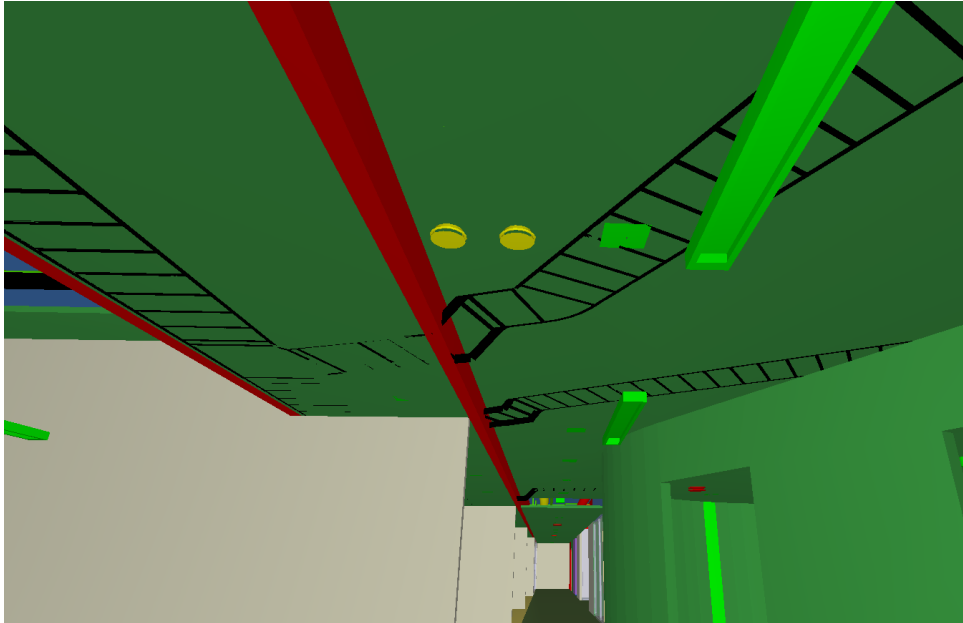
Tietomalleilla on muitakin simulointimahdollisuuksia kuin työssä aikaisemmin mainitut. Myös muita valmiin rakennuksen toimivuuden tarkistamiseksi tehtäviä simulointeja on mahdollista suorittaa. Simuloiden voidaan esimerkiksi tarkistaa hätäpoistumisteiden riittävyys onnettomuustilanteissa, kun rakennus on käyttäjämäärältään täydessä käytössä [8]. Tämän lisäksi erilaiset rakentamisen etenemissimulaatiot ovat mahdollisia. Voidaan esimerkiksi simuloida rakennustyön asennusjärjestys ja suunnitella toiminnaltaan paras asennusaikataulu.

4.1.2 Kustannustavoitteiden saavuttaminen

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääasiallisesti hankkeen alussa, mutta muodostuvat rakentamisen aikana. Toteutussuunnittelun kustannusohjauksella on siis suuri merkitys hankkeen lopullisiin kustannuksiin. PJU:n velvollisuus on valvoa, että kustannukset eivät ylitä tavoitehintaa. Tietomalliin pystytään tallentamaan tietoa rakennusosien sekä materiaalien kustannuksista ja tietoa pystytään hyödyntämään rakennushankkeen edetessä. Suunnitelmaratkaisujen kustannuksia verrataan hankesuunnitelman niille määritettyyn kustannustavoitteeseen. Jos kustannukset ylittävät tavoitehinnan, suunnitelmien ratkaisuja on kehitettävä vastaamaan paremmin niille asetettuja kustannustavoitteita. Tietomallin avulla eri suunnitteluratkaisujen vertailu on helppoa niin visuaalisesta näkökulmasta kuin myös kustannusten osalta. Suunnitelmaratkaisut vaikuttavat merkittävästi myös muiden suunnittelualojen ratkaisuihin ja kustannuksiin. Tietomallia hyväksikäyttäen pystytään kätevästi havaitsemaan, jos esimerkiksi arkkitehtisuunnittelun ratkaisujen johdosta rakennesuunnittelussa joudutaan tekemään kalliita ratkaisuja suunnitelmien yhteensovittamiseksi. Tietomalli helpottaa eri suunnitteluratkaisujen vaikutusten vertailua kokonaisuuteen. Suunnitelmaratkaisujen kustannusvaikutuksia verratessa on muistettava, että valittaessa edullisempi ratkaisu, ratkaisun on kuitenkin laatutasoltaan vastattava sille asetettuja tavoitteita. [19 s. 16.]

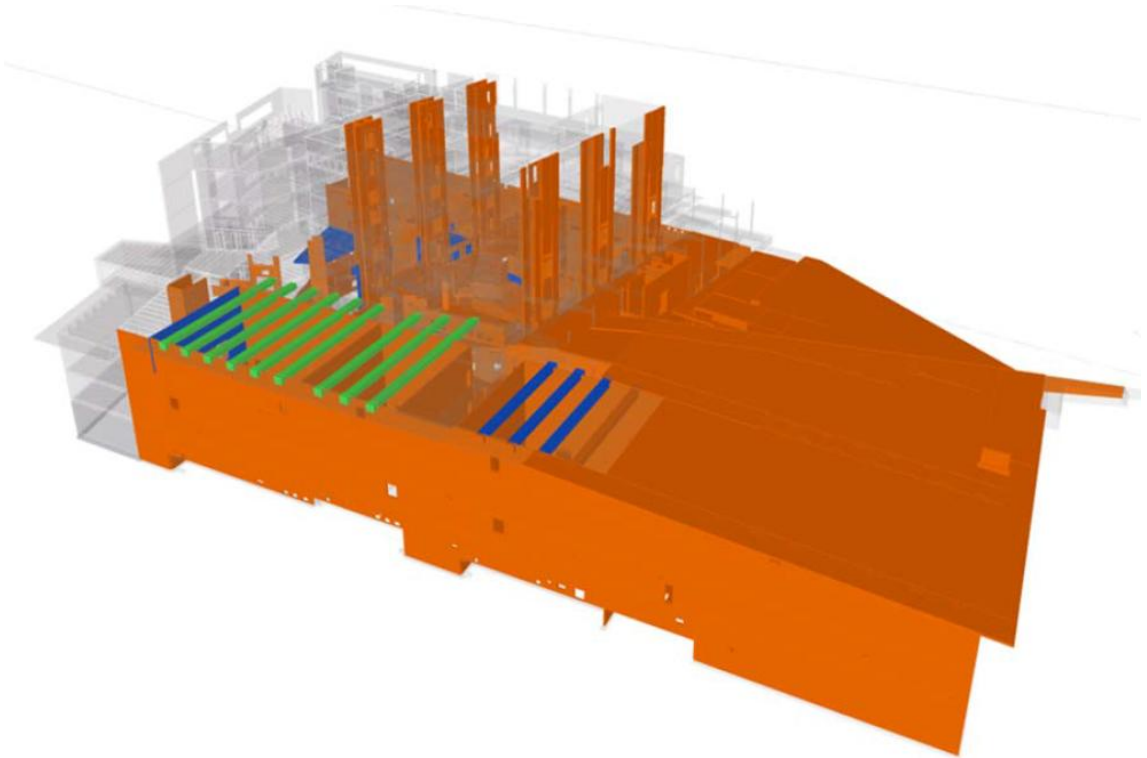
4.1.3 Havainnollistaminen ja visuaalisuus

Merkittävin tietomallin hyödyntämiskeino on ollut ja on edelleen tietomallin visuaalisuus [9 s. 10]. Tietomallin kolmiulotteisuuden johdosta suunnitelmien sisältö on helpompi ymmärtää kuin 2D-piirustuksien ja suunnitelmien laatua on helpompi arvioida. Esittämällä eri suunnittelualojen tietomalleja erikseen pystytään tarkastelemaan yksityiskoh- tia ja yhdistetyllä mallilla voidaan tarkastaa suunnitelmien yhtenäisyys ja tekemään törmäystarkastelut. Kuva 13 on kuvakaappaus yhdistetystä tietomallista; törmäystar- kastelussa on huomattu, että alakatto ja sähköjohtotiet kulkevat samassa korossa. Ku- vakaappauksia voidaan hyödyntää esimerkiksi palaveritilanteissa suunnitelmien on- gelmien havainnollistamisessa. Mallista on myös mahdollista havaita ajoissa suunnitte- lematta jääneet kohdat. [14 s. 5.]



Kuva 13. Sähköjohtotiet ja alakatto kulkevat samassa korossa.

Tilaaaja ei aina ole rakennusalan ammattilainen, ja ammattilaisellekaan suunnitelmaratkaisujen esittäminen 2D-piirustuksin ei aina ole helppoa. Tilaaaja on kuitenkin hankkeen osapuoli, joka viimekädessä päättää suunnitelmaratkaisuista. Aikataulun kannalta koko hankkeen eduksi on, että tilaaaja pystyisi tekemään päätökset suunnitelmia koskien mahdollisimman nopeasti niiden esityksestä. Tietomallin visuaalisuus antaa hyvän työkalun kommunikointiin PJU:n ja tilaaajan välillä. Tilaaaja pystyy tietomallista näkemään 2D-kuvia paremmin suunnitelmaratkaisujen merkityksen valmiiseen rakennukseen. Tämä antaa tilaajalle paremman varmuuden ottaa suunnitelmaratkaisuihin kantaa. [14 s. 6.]



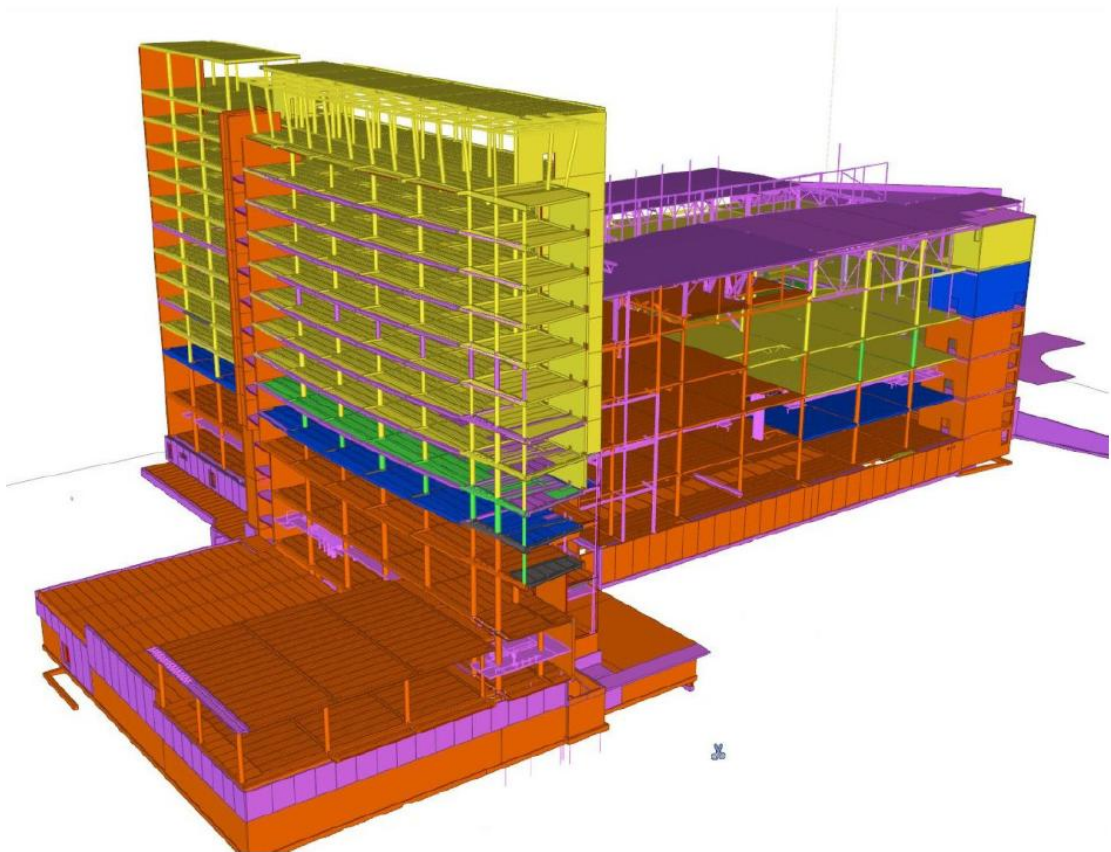
Kuva 14. Toteumatilanteen esitys. Värikoodit: oranssi = asennettu, sininen = kuluva viikko, vihreä = seuraava viikko & läpinäkyvä = aikataulussa myöhemmin [12 s. 13].

Teknisellä havainnoinnilla pystytään havainnollistamaan esimerkiksi toteutuneita ja tulevia työvaiheita. Rakennusosat esitetään eri väreillä sen mukaan, mitä halutaan tarkastella. Kuvassa 14 on esitetty Helsingin Musiikkitalon toteumatilanne tiettyä ajankohtana. Mallissa on värikoodein esitetty, mitkä osat on asennettu (oranssi), mitkä asennetaan kuluvalle viikolla (sininen), mitkä seuraavalla viikolla (vihreä) ja mitkä ovat aikataulussa myöhemmin (läpinäkyvä). [12 s. 13.]

4.1.4 Aikataulun laadinta

4D-ominaisuutensa vuoksi tietomalliin on mahdollista viedä aikataulutietoa. Esimerkiksi suunnitelma-aikataulu on mahdollista viedä tietomalliin. Aikataulu voidaan esittää vain mallinnettujen rakennusosien osalta, joten jos tietomallia halutaan käyttää suunnitelma-aikataulun hallinnan työkaluna, on tietomallin tarkkuustasolla suuri merkitys. Tähän tarkoitukseen yleissuunnitteluvaiheessa luodun tietomallin on sisällettävä suunnitelmapakettien sisältö pääosin, jotta toteutussuunnitelma-aikataulun toteutumista ylipäättänsä tietomallin avulla voidaan valvoa. Tietomallista pystytään tuottamaan staattinen mallinäkyvä, jossa on värikoodein esitetty suunnitelmien valmistumisen tilanne. Värikoodein

dein voidaan esittää, mitkä suunnitelmat on jo toimitettu, mitkä suunnitelmat ovat seuraavana aikataulussa, minkä suunnitelmien toimitus on myöhässä ja mitkä suunnitelmat laaditaan myöhemmässä vaiheessa hanketta. Suunnitelma-aikataulun toimintaperiaate on aika pitkälti samanlainen kuin muidenkin tietomallipohjaisten aikataulujen esittäminen. Kuvassa 15 on esitetty runkovaiheen aikataulu tietyllä ajanhetkellä. Aikataulussa asennustöiden sen hetkinen tilanne on esitetty värikoodein. [12 s. 11.]



Kuva 15. Runkovaiheen aikataulu. Värikoodit: oranssi = asennettu, sininen = kuluva viikko, vihreä = seuraava viikko, keltainen = aikataulutettu, yli kaksi viikkoa, lila = aikataulutettu, yli kaksi viikkoa, eri urakoitsija [12 s. 11].

Ongelma tietomallin hyödyntämiseen suunnittelu-aikataulun työkaluna on, että tietomalliohjelmistot eivät sovellu vielä nykypäivänä kovin hyvin aikatauluttamiseen, vaan ohjelma kaatuu tiedon paljouteen. Aikataulutus on toki mahdollista, mutta vaatii paljon resursseja. Aikatauluominaisuutta hyödynnettäessä tietomallin tulee olla sovittua tarkkuustasoa vastaava, sillä suunnitelmamuutosten tekeminen malliin saa aikaan aikataulutiedon katoamisen muutettujen objektien osalta. Tämä tarkoittaa siis sitä, että jos mallista poistetaan rakennusosa, esimerkiksi palkki, pahimmassa tapauksessa koko aikataulu pitää suunnitella mallille uudestaan. Jotta koko aikataulun uudelleen laadin-

nalta välttään, tietomallien käyttäjien ja niihin muutoksia tekevien on panostettava työtapojensa oikeellisuuteen ja oltava muutoksia tehdessään huolellisia. [12 s. 11; 8.]

Aikataulun laadintaan tietomallia hyväksikäyttäen soveltuu parhaiten tietomallista saatavan määräluettelon vieminen aikatauluohjelmaan [8]. Rakennusosat pystytään viemään aikatauluohjelmaan lohkoittain ja kerroksittain, jonka jälkeen lisätään tuotantonopeus ja asennusjärjestys. Tätä voidaan käyttää lähtötietona hankintojen aikatauluttamiseen ja sitä kautta myös suunnitelma-aikataulun laadintaan. Tietomallin avulla pystytään suunnittelemaan toteutuskelpoinen asennusaikataulu. Kun asennusjärjestys on suunniteltu, sen pohjalta on kätevää suunnitella katselmusaikataulu järkeväksi.

4.1.5 Törmäilytarkastelut

Tietomalli tekee törmäilytarkastelut automaattisesti. Tietomalli tuottaa tarkastuksesta tarkastuslomakkeen (Kuva 16), jolla pystytään paikallistamaan suunnitteluvirheiden sijainnit. Kuvan 16 tarkastuslomakkeesta voidaan nähdä, että mm. palkkien ja putkien välillä tapahtuu leikkauksia. Tarkastuksesta pystytään tuottamaan tulosteena tarkastusraportti, josta ilmenee samat asiat kuin tarkastuslomakkeesta.

Tiedosto **Malli** **Tarkastus** **Kommunikointi** **Informaation talteenotto** **+** **To**

Tarkastus **Säännöstö** **Tarkasta** **Raportoi**

- Yhdistetyn mallin tarkastuslomake
 - Kaikki tarvittavat dokumentit ja mallit on toimitettu
 - Malleista on toisiaan vastaavat versiot
 - Mallit on kohdistettu oikein keskenään
 - Talotekniikka ja pystykuilut
 - Talotekniikka ja vaakareitit
 - Taloteknisten järjestelmien keskinäiset törmäilyt
 - Talotekniikkakomponenttien väliset leikkaukset
 - Alaslasketut katot ja talotekniikka
 - Talotekniikkakomponenttien ja alakattojen leikkaukset
 - Pilarien lävistykset
 - Talotekniikkakomponenttien ja pilarien leikkaukset
 - Palkkien lävistykset
 - Talotekniikkakomponenttien ja palkkien leikkaukset
 - Laatoissa on aukot pystykuilujen kohdalla
 - Arkkitehtimallin laattojen aukot ja pystykuilut
 - Rakennemallin laattojen aukot ja pystykuilut

Tulosten yhteenveto **Raportoi**

Ilmoitusten lukumäärä	212	0	0	0	0
Ilmoitusten tiheys	18	0	0	0	0

Tulokset **Ei suodatusta** **Automaattinen**

Tulokset

- Palkkikomponenttien leikkaukset [0/212]**
 - (E) Palkki.0.107 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/6]
 - MHV 4, 1-7 KERROS ja WQ415*6-25*348-15*660 [0/2]
 - (D) Putki.1.1794 (Teräsputki Fe-35) ja (E) Palkki.0.107 (WQ415*6-25*348-15*660) leikkaavat toisiaan
 - (D) Putki.1.689 (Teräsputki Fe-35) ja (E) Palkki.0.107 (WQ415*6-25*348-15*660) leikkaavat toisiaan
 - Poistoilma NH ja WQ415*6-25*348-15*660 [0/1]
 - Savunpoisto "vaikutusalue" ja WQ415*6-25*348-15*660 [0/3]
 - (E) Palkki.0.11 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/3]
 - (E) Palkki.0.49 (WQ415*6-25*348-25*660) [0/8]
 - (E) Palkki.0.51 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/9]
 - (E) Palkki.0.8 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/13]
 - (E) Palkki.0.83 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/8]
 - (E) Palkki.0.99 (WQ410*6-35*348-20*660) [0/16]
 - (E) Palkki.1.107 (WQ320*6-12*168-12*350-20) [0/1]
 - (E) Palkki.1.111 (WQ410*6-35*348-20*660) [0/8]
 - (E) Palkki.1.133 (WQ415*6-25*348-25*660) [0/13]
 - (E) Palkki.1.19 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/7]
 - (E) Palkki.1.21 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/12]
 - (E) Palkki.1.32 (IPE160) [0/1]
 - (E) Palkki.1.37 (WQ320*6-15*188-15*500) [0/2]
 - (E) Palkki.1.39 (WQ415*6-25*348-15*660) [0/4]
 - (E) Palkki.1.70 (L145*90*5) [0/1]

Kuva 16. Suunnitelmien yhteensopivuustarkastuksesta saatu tarkastuslomake. Huutomerkki punaisella pohjalla = kriittinen ilmoitus, oranssilla pohjalla = keskitason ilmoitus & keltaisella pohjalla = matalan tason ilmoitus.

Tietomalli luokittelee virheilmoitukset niiden vaikutusten vakavuuden mukaan kolmeen luokkaan: kriittisiin (punainen huutomerkkitunnus), keskitason (oranssi huutomerkkitunnus) ja matalan tason ilmoitukseen (keltainen huutomerkkitunnus). Ohjelma antaa kriittisen ilmoituksen, kun rakennuksen kantavuus tai toimivuus vaarantuu rakenneosii-

en leikkauksen vuoksi, esimerkiksi jos kantavat rakenteet ja putket leikkaavat. Matalan tason ilmoitus annetaan, kun leikkaukset koskevat lähinnä pintarakenteita tai pinta-asennuksia, esimerkiksi lattiamateriaali ja lattian sähköputkitukset leikkaavat. Tietomallin tekemän tarkastuksen avulla pystytään poistamaan inhimillisen virheen riski ja säästetään aikaa vievältä suunnitelmien tarkastamiselta. [16 s. 17.]

4.2 Tietomalli suunnittelun ohjauksen tehtävissä ja toimenpiteissä

Osiossa 2.6.1 on kuvattu toteutuksen aikaisen suunnittelun ohjauksen kulku. Tässä osiossa on tutkittu, miten tietomallia voidaan hyödyntää kyseisissä tehtävissä ja toimenpiteissä. Tämän ja osion 2.6.1 pohjalta on laadittu lista Tietomalli suunnittelun ohjauksen tehtävissä ja toimenpiteissä (Liite 2).

4.2.1 Suunnitelmapakettijako

Suunnittelun ohjauksessa on suunnitelmien valmistumista suunnitelmapakettijaon mukaisesti valvottava. Tietomallissa rakennusosien värin määrittäminen on mahdollista. Värin voidaan määrittää esimerkiksi niin, että tietyt rakennusosat tai samassa rakennusvaiheessa olevat rakenteet ovat samanvärisiä. On myös mahdollista siis merkitä kokonaisuuksia, vaikka suunnitelmapaketin rakennusosia, yhdellä värillä. Tätä voidaan käyttää apuna suunnitelmapakettijaon muodostamiseen tai suunnitelmien valmistumisen valvontaan suunnitelmapakettijaon mukaisesti mm. hyödyntämällä hankesuunnitteluvaiheessa arkkitehdin tilaobjektein tuotettua tilamallia. Tilamallissa on karkeasti esitetty sopivin perusratkaisu hankkeen geometriasta ja tiloista, jonka pohjalta mm. yleisuunnittelu on mahdollista aloittaa. Jos toteutussuunnitteluvaiheessa on havaittu suunnittelemtomia kohtia, tietomallin värien määrittäminen suunnitelmapakettijaon mukaisesti helpottaa suunnittelemta jääneen kohdan sijoitusta oikeaan suunnitelmapakettiin. [20 s. 14.]

4.2.2 Suunnitelmien toteutuskelpoisuus

2D-suunnitelmista suunnitelmien yhteensopivuutta on hankala tarkastaa ja tarkastaminen vaatii huolellisuutta ja vie aikaa. Virheiden tekeminen on inhimillistä ja suunnitelmien ristiriitaisuuksien havaitseminen ei ole aina helppoa, joten saattaa tulla vastaan tilanteita, että vasta rakennusvaiheessa huomataan suunnitelmien epäkohdat. Tarkas-

tusohjelmistot tekevät osatietomallien yhteensopivuustarkastelun automaattisesti ja ilmoittavat mahdollisista ristiriitaisuuksista. [3 s. 55.]

Tietomallin avulla havaitaan suunnitelmien epäkohdat ajoissa ja korjaukset suunnitelmiin pystytään tekemään ennen kuin rakentaminen muutoskohdan osalta aloitetaan. Tämä tukee suunnittelun ohjauksen tavoitetta pysyä aikataulu-, kustannus- ja laatuavoitteissa. Korjausten kustannuksilta ja korjausten aiheuttamilta aikatauluviiveiltä säästytään. Suunnitelmien epäkohtien aikaisella havaitsemisella pystytään ehkäisemään viime hetken suunnitelman muutoksia. Viime hetken muutoksia saatetaan hankkeen edetessä joutua tekemään, kun vasta rakennusvaiheen aloituksessa esimerkiksi urakoitsija havaitsee toteutussuunnitelmissa epäkohtia. Viime hetkellä tehtyjen suunnitelmien tai suunnitelmamuutosten vaikutusta muuhun suunnitteluun ei yleensä ehditä tarkastamaan tarpeeksi huolellisesti. Se saattaa aiheuttaa toteutuksessa laatuongelmia, korjaustoimenpiteitä tai muutos- ja lisäsuunnittelua hankkeen edetessä. Tietomallin käyttö parantaa suunnitelmien laatua ja oikeellisuutta ja siten ehkäisee suunnitelmaongelmien aiheuttamia lisäkustannuksia. [16 s. 17.]

Erilaisten suunnitelmaratkaisujen vertailu helpottuu tietomallia hyväksikäyttäen. PJU:n ja urakoitsijoiden ehdottamat muutokset suunnitelmiin on helposti esitettävissä tietomallia apuna käyttäen. Suunnittelijoiden ja tilaajan kannanotto suunnitelmamuutoksiin nopeutuu tietomallin visuaalisuuden avulla, ja näin suunnitteluprosessia saadaan tehostettua. [19 s. 15.]

4.2.3 Työturvallisuuden huomioiminen suunnitelmissa

Työturvallisuuden varmistaminen koko rakentamistyön ajan on erittäin tärkeää. Rakennesuunnittelijan työhön kuuluu asennustyöturvallisuuteen liittyvien suunnitelmien laatiminen sekä työturvallisuuden varmistaminen suunnitelmissaan, mutta PJU on velvollinen varmistamaan, että työturvallisuussuunnitelmat ovat toteutettavissa ja että työturvallisuus toteutuu jokaisessa rakennustyön vaiheessa. Myös työturvallisuussuunnitelmien havainnointiin tietomalli soveltuu hyvin. Tietomallilla voidaan tarkastaa työturvallisuuden toteutuminen ja voidaan pohtia vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tietomallin sisältämän asennusaikataulun avulla pystytään havaitsemaan työturvallisesti hankalat rakennusvaiheet jo varhaisessa vaiheessa, jolloin niihin voidaan varautua etukäteen. Rakentamisvaihe voidaan simuloida asennusaikataulun mukaisesti ja sitä kautta voidaan tarkistaa, onko työturvallisuussuunnittelu suunnitelmissa tehty toteutuskelpoisesti. Suunni-

telmissä on saatettu esimerkiksi suunnitella putoamissuojavaljaiden kiinnityskohdat sellaisiin kohtiin, joita ei todellisuudessa ole vielä rakennettu, silloin kun valjaiden käyttö on ajankohtaista. Tietomallilla voidaan siis suunnitella putoamissuojavaljaiden kiinnityskohdat rakentamisen edetessä tai esimerkiksi havainnoida Alsipercha-turvaorren, niin sanotun hirsipuun, ulottuvuussäde. [12 s. 14–17.]

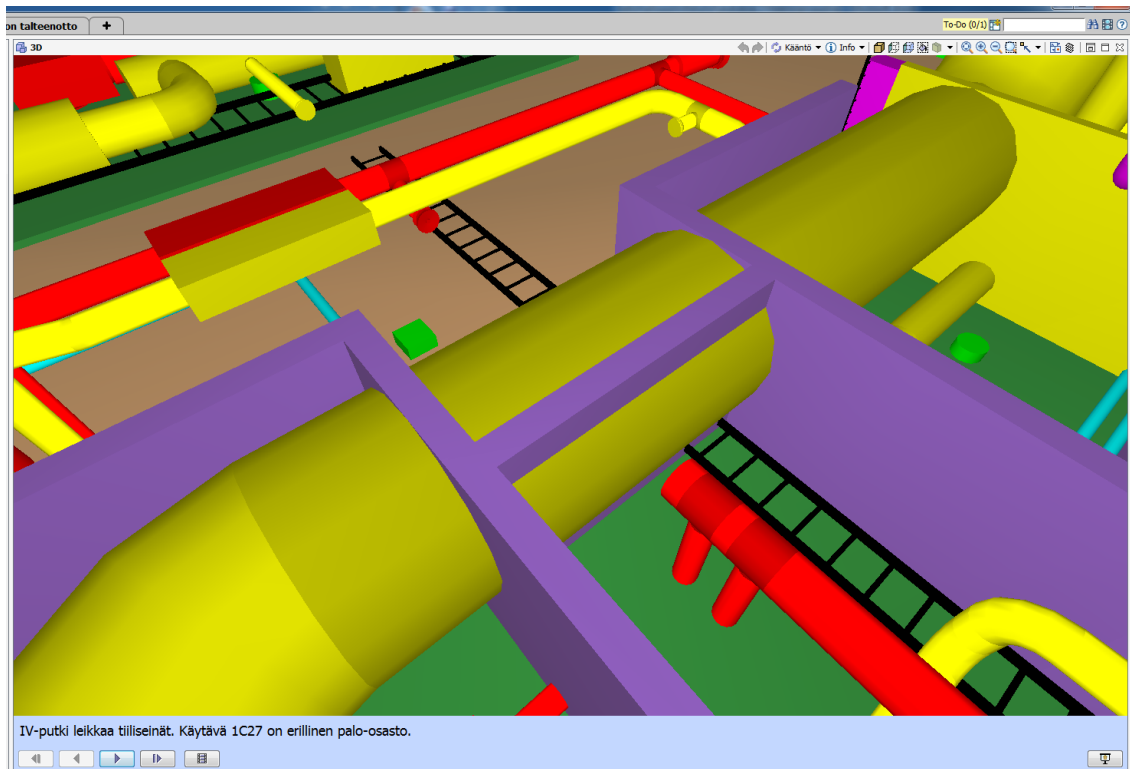
4.2.4 Suunnitelmamuutosten hallinta

Projektinjohtourakassa toteutusvaiheen aikana suunnitelmia kehitetään ja suunnitelmamuutokset kuuluvat jokaiseen hankkeeseen. Muutosten vieminen 2D-piirustuksiin on hankalaa, sillä muutos on päivitettävä jokaiseen piirustukseen erikseen. Saattaa tulla tilanteita, että epähuomiossa suunnitelmamuutosta ei ole onnistuttu viemään kaikkiin suunnitelmiin ja virhe huomataan vasta, kun rakennustyöt on aloitettu. Tämä saattaa aiheuttaa rakennustöiden keskeytyksen kyseisen rakennusvaiheen osalta. Saattaa myös käydä niin, ettei virhettä havaita rakennustyön aikana, vaan vasta ennen seuraavan työvaiheen aloitusta. Tämä johtaa siihen, että joudutaan joko tekemään lisää muutossuunnittelua johtuen jo tehdyistä asennuksista tai korjaamaan rakennusvirhe. Kumpikin ratkaisu tuo hankkeelle ylimääräisiä kustannuksia. Tietomalli soveltuu suunnitelmamuutosten hallinnan työkaluksi. Tietomallissa muutos päivitetään yhteen paikkaan, jonka jälkeen se automaattisesti päivittyy kaikkiin tietomallista tulostettaviin 2D-piirustuksiin. Täysin sokeasti ei kuitenkaan pidä luottaa tietokoneen tuottamaan piirustukseen, vaan suunnittelijan on tarkastettava tietomallista tulostettavan 2D-suunnitelman laatu. Muutoksen vaikutuksen vertaaminen kokonaisuuteen helpottuu tietomallin 3D-ominaisuuden johdosta. Uuden ja vanhan version vertailu on mahdollista esimerkiksi tuomalla molemmat mallit samanaikaisesti tietomallin tarkastusohjelmaan. Näin pystytään havainnollistamaan paremmin poistetun, lisätyn tai muutetun rakenteen vaikutus lopputulokseen. Muutetut rakenteet pystytään esittämään eri väreillä, jolloin hahmottaminen helpottuu entisestään. Uudesta ja vanhasta tietomalliversiosta saatavaa määrätietoa pystytään myös hyödyntämään muutosten tuomien kustannusten selvittämisessä. [3 s. 33–37.]

4.2.5 Tietomalli suunnittelukokouksissa

Tietomallin tarkastuksesta saatu tarkastusraportti on hyvä apuväline suunnittelukokouksessa suunnitelmaongelmien läpikäyntiin. Tarkastusraportin tukena on hyvä olla mal-

lista otettuja kuvakaappauksia suunnitelmien ongelmakohtista, jotka halutaan suunnittelukokouksissa ratkaista. Tarkastusraportin ongelmakohtista pystytään tietomallin avulla tekemään suunnittelukokoukseen valmis esitys, jossa kuvakaappauksin ja selostuksin kuvataan ongelma. Kuva 17 on suunnittelukokousta varten tehdyn esityksen dia, jossa esitetään kuvakaappauksen ja selitystekstin avulla ongelmakohta. Suunnitelmassa havaittu ongelma käydään palaveritilanteessa läpi ja todetaan, kuka tai ketkä suunnitelmamuutosten tekemisestä ovat vastuussa. Suunnitelmien korjauksien tekemiselle annetaan aikaraja, jolloin niiden pitää viimeistään olla tehtynä, jotta suunnitelma- aikataulussa pysyttäisiin. Suunnitelmien epäkohdat saadaan korjattua nopeammalla aikataululla, kun jo palaveritilanteessa pystytään suunnittelijoiden kesken pohtimaan mahdollisia ratkaisuja ja niiden toimivuutta kokonaisuuteen.

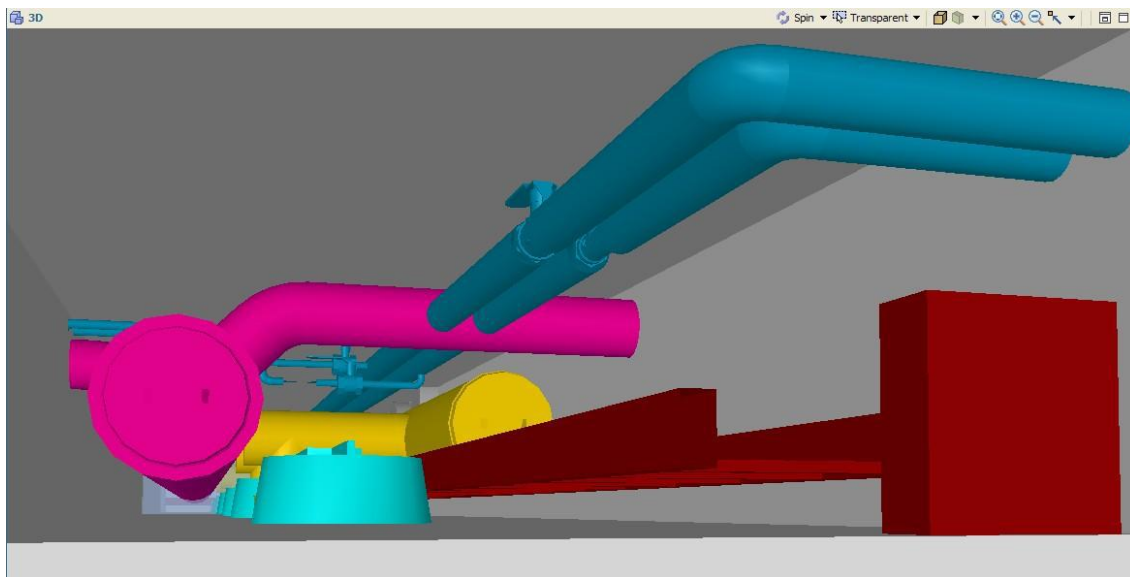


Kuva 17. Suunnittelukokousta varten tehdystä esityksestä kuvakaappauksin ja selitystekstein kuvataan suunnitelmien tarkastuksessa havaittu ongelmakohta, joka halutaan korjata.

Suunnittelijoiden kommunikointi myös jokapäiväisessä työssä helpottuu tietomallista saatavien kuvakaappausten avulla, kun selkeästi pystytään kuvaamaan ongelma, ehdotus tai kysymys suunnitelmaa koskien. Vanha viisaus 'Yksi kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa' osuu oikeaan pohdittaessa tietomallin etuja eri henkilöiden välisessä kommunikoinnissa. [16 s. 7.]

4.2.6 Tietomalli risteilypalavereissa

Talotekniikkasuunnitelmien yhteensopivuustarkasteluun tietomalli antaa hyvän työkalun. Eri talotekniikan suunnittelualojen suunnitelmien yhdistelmämalli helpottaa suunnitelmien toteutuskelpoisuuden toteamista. Kuvassa 18 on esitetty tilanne, jossa risteilytarkastuksessa on havaittu suunnitelmien yhteensopivuudessa ongelma, kun IV-kanava ja putket risteävät ei-toivotulla tavalla.



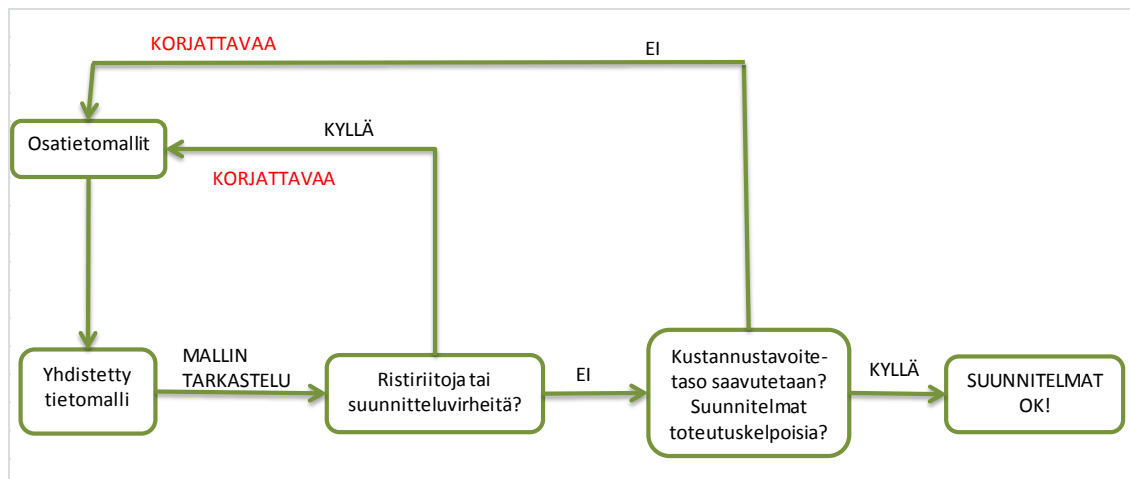
Kuva 18. Risteilytarkastuksessa on havaittu IV-kanavan ja putkien risteävän ei-toivotulla tavalla [9 s. 34].

Myös risteilypalavereissa suunnitelmamuutoksen tekemisestä vastuussa olevalle suunnittelijalle annetaan aikaraja, johon mennessä suunnitelmamuutokset on viimeistään oltava tehtynä. Simuloimalla asennusjärjestys saadaan suunniteltua parhaiten toimiva asennusaikataulu, joka ottaa huomioon hankalien ja kriittisten asennusvaiheiden toteutuksen. [9 s. 32–36.]

4.2.7 Tietomalli suunnitelmakatselmuksissa

Suunnitelmakatselmuksissa tarkastetaan suunnitelmien toteutettavuus ja valmiusaste ennen rakennustyön aloitusta. Tietomallin tarkastuksen avulla selviää suunnitelmien yhteensopivuus muun suunnittelun kanssa ja mahdolliset suunnittelematta jääneet kohdat. Suunnitelmakatselmuksessa tietomalliin syötetyn kustannustiedon perusteella voidaan todeta, vastaavatko suunnitelmat hankkeelle asetetuilla kustannustavoitteilla.

Tietomallin käyttö suunnittelukatselmuksissa parantaa toteutussuunnitelmien laatua sekä vähentää muutos- ja lisäsuunnittelua ja suunnitelmavirheiden johdosta tehtävien korjausten riskiä. [16 s. 17.]

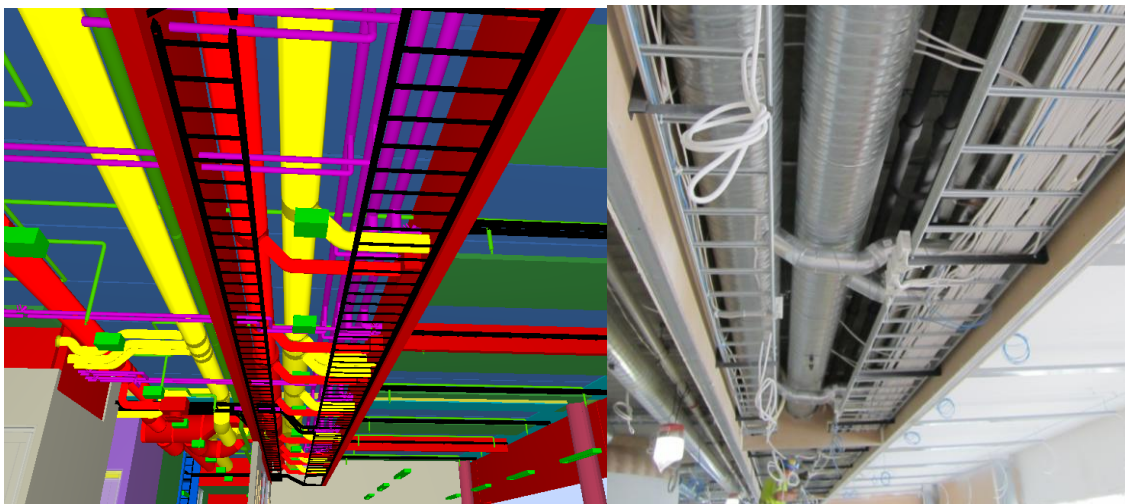


Kuva 19. Suunnitelmien tavoitteidenmukaisuuden tarkastaminen suunnittelukatselmuksessa.

Kuvassa 19 on kaaviota apuna käyttäen kuvattu suunnitelmien tarkastus suunnitelma-katselmuksessa. Jos suunnitelmien yhteensovituksessa on ristiriitoja, suunnitelmat eivät ole toteutuskelpoisia tai kustannustavoitteiden mukaisia, suunnitelma-katselmuksessa todetaan niiden kaipaavan muutoksia ja uusien revisioiden valmistuttua ne kat-selmoidaan uudelleen.

4.2.8 Mallikatselmuksset

Suunnitelma-katselmuksessa suunnitelmien hyväksymisen jälkeen voidaan aloittaa ky-seisen rakennusvaiheen työt. Kun urakan ensimmäiset asennukset on saatu valmiiksi, esimerkiksi keittiön laatoitukset, tehdään mallikatselmus asennuksista. Katselmuksissa todetaan vastaako lopputulos tavoitetta. Tietomallin visuaalisuus helpottaa toteutuman ja suunnitelman vertailua. Näin voidaankin kätevästi todeta, vastaako toteutunut asen-nus suunnitelmaa. Kuvissa 20 ja 21 on vasemmalla tietomallista saatava kuvakaappa-us suunnitelmasta ja oikealla valokuva toteutetuista asennuksista vertailua varten.



Kuva 20. Tietomallista otettu kuvakaappaus (vasemmalla) ja valokuva toteutetuista asennuksista.



Kuva 21. Tietomallia hyödyntäen suunnitelman ja toteutuman vertailu onnistuu kätevästi.

Tietomalli antaa havainnollistavan kuvan vielä asentamattomasta työvaiheesta, sillä pystytään havaitsemaan hankalat asennusvaiheet ja tietomallin avulla pystytään asennusjärjestys suunnittelemaan järkevästi etukäteen. Asennusjärjestyksen järkevä suunnittelu mahdollistaa mahdollisimman laadukkaan asennuksen.

4.3 Miten tietomalli muuttaa perinteistä suunnittelun ohjausta?

Perinteiseen suunnittelun ohjaukseen verrattuna tietomallinnetun hankkeen suunnittelun ohjaus helpottuu tietomallin ominaisuuksien johdosta. Tietomalli antaa seuraavat edut suunnittelun ohjaukseen:

- Suunnitelmien virheet ja suunnittelemattomat kohdat on helpompi havaita
- Suunnitelmien yhteensopivuus on helpompi tarkastaa
- Toteutussuunnitelmien laatu paranee
- Muutos- ja lisäsuunnittelu vähenee
- Hankkeen osapuolten välinen kommunikointi helpottuu
- Tilaajalla on paremmat edellytykset tehdä päätöksiä ratkaisuvaihtoehdoista
- Suunnitelmaratkaisujen kustannushallinta paranee
- Ajankäyttö suunnitteluratkaisujen tekoon suunnittelupalaverissa tehostuu
- Koko suunnitteluprosessi tehostuu. [3 s. 10 & 11.]

Tietomallin käytöllä suunnittelun ohjauksessa voidaan saavuttaa säästöjä kustannuksissa ja ajallisesti sekä pystytään tuottamaan kokonaisvaltaisesti laadukkaampia suunnitelmia toteutukseen [3 s. 11].

5 Johtopäätökset ja yhteenveto

Insinööriyössä oli tarkoituksena selvittää, mitä toteutuksenaikainen suunnittelun ohjaus sisältää projektinjohtourakoitsijan osalta ja mitä työkaluja tietomallista saadaan toteutuksenaikaiseen suunnittelun ohjaukseen. Insinööriyö oli rajattu selkeästi, joten tutkimuksen aloitus kävi sujuvasti. Omakohtaista kokemusta suunnittelun ohjauksesta ei alussa juuri ollut, joten pohjatietojen hankinta vei oman aikansa.

Kirjallisuustutkimuksen ja haastatteluiden avulla projektinjohtototeutuksen suunnittelun ohjauskokonaisuus hahmottui, ja sen pohjalta oli mahdollista listata PJU:n tehtäviä ja toimenpiteitä suunnittelun ohjauksessa sekä selvittää, miten suunnittelun ohjaus toteutetaan onnistuneesti. Suunnittelun ohjauksen sisältöä käsitellään osioissa 2.3, 2.4 ja 2.6.1. Suunnittelun ohjauksen vastuut vaihtelevat sen mukaan, miten sopimussuhteet

on muodostettu. Oleellisinta toteutusvaiheen suunnittelun ohjauksessa on seurata ja ohjata suunnittelua hankinta-aikataulun pohjalta työmaalla pidettävien suunnitelmakatselmusten avulla. Suunnittelun ohjauksen toimivuudella on suuri merkitys hankkeen onnistumiseen aikataulu-, laatu- ja kustannustavoitteiden osalta, joten on tärkeää, että suunnittelun ohjauksesta vastuuseen nimetyt henkilöt valitaan ammattitaidoiltaan vastaamaan hankkeen vaativuustasoa.

Tietomallista löytyvään kirjallisuuteen perehtymällä tietomallin ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet hahmottuivat. Niiden perusteella pystyttiin pohtimaan tietomallin käyttömahdollisuuksia suunnittelun ohjauksessa. Tietomallin käyttöä suunnittelun ohjauksen työkaluna käsitellään luvussa 4. Insinööriyön lopputuloksena laadittiin lista tietomallin tuomista työkaluista suunnittelun ohjauksen tehtäviin ja toimenpiteisiin (Liite 2).

Ohjelmistoja, joilla tietomalleja mallinnetaan, tarkastellaan ja analysoidaan, kehitetään koko ajan. Kehitys mahdollistaa uusia tietomallien hyödyntämismahdollisuuksia hankkeiden läpiviennissä. Kyseisen insinööriyön teko oli tarpeellista, sillä tietomallin hyötyjä suunnittelun ohjauksessa ei ole vielä paljon tutkittu. Tässä tutkimuksessa selvitettiin oleellimmat tietomallin hyödyntämistavat suunnittelun ohjauksessa:

- Visuaalisuus ja havainnollisuus
- Törmäystarkastelut
- Aikataulutieto
- Kuvakaappaukset
- Simuloinnit
- Kustannustieto.

Tietomallin ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet antavat monia työkaluja suunnittelun ohjauksen tehtäviin ja toimenpiteisiin, esimerkiksi suunnittelukokouksiin ja suunnitelmakatselmuksiin. Tietomalli osana suunnittelun ohjausta mm. parantaa suunnitelmien laatua, helpottaa suunnitelmien yhteen sopivuuden tarkastamista ja selkeyttää hankkeen osapuolten välistä kommunikointia. Ohjelmistojen kehityksen kautta jatkossa on

luultavasti mahdollista löytää uusia keinoja, joilla suunnittelun ohjausta pystytään parantamaan tietomallien avulla, mutta tälläkin hetkellä tietomallin käytöllä suunnittelun ohjauksessa on mahdollista saavuttaa merkittäviä hyötyjä hankkeen läpiviennissä.

Haasteellisinta työn teossa oli aikataulu. Jos aikataulu ei olisi ollut rajoittava tekijä, tutkimuksessa olisi ollut mahdollista haastatella suunnittelijoita sekä työnjohtajia laajemman näkökulman saamiseksi suunnittelun ohjauksen toteuttamisesta sekä sujuvuudesta.

Tietomallin hyödyntäminen hankkeiden läpiviennissä on yleistynyt, mutta kokonaismäärää ajatellen mallintamista tehdään vähän vielä tällä hetkellä. Käytön yleistymisen esteitä ovat mm. asenteet ja se, ettei tietomallia osata hyödyntää hankkeissa. On ymmärrettävää, etteivät alalla jo pitkään toimineet ammattilaiset ole ilman lisäkoulutusta asiantuntijoita tietomallien käytössä. Koulutuksen järjestäminen vaatii yrityksiltä paljon resursseja. Vastavalmistuneet edustavat alalla kuin alalla uusien menetelmien ja toimintatapojen uusia tuulia, sillä opetuslaitokset antavat ajan tasalla olevaa tietoa työtaivoista ja -menetelmistä, ja ilman vanhoja maneeereita opiskelijoiden on helppo omaksua nämä. Tietomallien kohdalla tässä valitettavasti ainakin tällä hetkellä on poikkeus. Tietomallista on hyötyä hankkeen läpiviennissä hankesuunnittelusta rakennusvaiheeseen päättämiseen asti ja valmiin rakennuksen elinkaaren hallinnassa käyttöön otosta rakennuksen purkuun saakka. Tietomallien paremman hyödyntämisen edistämiseksi opetuslaitosten tulisikin minun mielestäni panostaa enemmän tietomallin käytön opiskeluun ja hyödyntämiseen osana kursseja.

Tämä insinööriyö voisi toimia pohjana mahdolliselle toteutuksen aikaisen suunnittelun ohjauksen kehitystutkimukselle. Haastatteleamalla työmaahenkilöstöä ja suunnittelijoita saataisiin kuva siitä, miten suunnittelun ohjauksen käytännön toimivuus koetaan ja riittääkö tämänhetkinen tietomallin käyttöosaaminen tietomallin hyödyntämiseen suunnittelun ohjauksessa. Sen pohjalta pystyttäisiin selvittämään, onko suunnittelun ohjauksen käytännön toteutuksessa tarvetta kehitykselle.

Lähteet

- 1 SRV intranet. Verkkodokumentti. <<https://intra.srv.fi/Sivut/etusivu.aspx>>. Luettu 5.2.2013.
- 2 Kiiras, Kruus, Raveala, Saari & Salmikivi, 2006. Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Gummerus Kirjapaino Oy.
- 3 Niemioja, Nissinen & Penttilä, 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- 4 Kruus, Matti, 2008. Suunnittelun ohjausta tukevien menettelyjen kehittäminen projektinjohtorakentamisessa. Gummerus Kirjapaino Oy.
- 5 Kiiras & Peltonen, 2000. Projektinjohtorakentamisen kehittäminen. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 6 Haastattelu. Pekka Kähkönen. 27.2.2013.
- 7 Ari Palosaari. 28.3.2013.
- 8 Haastattelu. Jyrki Maalahti. 13.3.2013.
- 9 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Talotekninen suunnittelu. 27.3.2012.
- 10 RT 10-10907, Projektinjohtourakan tehtäväluettelo, 2007. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 11 Penttilä, Hannu. Mikä tekee suunnitteluprojektista BIM-projektin? Verkkodokumentti. <http://www.mittaviiva.fi/hannu/BIM_project/index_bim_basics.html>. Päivitetty 7.4.2009. Viitattu 19.3.2013.
- 12 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. 27.3.2012.
- 13 Maalahti, Jyrki, 2008. Tietomallit työmaalla. PDF-tiedosto.
- 14 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Havainnollistaminen. 27.3.2012.
- 15 Ohjelmistoyhtiö Tekla, Tekla Structures, Engineering. Verkkodokumentti. <<http://www.tekla.com/fi/products/tekla-structures/engineering/Pages/Default.aspx>>. Viitattu 22.3.2013.

- 16 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Laadunvarmistus. 27.3.2012.
- 17 Granlund, suunnittelu- ja konsulttitoimisto. Verkkodokumentti. <<http://www.granlund.fi/ohjelmistot/riuska/>>. Viitattu 22.3.2013.
- 18 Hietanen & Lehtinen, 2013. Tietomallihanke tilaajan näkökulmasta. PDF-tiedosto.
- 19 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. 27.3.2012.
- 20 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Arkkitehtisuunnittelu. 27.3.2012.

Haastattelukysymykset

Haastattelukysymyksiä:

Toteutusvaiheen suunnittelunohjaus

1. Mitä toteutusvaiheen suunnittelunohjaus SRV:llä sisältää?
2. Kuinka suunnittelunohjaus käytännössä toteutuu työmailla (suunnitellusti, sovelletusti)?
3. Ketkä vastaavat suunnittelunohjauksesta?
4. Mikä on suunnittelunohjauksessa haastavinta?
5. Mitkä seikat ovat suunnittelunohjauksen ns. kulmakivet, tärkeimmät/kriittisimmät vaiheet?
6. Onko joku rakentamisen vaihe, jolloin suunnittelunohjauksen toimivuus on erityisen tärkeää? Millaisissa kohteissa suunnittelun ohjauksen tärkeys korostuu?

Tietomalli

1. Minkä tyyppisissä (laajuus, yksityiskohtaisuus) kohteissa tietomallintaminen kannattaa?
2. Kuinka hyvin tietomallit ovat osana SRV:n tämänhetkisiä hankkeita?
3. Ketkä tietomallia käyttävät SRV:n hankkeissa? Keille olisi syytä lisätä osaamista?
4. Missä vaiheessa projektin kulkua tietomalli on käytettävissä?
5. Mitä hyötyjä on saavutettu hankkeissa tietomallinnuksen avulla (suunnittelunohjauksen näkökulma)?
6. Onko tietomallien käyttöönotto helpottanut suunnittelunohjausta? Miten?
7. Kuinka hyvin henkilöstö työmailla osaa hyödyntää tietomallia hankkeen läpiviennissä (suunnittelun ohjauksessa)?
8. Kuinka hyvin tietomallit pysyvät ajan tasalla hankkeen edetessä? Vaikuttaako suunnittelunohjauksen tehokkuuteen/toimivuuteen?
9. Maksaako tietomallin ylläpitäminen itsensä takaisin? mitä rahallista merkitystä suunnittelunohjauksen kustannuksiin?
10. Voidaanko sitä hyödyntää hankintapakettien muodostamisessa?
11. Mikä tietomallien käytössä on haastavinta?
12. Mitä ohjelmia SRV:llä on käytössä? Omakohtaiset kokemukset niiden ominaisuuksista (mikä hyvää, mikä haastavaa)? Olisiko syytä ottaa käyttöön muitakin ohjelmia?

Tietomalli suunnittelun ohjauksen tehtävissä ja toimenpiteissä

Suunnittelu suunnitelmapaketin mukaan & suunnittelu ja hankinta yhteen sovitettu

→ Varmistettu suunnitelma- ja hankinta-aikataulun laadinnassa

Käyttö- ja huolto-ohjetta laaditaan rakentamisen edetessä

- Toteutumamallin hyödyntäminen rakennuksen huollossa ja ylläpidossa (mm. ArchiCAD)

Palaverikäytäntö

Suunnittelukokoukset

- Visuaalisuus ja havainnollisuus
- Törmäilytarkastelut
- Aikataulutieto
- Kuvakaappaukset
- Tarkastusraportti

Risteilypalaverit

- Visuaalisuus ja havainnollisuus
- Kuvakaappaukset
- Törmäilytarkastelut
- Asennusjärjestyksen simulointi
- Tarkastusraportti

Suunnitelmakatselmukset

- Visuaalisuus ja havainnollisuus
- Törmäilytarkastelut
- Kustannustieto
- Tarkastusraportti

Mallikatselmukset

- Asennusjärjestyksen simulointi
- Toteutuman vertaus hankintamalliin

Tarkastustoimenpiteet

Suunnitelmien toteutuskelpoisuus

- Visuaalisuus ja havainnollisuus
- Kustannustieto
- Törmäilytarkastelu

- Energiasimuloinnit
- Suunnitelmaratkaisujen simulointi
- Tarkastusraportti

Työnaikainen turvallisuus

- Havainnollisuus ja visuaalisuus
- asennusjärjestyksen simulointi

Lisä- ja muutossuunnittelun hallinta

- Muutosten päivitys yhteen paikkaan
- Visuaalisuus ja havainnollisuus
- Tarkastusraportti

Tarvittavat suunnitelmat käytettävissä

- Aikataulutieto

Suunnitelmista uusimmat versiot käytettävissä

Aikatauluhallinta

Suunnitelma- ja hankinta-aikataulu pitää

- Aikataulutieto

Mallikatselmusaikataulu pitää

- Aikataulutieto

Ominaisuuksien hyödyntämiseen soveltuvia ohjelmia mm.

- Visuaalisuus ja havainnollisuus
→ Solibri, Tekla Structures, ArchiCAD, Autodesk Navisworks
- Kuvakaappaukset
→ Solibri, Tekla Structures, Autodesk Navisworks
- Törmäilytarkastelut
→ Solibri, Tekla Structures, Autodesk Navisworks
- Asennusjärjestyksen simulointi
→ Solibri, Tekla Structures, Autodesk Navisworks
- Tarkastusraportti
→ Solibri, Tekla Structures, Autodesk Navisworks
- Aikataulutieto
→ Solibri, Tekla Structures, Autodesk Navisworks
- Kustannustieto
→ Solibri, Tocoman Pro, Autodesk Navisworks
- Simulointi
→ Tekla Structures, RIUSKA, Autodesk Navisworks