

TIETOMALLIPROJEKTIN EVALUOINTI HANKKEEN ERI OSAPUOLTEN NÄKÖKULMASTA – CASE ISOISÄNSILTA

Tilaajan tietomalliosaamisen kehittäminen
–tutkimushankkeen loppuraportti

20.04.2017

Sami Kärnä

Päivi Jäväjä

Panu Markkanen

Juha-Matti Junnonen

Vili Elovaara

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	5
1.1	Tausta	5
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	7
1.3	Tutkimusmenetelmät	8
1.4	Isoisänsillan kuvaus	10
2	Tietomallihankkeen evaluointi	12
2.1	Tietomallinnuksenhyödyt alan kirjallisuudessa.....	12
2.2	BIM-pohjaisen rakennushankkeen evaluointi.....	15
2.3	Case Isoisänsilta evaluointikriteerit.....	19
3	Case Isoisänsilta -hankkeen tarjouspyyntömenettely.....	21
3.1	Hankintaprosessi ja urakkamuoto.....	21
3.2	Tarjouspyynnön sisältö.....	22
3.3	Tietomallipohjaisuuden huomioiminen urakkaohjelmassa	24
3.4	Tietomallivaatimukset, -bonukset ja -sanktiot.....	25
3.5	Urakoitsijan valintamenettely	26
4	Evaluoinnin tulokset.....	27
4.1	Osapuolten roolit ja niiden muutos	27
4.2	Suunnittelu ja rakennuttaminen	29
4.3	Hankintaprosessi	30
4.4	Määrälaskenta ja hinnoittelu	32
5	Johtopäätökset Isoisänsillan hankinnasta.....	35
5.1	Hankintamalli	35
5.2	Hyödyt	35
5.3	Haasteet ja riskit.....	37
6	Evaluoinnin tulokset, tuotanto.....	39
6.1	Ihmiset.....	39
6.2	Prosessi.....	40
6.3	Mallin hyödyt aliurakoinnissa	45

6.4	Teknologia	46
6.5	Johtopäätökset haastattelujen perusteella	47
7	Tietomallien käytön hyötyjen tarkastelu case-hankkeessa	51
7.1	Hankkeen osapuolten kokemat hyödyt	51
7.2	Isoisänsillan lisätyöt ja niiden arviointi.....	57
8	Yhteenveto ja suositukset	60
8.1	Yhteenveto	60
8.2	Kehitysehdotukset ja tietomallin hyödyntämisen arviointi	63
8.3	Suositukset Infra-alalle ja mallintamisvaatimuksille	69
	Haastattelut.....	75

Alkusanat

TIIVISTELMÄ

1 Johdanto

1.1 Tausta

Rakennusalalla eletään maailmanlaajuisista muutosta, joka uudistaa alan toimintatavat. Alalla ollaan siirtymässä entisestä, pelkästään kaksiulotteisiin piirustuksiin perustuvasta toiminnasta, nykyaikaiseen teknologian mahdollistamaan tietomallipohjaiseen toimintatapaan. Tietomallintamista pidetäänkin yleisesti merkittävimpänä viime vuosien innovaationa rakennusalalla. Tietomallintamisen hyödyntäminen on jo yleistä talonrakennuksessa, ja infrarakentamisessa tietomallintaminen edistyy nopeasti. Kyseessä on laaja systeeminen muutos, jossa siirrytään perinteisestä vaiheajattelusta ja piirustus pohjaisesta toimintatavasta älykkääseen koko elinkaaren ja kaikki osa-alueet, toimijat ja toiminnot kattavaan tietomalleja hyödyntävään innovatiiviseen palvelutuotantoon. Muutoksen seurauksena alan toimintatavat ja toimijoiden roolit muuttuvat huomattavasti.

Nykytilanteessa hankekohtaista tietoa saatetaan siirtää useiden eri toimijoiden, ohjelmistojen ja hankkeen elinkaarivaiheiden välillä dokumenttipohjaisesti. Dokumenttipohjaisuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että kohteesta tuotetaan kaksiulotteiset suunnitelmat ja muut dokumentit, joita välitetään toimijoille sähköisesti tai postitetaan tulosteina. Dokumenttipohjaisessa tiedonhallintatavassa saatetaan jäädä tärkeää tietoa käyttämättä tai jopa kadota. Suunnittelu on ollut jo pitkään kolmiulotteista ja mallipohjaista, mutta malleja ei hyödynnetä hankkeen muissa vaiheissa. Tavaksi on muotoutunut, että suunnittelijat tulostavat laatimastaan mallistaan piirustuksia hankkeen muiden osapuolien käyttöön.

Helsingin kaupunki on kehittänyt uutta toimintatapaa tietomallipohjaisiin siltahankkeisiin, jota on pilotoitu Isoisänsillan rakennushankkeessa. Isoisänsilta on kevyen liikenteen silta, joka yhdistää Kalastaman ja Mustikkamaan. Toimintatavassa Isoisänsillan suunnitelmat on laadittu tietomallina, eikä suunnitelmista ole tehty joitakin detaljeja lukuun ottamatta urakoitsijalle valmiita paperitulosteita. Tavoitteena on, että myös itse rakennustuotanto toimii mahdollisimman pitkälle tietomallin avulla. Urakoitsijalta vaaditaan tietomalliosaamista tietomallin hyödyntämisestä urakan aikana muun muassa tiedonvälityksen, dokumentoinnin, arkistoinnin ja aikataulun esittämisen osalta. (<http://dev.hel.fi/paatokset/asia/hel-2013-009365/ytlk-2014-2/>).

Isoisänsiltaa pidetään Suomen ensimmäisenä täysin tietomalliperusteisena siltahankkeena Suomessa. Tämä on uudenlainen ja pitkälle viety tapa rakennuttaa ja toteuttaa hankinta tietomallipohjaisesti. Helsingin kaupungin rakennusvirastolla onkin tarve evaluoida pilottihankkeen kokemuksia ja hyötyjä sekä kehittää omaa sekä koko hankintaketjun osaamista. Tarkoituksena on, että uutta toimintatapaa tullaan

pilottihankkeen kokemusten ja saadun palautteen perusteella kehittämään ja vakiinnuttamaan osaksi rakennuttamista. Helsingin kaupungin tavoitteena on, että tulevaisuuden hankkeet tullaan tilaamaan ja toteuttamaan täysin mallipohjaisesti.

Tietomallipohjaisen hankkeen tilaaminen ja mallipohjainen tuotanto, erityisesti silta- ja rakennusprojekteissa, on myös tutkimuksellisesti kiinnostava aihe-alue, josta on saatavilla kansainvälisestikin vain vähän tietoa. Nykyisessä murrostilanteessa ja koko rakennusalan kehittymisen kannalta onkin tärkeää evaluoida ja kehittää edelleen uusia, innovatiivisia menetelmiä tietomallien hyödyntämiseksi siten, että niistä saatava hyöty on koko rakentamisen arvoketjun käytössä koko rakenteen elinkaaren ajan. Tämä edellyttää siten rakentamisen keskeisten osapuolten kykyä omaksua tietomallipohjainen toimintatapa, ja kehittää omaa osaamistaan prosessien hiomiseksi siten, että mallipohjaisesta toiminnasta saataisiin suurin hyöty irti. Mallipohjainen hankinta ja toteutus edellyttävät kehittämiseltä myös avoimuutta ja yli sopimusrajat ylittävää tiedonvaihtoa ja yhteistyötä. Näiden syiden vuoksi onkin tärkeää kartoittaa tietomallipohjaisen hankkeen kokemuksia laajasti, eri sidosryhmien kokemukset huomioon ottaen.

Tämä julkaisu on InnoBIM-tutkimushankkeen loppuraportti. Raportti käsittelee tietomallipohjaista urakan hankintaa ja tuotantoa Isoisänsilta-projektissa, jossa keskeisellä sijalla ovat hankkeen eri osapuolten kokemukset hankkeesta. Tapaustutkimus tehtiin yhteistyössä Aalto-yliopiston ja Metropolian ammattikorkeakoulun kanssa.

Tämän julkaisun ensimmäinen luku käsittelee tutkimuksen tavoitteita, menetelmiä ja kuvailee tutkimuksen kohteena olevaa Isoisänsiltaprojektia tarkemmin. Toinen luku tarkastelee tietomallipohjaisten hankkeiden hyötyjä ja evaluointia käyttäen hyväksi alan kansainvälistä kirjallisuutta. Kolmas luku keskittyy tutkimushankkeen hankinta- ja tarjousvaiheen kuvaukseen, joka on tärkeää hankkeen luonteen ja erityispiirteiden ymmärtämiseksi. Luku 4 perustuu osapuolten haastatteluiden tuloksiin ja tarkastelee case-kohteen hankintaa eri osapuolten näkökulmasta. Luvussa 5 paneudutaan lyhyesti Isoisänsillan hankinnan osalta haastatteluiden tulosten yhteenvetoon ja johtopäätöksiin. Luku 6 käsittelee Isoisänsillan hankkeen eri osapuolten kokemuksia tuotantovaiheessa ihmisten, prosessien ja teknologian näkökulmasta. Luku 7 keskittyy hankkeen hyötyjen arviointiin, jossa tärkeää on ymmärtää erityisesti tietomallipohjaisuuden hyötyjä, verrattuna aiempaan dokumenttipohjaisempaan toimintatapaan. Luvussa 8 kuvataan kehityskohteita liittyen case-kohteeseen ja esitetään myös joitain suosituksia tietomallipohjaisen hankinnan ja tuotannon kehittämiseksi. Luku 8 sisältää myös kehitysehdotuksia koko infra-alalle ja alan tämän hetken tietomallintamisvaatimuksille käyttäen hyväksi tämän tutkimuksen kokemuksia.

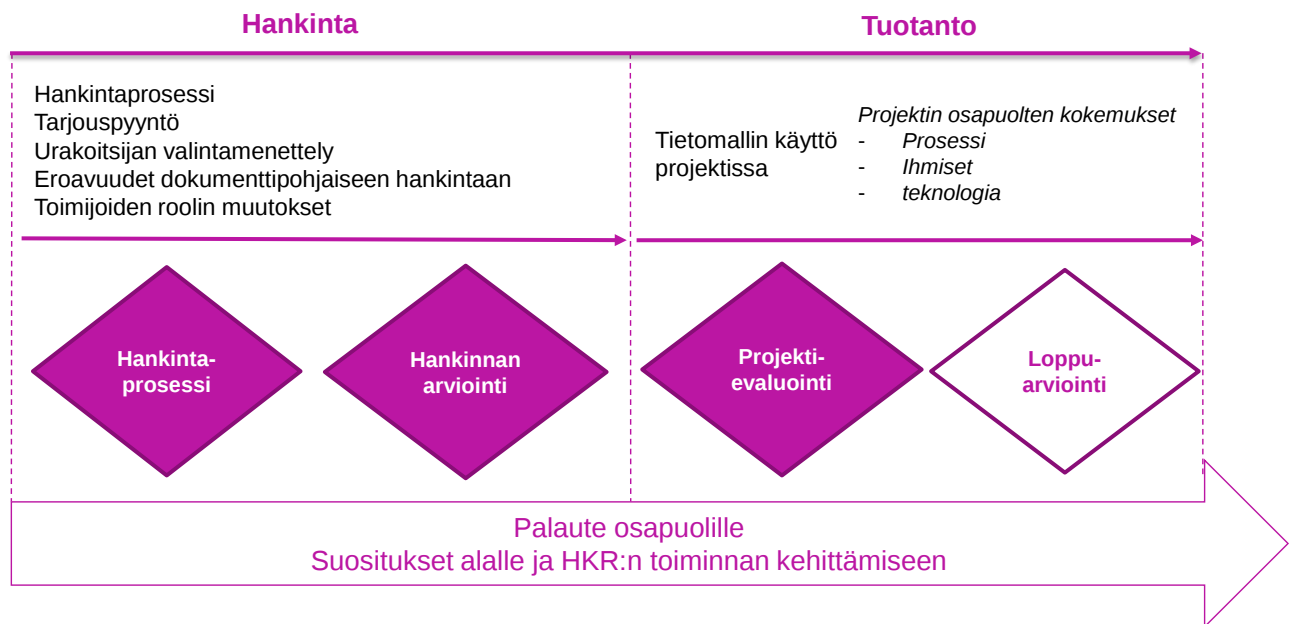
1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoitus on tuottaa kokemusperäistä tietoa tietomallipohjaisen hankkeen hankinnasta ja tuotannosta Isoisänsilta-pilottihankkeen pohjalta. Tutkimuksessa hyödynnetään pilottihankkeesta saatuja kokemuksia ja kehitetään näiden avulla hankkeen osapuolten tietomalliosaamista. Kokemusperäisen tiedon avulla tunnistetaan myös infra-alan yleisiä tietomalliosaamisen kehitystarpeita ja kehitetään käytettyjä toimintatapoja.

Tutkimuksen päätavoitteena on edistää tietomallien hyödyntämistä tilaajan näkökulmasta sekä tuottaa kokemusperäistä tietoa hankintaketjun hallintaan siten, että hankintavaihe voidaan toteuttaa ilman piirustuksia. Hankkeen eri osapuolten haastatteluiden tuloksena saadaan dokumentaatiota tilaajan tietomallipohjaisesta hankintamenettelystä ja urakoitsijan tietomallipohjaisista tuotantomenetelmistä. Tutkimuksen tarkoitus on myös dokumentoida hankkeen kulkua.

Tutkimuksen tuloksena saadaan kokemusperäisesti tuotettua suositukset ja ratkaisuehdotukset tietomallipohjaiseen hankintaan urakoitsijoiden ja tilaajan näkökulmista. Siten tällä tutkimuksella voidaan varmistaa tietomallipohjaisen toimintatavan jatkuva kehittyminen sekä parantaa urakoitsijoiden ja muiden hankeosapuolten valmiuksia osallistua tietomallipohjaisiin urakoihin ja tarjouskilpailuihin.

Tutkimuskokonaisuus on jaettu kahteen osa-kokonaisuuteen: tietomallien hyödyntäminen hankinnassa sekä tietomallien hyödyntäminen tuotantovaiheessa (kuva 1). Tietomallien hyödyntäminen hankinnassa käsittää osa-alueet: hankintaprosessi, tarjouspyyntö, urakoitsijan valintamenettely, toimintamallin eroavaisuudet dokumenttipohjaiseen hankintaan sekä toimijoiden roolien muutokset. Tietomallien hyödyntäminen tuotannossa kattaa tietomallin käytön hankkeen operatiivisessa toiminnassa. Loppuarviointi kattaa hankkeen osapuolten näkemyksiä hankkeen tietomallintamisen hyödyistä sekä hankkeen lisätöiden analyysin.



Kuva 1. InnoBIM tutkimuskokonaisuus ja eri osa-alueet.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämän tutkimuksen tiedonhankinnan keskeisenä menetelmänä olivat teemahaastattelut, joilla kerättiin kokemuseräistä tietoa rakennushankkeen eri osapuolilta tietomalleista sekä niihin liittyvistä toimintatavoista pilottihankkeessa. Kunkin osapuolten hanke-evaluoinnilla pyrittiin saamaan mahdollisimman kattava ja laaja kokonaiskuva pilottihankkeen toiminnasta, kehityskohteista sekä erilaisista vaikutussuhteista. Menetelmää voidaan kuvata 360-asteen arvioinniksi, jossa kukin hankeosaapuoli arvioi hanketta omasta näkökulmastaan, ja antaa samalla palautetta toisten osapuolten toiminnasta omien kokemusten mukaan.

Kansainvälisessä kirjallisuudessa rakennushankkeen osapuolten tyytyväisyyttä hankkeen onnistumista kohtaan pidetään yhtenä keskeisenä hankkeen onnistumisen kriteerinä. Vaikka hankkeen osapuolten tyytyväisyys ja kokemukset ovat luonteeltaan hyvin subjektiivinen mittari, sen avulla saadaan kuitenkin luotettavaa ja syvällistä tietoa hankkeesta sen eri konteksteissa (Kärnä & Junnonen, 2016).

Holistista, hankkeen keskeiset osapuolet huomioivaa näkökulmaa ja pilottihankkeen evaluoinnin huolellista dokumentointia, puoltaa koko joukko rakennushankkeille ominaisia tekijöitä. Ensinnäkin, rakennushankkeen eri prosessien kompleksinen luonne, muutokset hankeorganisaatiossa ja hankkeiden ainutkertaisuus vaikeuttavat osapuolten kokemusten ja palautteen systemaattista hyödyntämistä tulevaisuuden hankkeissa osaamisen kartuttamiseksi. Tämä yhtäältä vaikeuttaa myös hankkeen evaluointia, mutta toisaalta korostaa myös yhteisten evaluointikriteerien kehittämisen merkitystä.

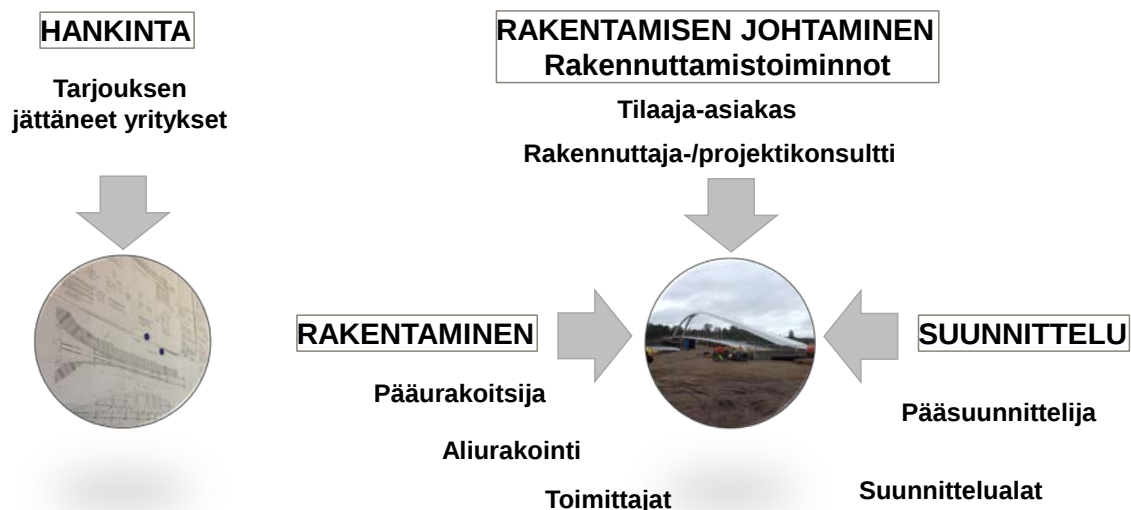
Toiseksi, hankeorganisaation tavoitteet ovat usein kompleksisia. Jokainen hankeosaapuoli katsoo hanketta omista lähtökohdistaan käsin ja osapuolet saattavatkin

toiminnassaan korostaa eri tekijöitä. Esimerkiksi arkkitehti voi korostaa toiminnassaan esteettisiä näkökulmia, kun taas urakoitsijat voivat korostaa erilaisia tuotantoteknisiä tekijöitä. Näin eri tahoilla voi olla myös erilaisia kriteereitä, miten hankkeen menestystä mitataan ja arvioidaan. Hankeosapuolten toimintaa voidaan pyrkiä ohjaamaan systemaattisella keskinäisellä projektipalautteella, joka myös edistää yhteisten tavoitteiden saavuttamista.

Kolmantena tekijänä voidaan mainita rakennushankkeen menestyksen mittarit ja niiden mittaamiseen liittyvät tekijät. Perinteisesti rakentamisen onnistumista on mitattu aikataulu-, kustannus- ja laatutekijöiden kautta, mutta pelkästään näiden kolmen tekijän mittaamisen on katsottu yksinkertaistavan liikaa jo mainittua kompleksista rakennushankkeen luonnetta. Näiden rinnalle onkin kehitetty erilaisia ”pehmeämpiä” asiakas- ja ihmisenäkökulman huomioonottavia tekijöitä kuten asiakastyytyväisyys, suunnittelijoiden tyytyväisyys ja rakentamisen osapuolten tyytyväisyys (Chan and Chan 2004; Cheung et al. 2000). Näiden voidaan nähdä täydentävän perinteisempiä ”kovia” rakennushankkeen mittareita.

Neljäs tekijä liittyy taas rakentamisen arvoketjuun, jossa käytännössä jokainen toimija on käytännössä toimittaja ja samalla asiakas. Samalla jokaisen osapuolen kyky tuottaa arvoa hankkeelle vaikuttaa myös toisten osapuolen mahdollisuuksiin tuottaa arvoa. Osapuolten yhteinen arvonaluonti onkin hankkeen keskeinen menestystekijä. Esimerkiksi jonkun osapuolen tekemä virhe tai huono suoritus vaikuttaa taas seuraavan osapuolen toimintaan, joka voi välillisesti vaikuttaa hankkeen aikatauluihin. Rakennustuotannossa voidaankin nähdä osapuolten välillä riippuvuuksia, joka korostuu hankintaketjujen muodostuessa pitkiksi.

Haastatteluita suoritettiin pilottihankkeen eri osapuolille sekä ryhmä- että henkilöhaastatteluina, kunkin yrityksen osallistumisvalmiuksista riippuen (kuva 2). Haastattaviksi osapuoliksi valittiin kolme tarjouksen jättänyttä yritystä eli YIT Rakennus Oy, Destia Oy ja Kreate Oy (ent. Insinööritoimisto Seppo Rantala Oy) sekä rakennuttaja- ja tietomallikonsulttina hankkeessa toiminut A-Insinöörit Oy. Lisäksi haastatteluita järjestettiin pilottihankkeen toteutusta käsittelevään tutkimukseen liittyen sekä aliurakoitsijoiden että suunnittelijoiden edustajille. Tutkimuksen muina lähteinä käytettiin myös Isoisänsilta -urakan tarjouspyyntöaineistoa, hankkeeseen liittyviä dokumentteja ja workshopeja.



Kuva 2. Tutkimuksessa haastateltavat osapuolet

Haastattelut toteutettiin avoimina teemahaastatteluina, joihin osallistui yrityksen edustuksen lisäksi pilottihankkeen toteutusta tutkiva osapuoli sekä InnoBIM-hankkeen ohjausryhmän edustajia. Haastateltaville lähetettiin etukäteen materiaalia, jonka pohjalta he kykenivät tutustumaan haastattelun teemoihin. Haastatteluiden ensisijainen tavoite oli määritellä, kuinka pilottihankkeessa käytetty tietomallipohjainen toimintatapa on toiminut ja mitä kehitettävää toimintatavassa on. Lisäksi tarjouksen jättäneiltä urakoitsijoilta kysyttiin, kuinka he suhtautuivat tietomallipohjaiseen tarjouspyyntöön ja miten tietomallipohjainen tarjouspyyntö on vaikuttanut heidän toimintaansa.

Haastatteluiden keskeisimmät teemat olivat:

- Mitkä seikat toimivat pilottihankkeen toimintatavassa?
 - o Mitä hyötyä tämän kaltaisella toimintatavalla saavutettiin?
- Mitkä seikat eivät toimineet pilottihankkeessa?
- Miten tietomallia ja toimintatapaa tulisi kehittää?

Hankkeen tuotannon evaluoinnissa käytettiin teemoina ihmiset, prosessit ja teknologia, josta kerrotaan lisää luvussa 6. Luku 7 käsittelee hankkeen osapuolten kokemuksia tietomallintamisen hyödyistä ja analyysin lisätöiden kustannuksista.

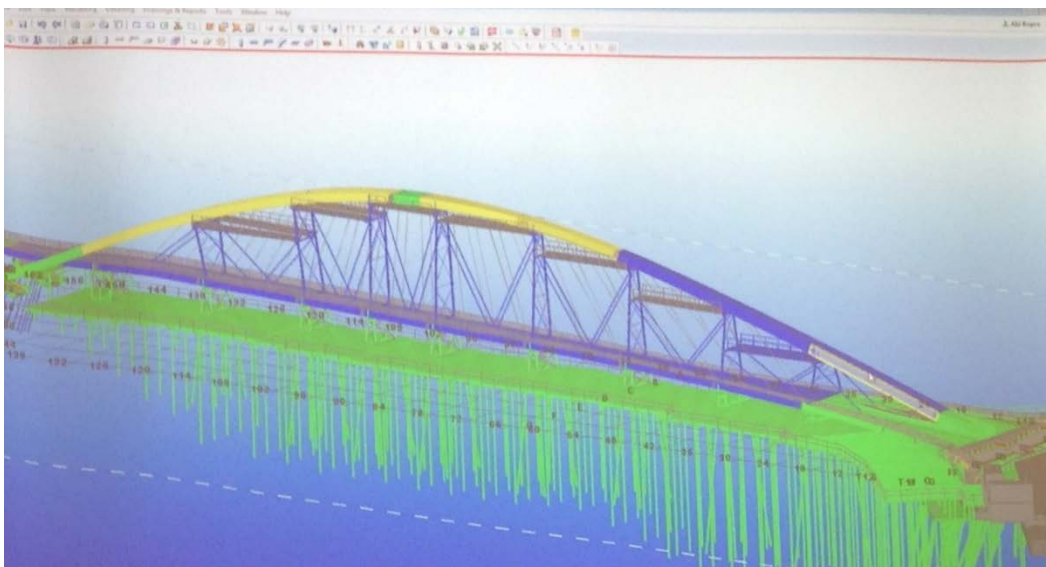
1.4 Isoisänsillan kuvaus

Isoisänsilta yhdistää Helsingin Kalasataman ja Mustikkamaan ja se on tarkoitettu kevyen liikenteen käyttöön. Silta mahdollistaa kulun Kalasataman metroasemalta läpi uuden Kalasataman asuinalueen aina Korkeasaareen saakka. Kyseisten alueiden tavoitettavuus paranee huomattavasti uuden sillan myötä ja se parantaa myös muun muassa uuden alueen asukkaiden virkistysmahdollisuuksia (kuvat 3 ja 4).



Kuva 3. Isoisänsilta rakennusvaiheessa Kalasataman päästä kuvattuna

Sillan rakentaminen alkoi 1.8.2014. Sillan rakentaminen alkoi 1.8.2014, ja se valmistui kesällä 2016 aikataulun mukaisesti. Silta on noin 170 metriä pitkä ja sen hyödyllinen leveys Mustikkamaan päässä ja sillan keskellä on 4 metriä. Kalasataman päästä silta alkaa langerpalkkisiltana, joka Mustikkamaalle päin mentäessä muuttuu perinteiseksi kaarisillaksi. Kaaren jänneväli on 150 metriä. Silta levenee Kalasataman päädyssä, kun väylä haarautuu Capellan puistotielle ja Parrulaiturille kaaren eri puolille. Kalasataman päädyssä silta on perustettu porapaaluin tuetun teräsbetonisen maatuen varaan ja Mustikkamaan päässä suoraan kallion varaan jänneteräksin.



Kuva 4. Näkymä Isoisänsillan tietomallista

Sillan päällysrakenne on täysin teräksinen ja kansi on ripustettu kaaresta 22 vetotankoparilla. Kansi on ortotrooppinen teräskansi, jonka asennuslohkot on hitsattu

toisiinsa työmaalla. Sillan alla on 20 metriä leveä ja 7 metriä korkea väylävaraus vesiliikenteelle.

2 Tietomallihankkeen evaluointi

2.1 Tietomallinnuksenhyödyt alan kirjallisuudessa

Tietomallintamisen hyödyt yhdistetään usein rakennushankkeen parempaan tuottavuuteen ja aikataulunhallintaan. Tilaajien keskeisenä hyötynä tietomallintamisessa nähdään erityisesti taloudellisten riskien pieneneminen luotettavamman kustannusarvion ja vähentyneiden lisä- ja muutostöiden myötä (esim. Eastman et al. 2011, Barlish & Sullivan, 2012; McGraw-Hill, 2012). Lisäksi tietomallit tarjoavat etuja esimerkiksi kohteen entistä havainnollisempaan markkinointiin.

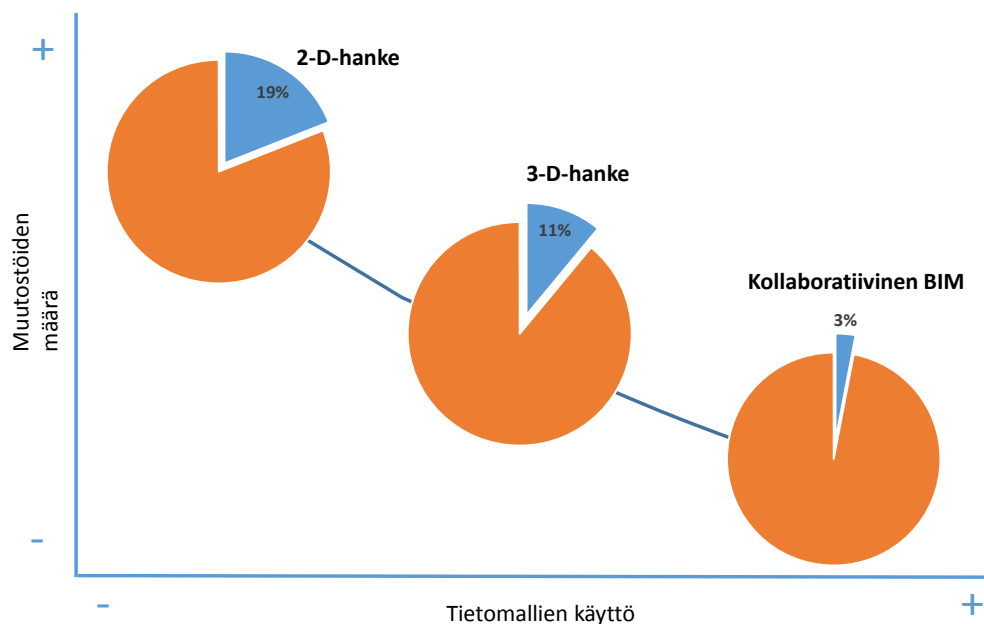
Rakennushankkeen tuottavuutta heikentävänä tekijänä, verrattuna esimerkiksi perinteisiin teollisuudenaloihin, pidetään rakennushankkeen kompleksista luonnetta. Rakennushankkeen kompleksisuus on seurausta muun muassa hankkeen osapuolten suuresta määrästä sekä hankkeen toteuttamiseksi vaadittavan tietoaineksen suuresta määrästä. BIM:n avulla rakennushankkeen kompleksisuutta voidaan hallita paremmin tehokkaammalla tiedonvaihdolla ja koordinoinnilla osapuolten kesken (Sebastian, 2010). Perinteisesti esimerkiksi hankkeen dokumentointi on tapahtunut paperidokumentteina, joka on lisännyt virheiden ja väärintulkintojen määrää. Tietomallien avulla hankkeen dokumentointi tapahtuu virtuaalisessa ympäristössä, joka mahdollistaa erilaiset visuaaliset tarkastelut sekä osapuolten tehokkaamman tiedonkulun ja viestinnän. Kompleksisen rakennushankkeen parempaa koordinointia pidetäänkin tietomallien keskeisenä käyttösovelluksena (Bryde et al., 2013).

Stanfordin yliopiston (2007) tutkimuksessa tarkasteltiin 32 tietomallihanketta ja niiden hyötyjä. Tutkimuksen mukaan ennakoimattomat muutokset vähenivät noin 40%, kustannusarvion tarkkuus parani 3%, kustannuslaskentaan käytetty aika väheni 80% ja projektin kokonaiskesto pieneni 7%. McGraw-Hill:n (2009) laajan kyselytutkimuksen mukaan lähes 80% vastaajista arvioi BIM:n käytöllä olevan vaikutusta myös sijoitetun pääoman tuottoasteeseen investoinnissa (ROI). Myös Azhar (2011) raportoi useamman hankkeen case-tutkimuksessaan tietomalleihin sijoitetun investoinnin hyötyjä. Tutkimuksessa tuottoaste vaihteli voimakkaasti BIM:n käytön kontekstin ja hankkeiden mukaan.

Näiden lisäksi merkittäviä taloudellisia hyötyjä BIM:n käytöstä on kansainvälisesti raportoitu muun muassa hankkeen muutostöiden (change order) ja tietopyyntöjen vähenemisenä (Requests for Information RFIs). Esimerkiksi Barlish & Sullivan (2012) tutkimuksessa muutostöiden kustannusten todettiin vähenevän noin 40% tavanomaiseen hankkeeseen verrattuna ja tietopyyntömäärät raportoitiin vähenevän noin puoleen. McGraw-Hill:n (2009) kyselytutkimukseen vastanneista lähes 80% arvioi tietopyyntöjen vähenevän tehokkaamman koordinoinnin myötä.

Barlish & Sullivan (2012) tutkimuksessa BIM-hankkeen suunnittelukustannusten arvioitiin lisääntyneen noin 30-50%, mutta rakentamisen kustannuksissa arvioitiin säästöjä syntyneen noin 6%. Kokonaisuutena BIM-pohjaisen hankkeen taloudellinen hyöty oli kuitenkin tässä tutkimuksessa suurempi kuin kustannukset, koska urakoitsijan säästöt olivat suuremmat kuin suunnittelun kustannukset.

McGraw-Hill (2012) raportoi muutostöiden vähentyneen merkittävästi BIM:n käytön myötä. Tutkimuksessa tarkasteltiin joukkoa hankkeita, joiden taloudellinen kokonaisarvo oli noin 550 m\$. Perinteisen 2D-hankkeen muutostöiden osuudeksi arvioitiin hieman alle 20%, yhden BIM-käyttäjän hankkeissa muutostöiden kustannus oli noin 11%, joka vähentyi alle 3%:iin kollaboratiivisen eli useamman osapuolen BIM:n käytön myötä (kuva 5). Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että tietomallien edistyneen käytön avulla on mahdollista saada merkittäviä kustannussäästöjä, jotka lisääntyvät BIM:n kollaboratiivisen käytön myötä. Samoin esimerkiksi Barlish & Sullivan (2012) raportoivat muutostöiden vähentyneen perinteisemmän 2D-urakan noin 18%:sta noin 2,8%:iin tietomallien kollaboratiivisella hyödyntämisellä.



Kuva 5. Muutostöiden määrän väheneminen BIM-hankkeissa (soveltaen McGraw-Hill, 2012).

Suermannin (2009) kyselytutkimuksessa BIM:n vaikutuksista vastaajista 76% oli sitä mieltä, että BIM:n käyttö vähentää työn yksikkökustannuksia, 84% arvioi, että BIM:n käyttö auttaa vähentämään hankkeen kokonaiskustannuksia, 90% totesi BIM:n auttavan hankkeen valmistumisessa ajallaan ja 94% vastaajista arvioi lisäksi suunnittelun laadun parantuvan BIM:n myötä.

Tietomallien hyödyntämisessä tilaaja-asiakkaiden kilpailuedun aikaansaamiseksi onkin keskeistä ymmärtää, tietomallien teknologisten ulottuvuuksien lisäksi, hankkeen eri osapuolten yhteistyön ja sitoutumisen merkitys, jotta tietomallien hyödyt saataisiin täysimääräisesti käyttöön (Love et al., 2014). Tietomallien hyödyn aikaansaamiseksi tarvitaan siten osapuolten koulutusta, osaamisen kehittämistä sekä esimerkiksi kustannus-hyöty-analyysyjä (Bryde et al., 2013).

BIM-pohjaisen rakennushankkeen hankeorganisaatiolle on tyypillistä, että eri toimijoiden roolit muuttuvat ja perinteisen hankeorganisaation lisäksi mukaan tulee tietomalleihin erikoistuneita tahoja, kuten tietomallikoordinaattorit ja osapuolten erikoistuneet BIM-konsultit. Tämä lisää projektijohdon vaatimuksia monialaisen asiantuntijaorganisaation johtamisessa. Hankeorganisaatiolle on ominaista, että se luodaan tiettyä tarvetta varten ja hankkeen jälkeen organisaatio luonnollisesti hajoaa ja lopettaa toimintansa. Samojen osapuolten kanssa ei välttämättä tehdä enää yhteistyötä seuraavassa hankkeessa. Tällöin on myös vaarana, että hyviä kokemuksia ja käytänteitä ei saada organisaation käyttöön BIM-osaamisen vahvistamiseksi. Tilaaja-asiakkaan projektijohdon onkin syytä dokumentoida hyviksi havaitut menettelytavat sekä käyttää hyväksi esimerkiksi osapuolilta ja sidosryhmiltä saatua palautetta.

Tietomallien hyötyjä voidaan tarkastella käyttäen hyväksi PMBOK:ssa mainittuja hankkeen yleisiä menestystekijöitä erityisesti projektijohtamisen näkökulmasta.¹ PMBOK on kansainvälisesti ehkä tunnetuin projektijohtamisen käsikirja ja kirjassa esitetyt käsitteet ja mittarit ovat rakennusalaan yleisesti käytössä. Bryde et al. (2013) tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia hyötyjä saa tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa voidaan saavuttaa käyttäen hyväksi PMBOK:n kriteerejä. Tutkimusaineistona oli case-analyysi 35:sta rakennusprojektista, jotka sijaitsivat pääosin USA:ssa. BIM:n positiiviset hyödyt liittyivät kustannusten vähenemiseen ja parempaan kontrolliin, aikataulun parempaan hallintaan ja hankkeen nopeampaan toteutukseen, viestinnän ja koordinoinnin paranemiseen sekä laadun hallintaan. Negatiiviset tekijät liittyivät ensisijaisesti tietomalliohjelmiin. Erityisesti ongelmia nähtiin eri ohjelmistojen yhteensopivuudessa.

Alan kirjallisuudesta löytyneitä tietomallin hyötyjä koottuna:

- parempi tuottavuus ja aikataulun hallinta
- rakennushankkeen kompleksisuutta voidaan hallita tietomallin avulla
- tehokkaampi tiedonvaihto ja koordinointi osapuolten välillä
- mahdollistaa visuaaliset tarkastelut
- vähentää ennakoimattomia muutoksia
- lisää kustannusarvion tarkkuutta
- vähentää kustannuslaskentaan käytetyn ajan tarvetta
- pienentää projektin kokonaiskestoa

¹ Project Management Institute's (PMI) Project Management Body of Knowledge (PMBOK) Knowledge Areas (PMI, 2008).

- taloudelliset hyödyt, ROI paranee
- hankkeen muutostöiden ja tietopyyntöjen väheneminen
- suunnittelukustannukset lisääntyvät, mutta rakentamisen kustannukset vähenevät kokonaisuutena enemmän
- tietomallin käyttäminen vähentää työn yksikkökustannuksia
- vähentää hankkeen kokonaiskustannuksia
- auttaa hankkeen valmistumisessa ajallaan
- suunnittelun laatu paranee tietomallin myötä
- hankkeen eri osapuolten sitoutuminen ja yhteistyö
- laadunhallinnan paraneminen

2.2 BIM-pohjaisen rakennushankkeen evaluointi

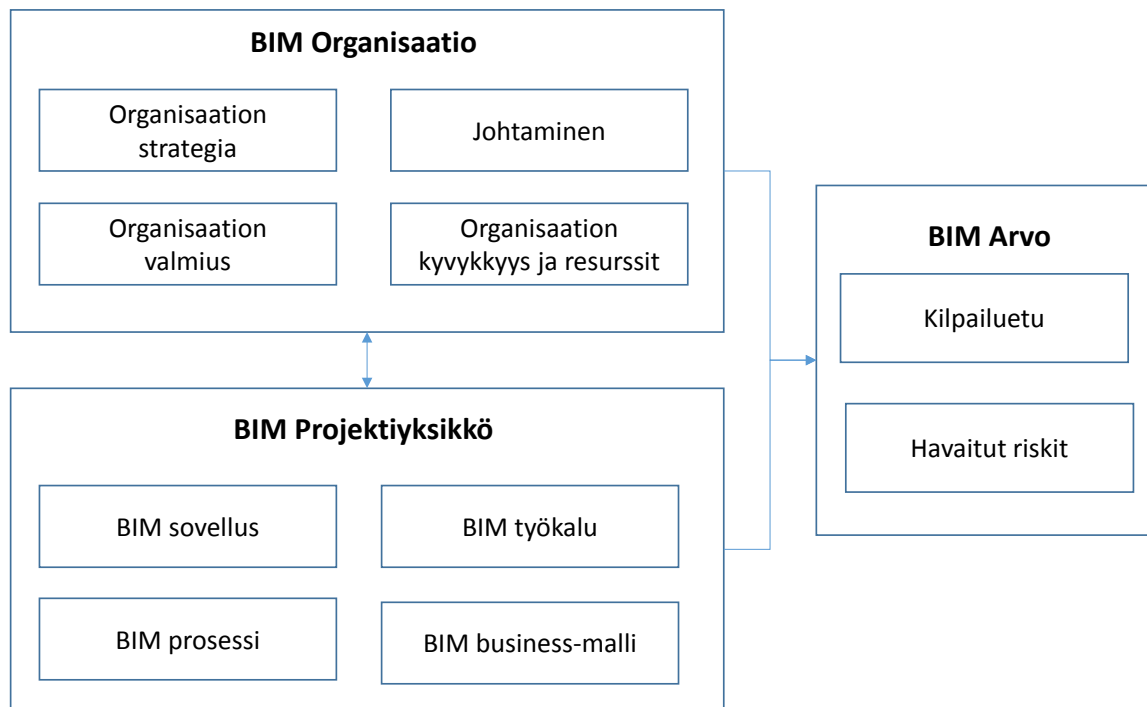
Tietomallipohjaisen (BIM) hankkeen arviointiin ei ole olemassa yksiselitteistä mittaristoa tai vakiintunutta toimintatapaa. Tietomallipohjaiseen rakennushankkeeseen liittyy omia erityispiirteitään, ja toimintatapojen muotoutuessa, olisi tärkeää kehittää tietomallihankkeen arviointiin sopivaa menettelytapaa ja kriteeristöä. Tässä luvussa tarkastellaan kansainvälisen kirjallisuusanalyysin pohjalta tietomallien hyötyjä ja kehitettyjä arviointimenetelmiä ja kriteerejä, jotka muodostavat pohjan myös Inno-BIM:n case-hankkeen evaluoinnille.

BIM:n menestyksellä käyttöönotto edellyttää hankeorganisaatiolta tietoa ja osaamista, miten hankkeen resursseja tulee kehittää ja käyttää toivotun lopputuloksen aikaansaamiseksi. BIM:n käyttöönottoon ja hankkeen käytännön toteutukseen liittyy vielä paljon epävarmuustekijöitä sekä ongelma-alueita. Heikosti johdettuna ja toteutettuna tietomallipohjaisuus voi tuoda hankkeelle merkittäviäkin lisäkustannuksia (Suermann, 2009). Tietomalleja hyödyntävillä organisaatioilla, tiimeillä ja henkilöillä tulee olla selvät mittarit ja toimintamallit BIM:n käyttöönotolle ja hankekohteiselle hyödyntämiselle. Tietomallipohjaisen hankkeen menestys- ja kehitystekijöitä on vaikeaa perustella tai ylipäättään todentaa, ellei näille tekijöille ole objektiivista perustaa. Voidaankin todeta, että BIM:n suorituskyvyn mittaamisen kehittäminen on yksi keskeinen edellytys mallipohjaisen hankkeen suorituskyvyn parantamiseen.

Evaluointikriteeristön kehittämisen lähtökohtana voidaan pitää tietomallintamisen määritelmää *“BIM refers to a set of interacting policies, processes and technologies that generate a ‘methodology to manage the essential building design and project data in digital format throughout the building’s life-cycle”*. Tässä tietomallintamisen kokonaisvaltaisessa määritelmässä korostuvat tietomallintamista ohjaavat toimintatavat (*policy*), prosessit (*processes*) ja teknologia (*technology*). Määritelmä kiinnittää huomiota myös projektijohtamiseen, jolla on keskeinen vaikutus hankkeen lopputulokseen ja jonka apuväline myös tietomallintaminen on (Bryde, 2013). Esimerkiksi BIM:n avulla projektinjohto voi muokata prosesseja siten, että hankkeen keskeiset osapuolet saadaan integroitua projektiin entistä tiiviimmin mukaan.

BIM-pohjaisen hankkeen suorituskyvyn arviointiin on kuitenkin kansainvälisesti kehitelty erilaisia evaluointi- ja benchmark-työkaluja. Nämä ottavat huomioon yritysten ja organisaatioiden kyvykkyyteen ja osaamiseen liittyviä tekijöitä sekä erilaisia johtamiseen ja teknologiaan liittyviä näkökulmia (esim. Sebastian & Berlo, 2010; CIFE, 2013; Nibs, 2012; Succar, 2009; Succar et al. 2013). Evaluoinnilla viitataan yleensä suunnitelmalliseen hankkeen arviointiin, esimerkiksi hankeorganisaation sisällä, kun taas benchmarkilla tarkoitetaan yleensä hankkeen tai organisaation vertailua vastaavantyyppisiin hankkeisiin tai organisaatioihin toimialan sisällä. Evaluoinnin tarkoituksena on saada selville, missä määrin organisaation tai projektin tavoitteet on saavutettu ja millä tuloksilla. Benchmark taas on prosessi, jossa verrataan liiketoimintaprosesseja erilaisilla suorituskyvyn mittareilla (esim. Du et al. 2014; Kärnä et al. 2016).

Tietomallien tehokkaaseen käyttöönottoon ja hyväksikäyttöön on tunnistettu erilaisia kriittisiä menestystekijöitä (Critical Success Factors, CSFs). Esimerkiksi Mom et al. (2014) tutkimuksessa tunnistettiin noin 60 tekijää, joiden tuloksellinen hoitaminen edesauttaa ja parantaa BIM-pohjaisen hankkeen tavoitteiden toteutumista. Tutkimuksen tuloksena muodostettiin viitekehys, joka koostuu kahdeksasta suorituskyvyn tekijästä ja kahdesta hankkeen lopputulosta kuvaavasta ulottuvuudesta, jotka on jaettu organisaatio- ja projektitasoille (kuva 6). Organisaatiotaso muodostuu organisaation strategiasta, johtamisesta, organisaation valmiudesta tietomallien käyttöön, kyvykkyydestä ja osaamisesta sekä resursseista. Organisaation strategiaan liittyy tekijöitä, kuten eri osaamisalueiden koordinointi ja integraatio, palautemekanismit prosessien parantamiselle, BIM käyttöönottosuunnitelman dokumentointi, tiedonkulkuun ja osapuolten viestintään liittyvät toimintatavat. Projektitaso muodostuu BIM-sovelluksista, työkaluista, prosessista ja liiketoimintamallista. Esimerkiksi liiketoimintamalli muodostuu projektin toteutusmuodosta ja sopimuksista. BIM-arvo käsittää koko liiketoimintaketjun arvonluonnin ja se muodostuu kilpailuedusta ja havaituista riskeistä.



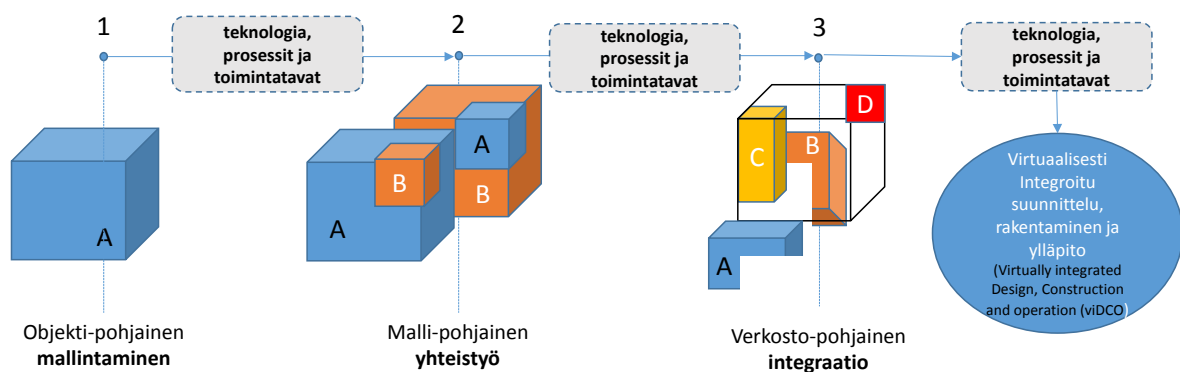
Kuva 6. BIM-hankkeen tavoitteiden toteutumiseen vaikuttavat kriittiset tekijät (Mom et al. 2014).

Won & Lee (2010) tutkimuksessa BIM-hankkeen keskeiset kriittiset tekijät liittyivät muun muassa hankkeen keskeisten osapuolten haluun jakaa tietoa, tietomallin hallintaan ja johtamiseen hankeorganisaatiossa, tietomallihanketta tukevaan organisaatorakenteeseen ja tehokkaaseen yhteistyöhön osapuolten kesken. Lisäksi tiedon jakamisen toimintatavat, mallien eri tekijöiden yhteensopivuuden tekninen tuki ja hallinta sekä standardoidut työmenetelmät olivat tutkimuksen mukaan keskeisiä kriittisiä tekijöitä. Erityisesti BIM-pilottihankkeissa on tärkeää paitsi tilaajan projektijohdon toiminta, myös hankkeen koko toimitusketjun kiinnostus ja aito halu tietomallien hyväksikäyttämiseen.

BIM-pohjaisen hankkeen suorituskyvyn mittarit auttavat organisaatioita ja hankkeessa toimivia henkilöitä arvioimaan omaa osaamistaan ja tarkastelemaan toimintaansa parhaiden käytänteiden löytämiseksi. Lisäksi BIM-mittaristot edesauttavat tehokasta ja systemaattista toimittajavalintaa (Succar et al. 2012), jolloin tietomalleihin liittyvä osaaminen ja erityisesti tuotannonhallintaan liittyvät kompetenssitekijät saadaan paremmin urakkakilpailussa esiin. Esimerkiksi Alankomaissa kehitetyn BIM-benchmark-työkalun avulla hankkeen tilaaja voi arvioida onko mahdollisella sopimuskumppanilla riittävää BIM-osaamista. Suunnittelijat ja urakoitsijat voivat hyödyntää benchmarkia arvioidessaan nykyisiä valmiuksiaan ja osaamistaan sekä suunnitellessaan kehitystoimenpiteitä BIM-osaamisen ja paremman kilpailukyvyn saavuttamiseksi (TNO, 2010).

Tietomallien hyväksikäyttöä ja hyödyntämispotentiaalia voidaan tarkastella organisaation kyvykkyyden ja maturiteetin kautta (Succar, 2009). BIM-kyvykkyys (*capability*) viittaa yrityksen/organisaation kykyyn ja osaamiseen toteuttaa tietomallipohjainen hanke. BIM-kyvykkyudessa voidaan tunnistaa tiettyjä vähimmäisvaatimuksia, jotka on saavutettava organisaation toteuttaessa tietomallihankkeita. BIM-maturiteetti (*maturity*) käsittelee taas tietomallien käytön laajuutta, hyödyntämistä ja toiminnan laatua. BIM-maturiteettiin liittyy myös tietomalleihin liittyvän toiminnan ennakoitavuus ja toistettavuus.

Tietomallien hyödyntämistä ja käytön syvyyttä sekä laajuutta, voidaankin tarkastella Succarin (2009) kolmen vaiheen kautta, joita ovat (1) oliopohjainen mallintaminen, (2) mallipohjainen yhteistyö; (3) verkko-pohjainen integraatio (kuva 7). Esimerkiksi organisaatiolla, joka on vaiheessa 1, tulee olla käytössään tietomalliohjelmisto. Vastaavasti vaihe 2 edellyttää, että hankeorganisaation koostuu monialaisista toimijoista, joiden yhteistyö toimii mallipohjaisesti. Viimeisessä vaiheessa 3 hankeorganisaation toiminta perustuu verkostopohjaiseen toimintamalliin, jossa tietomalli on esimerkiksi pilvipalvelimella ja jota eri osapuolet voivat reaaliaikaisesti hyödyntää. Tietomallien hyödyntämisen perimmäisenä tavoitteena on saavuttaa virtuaalisesti integroitu suunnittelu, rakentaminen ja kohteen ylläpito. Vaiheiden välissä voidaan erottaa pienempiä portaita, jotka liittyvät teknologiaan, prosessiin ja toimintatapoihin. (Succar, 2009).

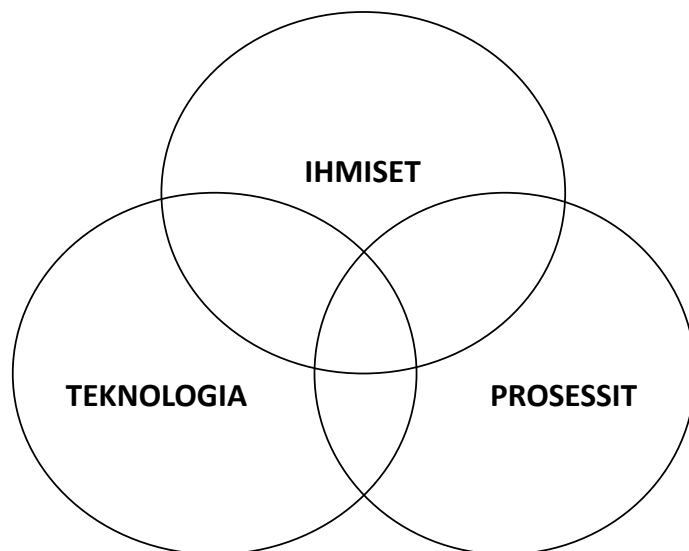


Kuva 7. BIM:n hyödyntämisen eri vaiheet (soveltaen Succar, 2009).

Vaikka erilaisia arviointityökaluja on kansainvälisesti kehitetty lukuisia, niitä on kuitenkin kritisoitu muun muassa siitä, että ne keskittyvät vain joko organisaatioon tai malliin. BIM:n käyttöönoton ja jalkauttamisen sekä itse mallien kehittämisen kannalta oleellista olisi, että BIM:n evaluointi ja mittaaminen keskittyisivät paitsi organisaatioon, myös itse tietomalliin. Esimerkiksi, BIM Quick Scan-työkalu pyrkii huomioidaan molemmat tasot ja keskittyy sekä koviin ja pehmeisiin mittareihin. Sen osa-alueet ovat: (1) Organisaatio ja johtaminen, (2) Mentaliteetti ja kulttuuri, (3) Tiedon rakenne- ja virrat sekä (4) Työkalut ja sovellukset (Sebastian & Van Berlo, 2010).

2.3 Case Isoisänsilta evaluointikriteerit

Case Isoisänsillan evaluoinnin lähtökohtana olivat alan kansainvälisessä kirjallisuudessa tunnistetut tekijät ja yleiset rakennushankkeen projektijohtamisen eri osa-alueet. Lähtökohtana evaluoinnille olivat ihmiset, prosessit ja teknologia sekä niiden suhteet, joita myös edellä käsiteltiin. Käytännössä nämä evaluoinnin osatekijät menevät osin päällekkäin (kuva 8).



Kuva 8. Hankkeen evaluoinnin näkökulmat

Hankinnan osa-alueella arvioitiin mm. hankintaprosessia, tarjouspyynnön sisältöä, toteutusmuotoa ja urakoitsijan valintamenettelyä. Lisäksi evaluointikriteerien määrittelyyn vaikuttivat case Isoisänsillan pilottiprojektin erityispiirteet sekä tilaajan Helsingin kaupungin rakennusviraston asettamat tavoitteet. Arviointiperusteita sovellettiin haastatteluissa kunkin osapuolten tehtävien mukaan, joka osaltaan auttoi tunnistamaan tietomalli-projektiorganisaation roolia ja erityispiirteitä. Evaluointikriteerit hankkeen eri vaiheissa ovat esitetty tarkemmin taulukossa 1.

OSA-ALUE	SISÄLTÖ
HANKINTA	
Hankintaprosessi	• Erot perinteiseen dokumenttipohjaiseen kilpailutukseen • Menetelmät suunnitelmien sisällön kuvaamiseen (tietomallien esittelytilaisuudet) • Laskenta-ajat ja määrät • Hankintaprosessin koetut hyödyt ja kehityskohteet
Tarjouspyynnön sisältö	• Tarjouspyyntöaineiston laatu ja sopivuus urakkaan • Tietomallin tarkistus • Tietomallivaatimukset, -bonukset ja -sanktiot • Tietomalliselostus
Urakoitsijan valintamenettely	• Tietomalliosaaminen • Tietomallin hyödyntäminen • Tietomallin hyödyntäminen tarjousvaiheessa
TUOTANTO	
Ihmiset	• Hankkeen toimijoiden roolin muutos • Yhteistyöhön liittyvät tekijät
Prosessi	• Tietomallin käyttö ja hyödyntäminen hankkeen aikana • Tiedonkulku ja viestintä • Laadunvarmistus
Teknologia	• Käytössä olevat ohjelmistot • Yhteensopivuus ja ohjelmistojen rajapinnat • Ohjelmistojen sopivuus taitorakenteisiin • Teknologiset haasteet

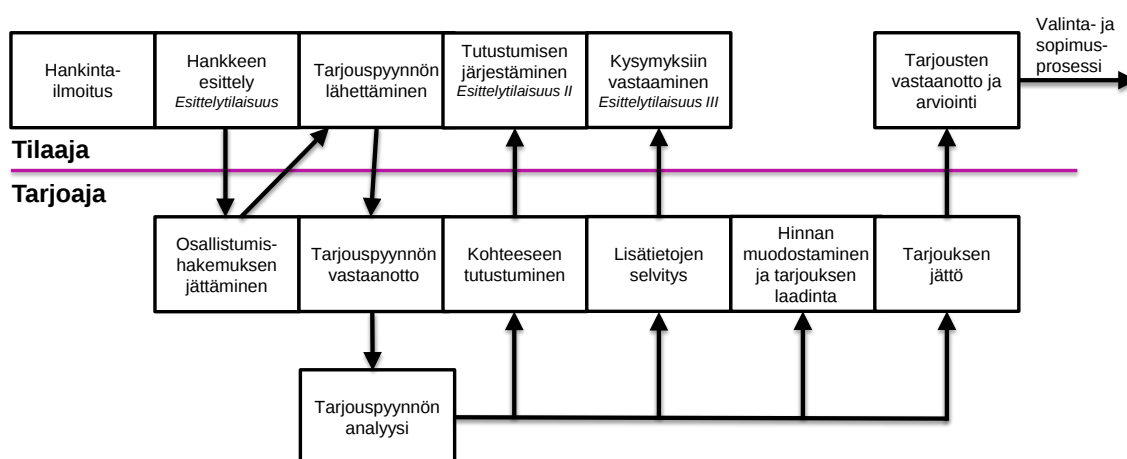
Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt evaluointikriteerit hankkeen eri vaiheissa.

3 Case Isoisänsilta -hankkeen tarjouspyyntömenettely

Tämä luku dokumentoi Isoisänsillan hankintavaiheen kulkua tarjouspyyntöaineistoon sekä rakennusprojektiin välittömästi liittyvien dokumentteihin ja julkaisuihin perustuen. Luvussa tuodaan erityisesti esille, miten hankkeen tietomallipohjaisuus on otettu huomioon tarjouspyyntömenettelyssä.

3.1 Hankintaprosessi ja urakkamuoto

Urakan hankinta toteutettiin rajoitetulla hankintamenettelyllä. Rajoitetussa hankintamenettelyssä hankintayksikkö julkaisee hankinnasta hankintailmoituksen TEM:n ylläpitämässä sähköisessä ilmoituskanava HILMA:ssa. Ilmoituksen perusteella toimijat lähettävät hankintayksikölle osallistumishakemuksen eli pyynnön osallistua tarjouskilpailuun. Hankintayksikkö valitsee osallistumishakemuksen jättäneiden soveltuvien tarjoajien joukosta ne, joille se lähettää tarjouspyynnön. Tarjouspyyntö tulee jättää vain niille toimijoille, jotka täyttävät kelpoisuusehdot ja ovat jättäneet osallistumishakemuksen ². Kuvassa 9 on kuvattu hankkeen hankintaprosessi tilaajan ja tarjoajan näkökulmasta. Hankintaprosessin pohjana on käytetty yleisiä infamallivaatimuksia, osa 9 (YIV 2015).



Kuva 9. Hankkeen hankintaprosessi

Urakan hankinnasta jätettiin rajoitettuun hankintamenettelyyn perustuva EU-hankintailmoitus HILMA:ssa 8.7.2013. Osallistumishakemuksen jätti määräaikaan mennessä yhteensä neljä yritystä. Nämä yritykset olivat Destia Oy, Kesälahden Maansiirto Oy, Insinööritoimisto Seppo Rantala Oy ja YIT Rakennus Oy. Jokainen näistä yrityksistä täytti Helsingin kaupungin hankintayksikön määrittelemät osallistumisehdot ja näin ollen tarjouspyyntöaineisto toimitettiin kaikille näille osallistumishakemuksen jättäneille yrityksille 8.10.2013. (Päätös)

² <http://www.hankinnat.fi/fi/hankintaprosessi/hankintamenettelyt/rajoitettu-menettely/Sivut/default.aspx>

Tarjoajien oli mahdollista jättää tarjouspyyntöön liittyviä kysymyksiä kirjallisesti rakennuttajakonsultille. Selvitykset tuli jättää 4.11.2013 mennessä ja nämä käsiteltiin urakan kolmannessa esittelytilaisuudessa 6.11.2013. (Tarjouspyyntökirje)

Tarjoajilta edellytettiin osallistumista kolmeen urakan esittelytilaisuuteen. Ensimmäisestä ja kolmannesta esittelytilaisuudesta pidettiin pöytäkirjaa sekä myös videokuvattiin. Kaikille osallisille lähetettiin kopiot sekä videomateriaalista että kokousmuistiosta. Ensimmäinen esittelytilaisuus pidettiin 7.8.2013, ennen osallistumishakemuksen jättöpäivämäärää. Tilaisuuden tarkoituksena oli selventää urakoitsijaehdokkaille suunnitelmien esitystapaa, antaa lisätietoa tietomallia koskevista vaatimuksista tarjousvaiheessa ja urakan aikana sekä kertoa urakan tietomallibonuksista ja sanktioista. (Muistio, Esittelytilaisuus I.)

Toinen esittelytilaisuus järjestettiin 23.10.2013, ja sen tarkoituksena oli tutustuttaa urakoitsijoita rakennuspaikkaan. Toisesta esittelytilaisuudesta ei pidetty pöytäkirjaa. (Tarjouspyyntökirje.)

Kolmas esittelytilaisuus pidettiin 6.11.2013. Tilaisuuden tarkoituksena oli esitellä tietomalliselostuksessa mainittuja asioita, joita tietomalli ei näyttänyt oikein ja käydä osin läpi tarjoajien ennakkoon esittämiä kysymyksiä. (Muistio, Esittelytilaisuus III.)

Tarjous tuli jättää suljetussa kirjekuoressa 25.11.2013 mennessä. Tarjoukset käsiteltiin yleisten töiden lautakunnan kokouksessa 21.1.2014. Kaikki neljä tarjouspyyntöaineiston saaneet yritykset jättivät tarjouksen määräaikaan mennessä. Kaksi tarjousta suljettiin pois tarjouskilpailusta, koska tarjouksissa oli puutteita. Kahdesta tarjouspyynnön mukaisesta tarjouksesta valittiin halvimman urakkahinnan perusteella urakoitsijaksi Insinööritoimisto Seppo Rantala. Urakkahinta muodostui urakoitsijan tarjouksessaan ilmoittamista yksikköhinnoista ja tilaajan antamista määristä (päättös).

Urakka sisältää Isoisänsillan ja Mustikkamaanraitin rakentamisen sekä katu- ja kunnallisteknisiä töitä Capellan puistotiellä ja Parrulaiturilla (tarjouspyyntökirje). Urakkamuotona hankkeessa on yksikköhintainen kokonaisurakka, jossa pääurakoitsija toimii päätoteuttajana.

3.2 Tarjouspyynnön sisältö

Isoisänsillan tietomallit ja urakan yhdistelmämalli luovutettiin tarjouskilpailuun valituille urakoitsijoille tarjouspyyntöaineiston yhteydessä. Tietomallin liitteenä oli sillan yleispiirustus sekä sellaisia detaljeja, joita ei ole esitetty tietomallissa. Tarjouspyyntöaineisto sisälsi tietomallia koskien myös tietomalliselostuksen, urakan tietomallivaatimukset sekä tietomallibonukset ja –sanktiot.

Tarjouspyyntöaineistossa oli myös liitteenä tietomallin pohjalta laskettu määräluettelo, johon urakoitsijoiden tuli täydentää yksikköhintansa. Näin ollen tarjoajien ei tarvinnut tarjousvaiheessa hankkia mallin käsittelyohjelmaa.

Tarjouspyyntöaineisto sisälsi seuraavat asiakirjat:

- Urakkaohjelma 7.10.2013
 - o Turvallisuusasiakirja 3.10.2013
 - o Urakan tietomallivaatimukset, -bonukset ja sanktiot 2.10.2013
- Tarjouslomake 7.10.2013
- Isoisänsillan tietomallit ja suunnitelmat erillisen luettelon mukaan 7.10.2013
- Mustikkamaanraitin tietomalli ja suunnitelmat erillisen luettelon mukaan 8.10.2013
- Kalasataman katujen ja kunnallistekniikan tietomalli erillisen luettelon mukaan 2.10.2013
- Isoisänsillan rakentaminen, urakan yhdistelmämalli
- Tietomallin sisältö, Isoisänsilta + Yhdistelmämalli 7.10.2013
- Arvonmuutosperusteet, päällystys- ja jyrshintäytöt, Stara ja HKL vuosi 2013
- HSY:n vesi- ja viemärijohtojen kartoitusohje Helsingin alueella 2.11.2012

Muut asiakirjat, jotka sisältyivät tarjouspyyntöaineistoon, mutta joita ei toimitettu urakoitsijoille tarjouspyyntökirjeen liitteenä:

- Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 RT 16-10660, ohjetiedosto, maaliskuu 1998
- Määrämittausohje: Infra 2006, Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, määrämittausohje sekä siihen tehdyt päivitykset 21.8.2007
- Sillanrakentamisen ja -korjaamisen arvonmuutosperusteet
- SAP 2010, Liikenneviraston ohjeita 17/2010
- InfraRYL 2010 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, osa 1 sekä siihen tehdyt päivitykset tarjouspyynnön päivämäärään mennessä (päivitykset saatavilla osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/infraryl/>)
- InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, osat 2-4 sekä niihin tehdyt päivitykset tarjouspyynnön päivämäärään mennessä (päivitykset saatavilla osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/infraryl/>)
- Liikenneviraston kirje 20.10.2010 (3090/070/2010) "InfraRYL laatuvaatimusten soveltaminen tienpidossa
- Sillan laaturaportti, laatimisohe. Tiehallinto 2006
- Kaivutyöt ja tilapäiset liikennejärjestelyt pääkaupunkiseudulla (HKR, 16.4.2013)
- Tilapäiset liikennejärjestelyt katualueella (SKTY 19/99).
- Esteettömän ympäristön suunnitteluohjekortti SuRaKu 8, tilapäiset liikennejärjestelyt, 6.2.2008 (saatavilla osoitteesta: http://www.hel.fi/static/hkr/hel-sinkikaikille/ohjeet/Suraku_Kortti-8_060208.pdf)
- Liikenneviraston määräykset vesiliikennemerkeistä ja valo-opasteista 6154/040/2010, 12.11.2010 (saatavilla osoitteesta: http://www.finlex.fi/data/normit/37418-Maarays_vesiliikennemerkeista_ja_valo_opasteista.pdf)
- Asfalttinormit 2011. PANK ry

3.3 Tietomallipohjaisuuden huomioiminen urakkaohjelmassa

Urakkaohjelmassa todetaan, että rakennuttaja toimittaa sähköisessä muodossa urakoitsijalle suunnitelmat tietomalleina, niitä täydentävinä piirustuksina ja rakennussuunnitelmaselostuksena. Tässä kohdassa edellytetään urakoitsijalta tietomalliosaamista, sillä urakoitsija vastaa toteuttamiseen tarvitsemiensa suunnitelmien tulostamisesta sekä niiden kustannuksista. Tietomalleihin ei ole myöskään luotu valmiiksi piirustusnäkyymiä, joten urakoitsijan on itse luotava näkymät omien ja alihankkijoidensa tarpeiden mukaan. Isoisänsillan teräsrakenteiden tietomalli on konepajamuodossa. Tämä edellyttää, että urakoitsijan on itse laadittava valmistusta varten tarvitsemansa erilliset tuotantosuunnitelmat.

Urakkaohjelmassa on todettu, että Isoisänsilta on kuvattu paperipiirustusten sijaan tietomalleilla, jotka on laadittu Tekla Structures ohjelman versiolla 18.0. Tietomallit esitetään natiiviformaatissa, eli Tekla Structuresin käyttämässä formaatissa, sekä IFC-formaatissa, jota voi tarkastella myös muilla ohjelmistoilla. IFC-formaattiin perustuvassa versiossa joitakin kohdetta koskevia tietoja saattaa hävitä tai muuttua verrattuna Tekla Structuresilla tehtyyn natiiviformaattiin. Tämän vaikutuksesta tietomallin luotettavuus on taattu ainoastaan käytettäessä natiiviformaattia. Urakoitsijalle asetettiin erityisehto, jonka mukaan on hankittava Tekla Structures 18.0 tai sitä vastaava ohjelma tietomallin rakentamisen aikaista toteutusta varten. Vastaavia ohjelmia ei ole nimetty tai määritelty urakkaohjelmassa.

Kalasataman katujen ja kunnallistekniikan tietomalli on laadittu AutoCAD Civil 3D 2013-ohjelmistolla, jonka muodossa se myös luovutettiin urakoitsijalle. Mustikkamaanraitin suunnitelma on laadittu Terra Solid-ohjelmistolla, jonka muodossa se luovutettiin urakoitsijalle. Urakasta on laadittu yhdistelmämalli, joka on tarkoitettu ainoastaan kohteen visualisointiin ja tietomallien yhteensovittamiseen.

Hankkeessa käytetään projektipankkia, joka on rakennuttajan hankkima. Projektipankin käytöstä edellytetään, että urakoitsijan velvollisuus on huolehtia, että sillä on käytössään suunnitelmien viimeisimmät versiot. Tämä koskee urakoitsijaa siinäkin tilanteessa, ettei työmaalta saada projektipankkiin yhteyttä.

Urakkaohjelmassa on myös veloitettu urakoitsija tarkastamaan tietomalli sekä ilmoittamaan havaitsemistaan virheistä, ristiriitaisuuksista tai puutteista. Tietomallin lisäksi tarkastettavia dokumentteja ovat suunnitelmat, laatuvaatimukset, työselitykset sekä määrä- ja osaluettelot. Ilmoitukset on tehtävä sopimuskatselmukseen mennessä. Sopimuskatselmus pidetään, kun urakoitsija on jo valittu.

Urakoitsijoita edellytettiin, että Isoisänsillan osalta tietomalliin sisällytetään heidän laatimansa kohteen työaikataulu ja sen toteuman seuranta. Mustikkamaanraitin, Capellan puistotien ja Parrulaiturin osalta ei edellytetä tietomalliin sisällytettyä aikataulua. Urakoitsijan tulee toimittaa työaikataulu tietomalliin sisällytettynä ensimmäiseen työmaakokoukseen mennessä.

Laadunvalvonnasta edellytetään, että sillan laatudokumentointi on liitettävä tietomalliin liitteenä olevien tietomallivaatimusten-, bonusten ja sanktioiden mukaisesti. Mustikkamaanraitin, Capellan puistotien ja Parrulaiturin sekä niihin liittyvien töiden osalta urakoitsija tallentaa laatudokumentaation projektipankkiin pdf-muodossa, eikä sitä tarvitse linkittää tietomalliin. Urakoitsijan on mallinnettava tietomalleihin toteutuneet paalut, toteumamitat, mittapisteet ja merkittävät toteumamuutokset alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna. Muiden tietomalleissa esitettyjen rakenteiden osalta toteutuneita rakenteita ei tarvitse mallintaa tietomalliin. Tilaaja ohjaa urakkasuorituksen laatua myös tietomallin käyttöön liittyvillä bonuksilla ja sanktiolla, joita käsitellään seuraavassa kappaleessa.

3.4 Tietomallivaatimukset, -bonukset ja -sanktiot

Isoisänsilta-hanketta varten laadittiin asiakirja (2.10.2013), jossa asetetaan urakoitsijalle Isoisänsiltaa ja sen tietomalleja koskevat tietomallivaatimukset, -bonukset ja -sanktiot. Asiakirjassa jaotellaan tietomallia koskevat tehtävät eri osa-alueisiin ja tasoihin. Jokaiselle osa-alueelle on määritetty minimivaatimustaso, jonka tehtävät urakoitsijan tulee toteuttaa. Mikäli urakoitsija ei toteuta minimivaatimustasoa, on tilaaja oikeutettu perimään asiakirjassa osoitetun kiinteän sanktion minimivaatimustason osa-alueelta. Osalle osa-alueista on myös määritetty bonustasot. Mikäli urakoitsija suoriutuu kaikista bonustasolle määritetyistä tehtävistä, on urakoitsija oikeutettu kiinteään bonukseen, jonka suuruus on määritetty asiakirjassa. Tietomallia koskevat tehtävät on jaoteltu viiteen eri osioon: aikataulu, perehdyttäminen ja työohjaus, telinesuunnitelmat, laatudokumentointi sekä toteumamalli. Aikataululle sekä perehdyttämiselle ja työohjaukselle on määritetty kaksi bonustasoa, telinesuunnitelmille yksi bonustaso ja laatudokumentoinnille sekä toteumamallille ainoastaan minimivaatimustaso.

Minimivaatimusten ja bonusvaatimusten täyttymisen tarkastaa ja arvioi tilaaja. Bonuksen saaminen edellyttää, että urakoitsija toimii koko hankkeen ajan asiakirjan mukaisella tavalla. Tilaajan valvoja sekä tietomallikoordinaattori seuraavat urakoitsijan tietomallin käyttöä sekä suorittavat pistokokeita eri osioiden toteutumisesta. Lisäksi aikataulun käyttöä seurataan työmaakokouksissa, perehdyttämistä ja työohjausta valvojan ja tilaajan tietomallikoordinaattorin työmaakäynneillä, telinesuunnitelmaosion toteutumisesta tilaajan tekemän telinsuunnitelman tarkastamisen yhteydessä ja laatudokumentointia valvojan toimesta koko hankkeen ajan.

Bonuksen saaminen edellyttää urakoitsijalta myös raportin laatimista tilaajalle. Raportista tulee käydä ilmi, kuinka projektissa toteutettiin bonukseen oikeuttava tehtävä tai bonuksiin oikeuttavat tehtävät. Jokainen kohta tulee arvioida myös työmaan näkökulmasta sekä kertoa, kuinka hyödylliseksi tai tarpeelliseksi tehtävä koettiin ja miten sitä tulisi kehittää jatkossa. Raportti tulee toimittaa ennen taloudellista loppuselvitystä, jossa tilaaja hyväksyy urakoitsijalle maksettavat bonukset sekä määrää urakoitsijalta perittävät sanktiot.

3.5 Urakoitsijan valintamenettely

Urakkatarjous tuli antaa tarjouspyyntökirjeen liitteenä olevalla tilaajan laatimalla urakkatarjouslomakkeella. Vaihtoehtoisia tarjouksia ei hyväksytty. Ennen tarjouspyyntöjen lähettämistä oli tarjoajien taloudellinen ja rahoituksellinen suorituskyky tarkastettu rajoitetussa hankintamenettelyssä hankintailmoitusmenettelyllä. Tarjoajan tuli lisäksi täyttää ja selvittää tarjouksessaan täyttävänsä erinäisiä vaatimuksia koskien työjohtonsa, alihankkijoidensa ja teräsrakenteiden valmistajan valmiuksia, pätevyyksiä, referenssejä ja velvoitteita.

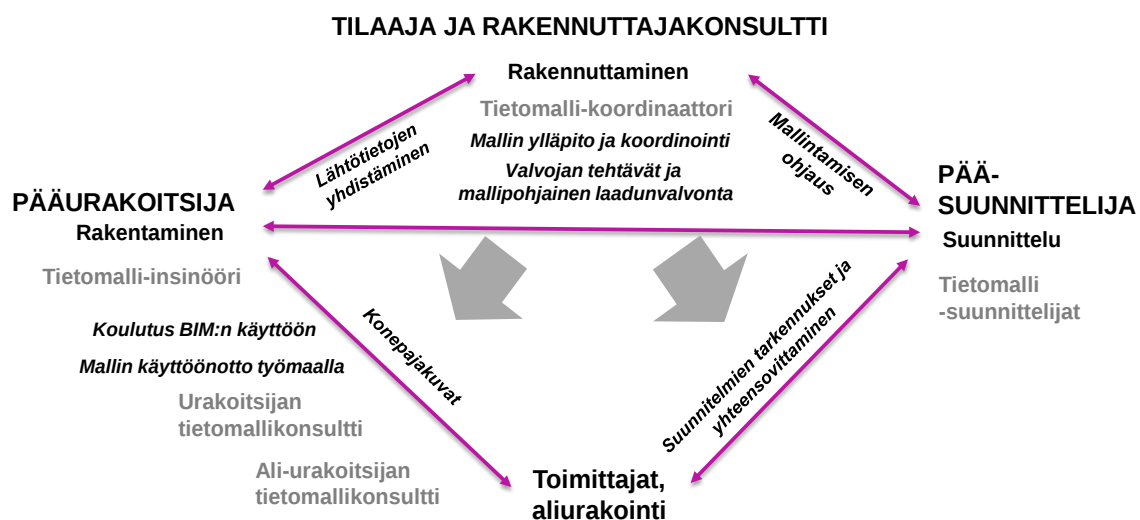
Tarjoajan tuli osoittaa tietomalli-insinööri, jolla on aiempaa kokemusta tietomallipohjaisesta rakentamisesta. Työkoneohjausta ei kuitenkaan laskettu tässä kohdassa hyväksyttäväksi kokemukseksi. Tarjoajalla tuli olla osoittaa tietomalli-insinöörille myös varahenkilö, joka täyttää myös varsinaiselle tietomalli-insinöörille asetetut vaatimukset. Tietomalli-insinööristä ja hänen varahenkilöstään tuli selvittää referenssit viimeisen viiden vuoden ajalta kohteista, joissa on hyödynnetty tietomallia rakentamisessa alasta riippumatta. Referenssiluettelosta tuli ilmetä referenssien suorituskohdat, urakan kokonaisarvot ja tilaajatiedot sekä miten henkilö on hyödyntänyt tietomallia kohteessa.

Hankintayksikkö oli velvollinen hylkäämään tarjouksen tarjouspyynnön vastaisena, jos tarjouksessa on sellainen virhe tai puute, joka estää tarjouksen tasapuolisen vertailun muiden tarjouspyynnön mukaisten tarjousten kanssa. Tarjouksen tuli myös sisältää kaikki pyydetyt selvitykset ja todistukset sekä tarjoajalta edellytettiin osallistumista kaikkiin kolmeen urakan esittelytilaisuuteen. Myös tarjoukset joita ei toimiteta määräaikaan mennessä, hylätään. Urakoitsija valitaan arvonlisäverottomalta tarjoushinnaltaan halvimman tarjouksen perusteella.

4 Evaluoinnin tulokset

4.1 Osapuolten roolit ja niiden muutos

Tietomallipohjainen toteutus luo hankeorganisaatioon uudenlaisia rooleja ja toimijoita, esimerkiksi tietomallikoordinaattorit. Vaikka keskeisten osapuolten perustehtävät pysyvät samoina, tietomalli tuo mukaan myös erityispiirteitä, jolla on vaikutusta osapuolten yhteistyöhön, menetelmiin ja tiedonvälitykseen. Tietomallipohjaisella hankeorganisaatiolla on siten vaikutusta myös hankkeen johtamiseen. Yleisesti voidaan arvioida sen lisäävän koordinoinnin tarvetta uusien erikoistuneiden toimijoiden myötä. Isoisänsillan hankeorganisaation keskeiset toimijat ja roolit on kuvattu kuvassa 10.



Kuva 10. Tietomallipohjainen hankeorganisaatio ja tehtävät Isoisänsillan casessa.

Isoisänsillan hankkeessa tietomallikoordinaattori on ollut tilaajan ja rakennuttajan tiimissä oleva tietomalliasiantuntija. Tietomallikoordinaattorit ovat vastanneet muun muassa lähtötietoaineiston oikeellisuudesta ja että jaettu malli on päivitetty oikein. Hankkeen alussa, tarjousvaiheessa tietomallikoordinaattori on työskennellyt tiiviisti tilaajan kanssa rakennuttajan roolissa ja suunnittelijan tukena mallintamisvaiheessa. Hankkeen edetessä taas koordinaattorin rooli on ollut nimensä mukaan koordinointia ja yhteensovittamista, eri osapuolten, erityisesti urakoitsijan kanssa. Tässä hankkeessa urakoitsija on myös päivittänyt jaettua mallia työmaalla. Tietomallikoordinaattorien rooli on ollut merkittävää hankkeen alkuvaiheessa, ja varsinaisten rakennustöiden käynnistyttyä tehtävät ovat vähentyneet [1],[2].

Tietomallikoordinaattorin toimenkuva ei ole vielä vakiintunut infrarakentamisessa toisin kuin talonrakentamisessa, ja TM-koordinaattoreiden rooli vaihtelee hankkeittain. Yleensä esimerkiksi, ST-hankkeissa (Suunnittelu ja toteutus -hanke) suunnittelun puolella on yksi tietomallikoordinaattori ja tuotannon puolella toinen, joka on yleensä myös mittauspäällikkö. Keskustelu tietomallista käydään pääasiassa näiden kahden henkilön välillä. Tietomallikoordinaattorin tehtävä on myös yhdistellä

eri malleja, eli toisin sanoen ylläpitää yhdistelmämallia. Ideaalitulanteessa pääsuunnittelija toimisi myös tietomallikoordinaattorina. Pääsuunnittelijalla on paras tietämys luomastaan tietomallista, ja osaa selittää parhaiten eri ratkaisut ja tietomallin osien merkityksen. Toisaalta suunnittelijan tehtävät laajensivat huomattavasti, jos suunnittelija alkaisi myös toimia tietomallikoordinaattorina [3].

Hankkeen projektikonsultin näkökulmasta Isoisänsillan tietomallipohjaisella toteutuksella ei ollut kovinkaan paljoa vaikutusta projektikonsultin toimintaan. Merkittävin ero oli se, että suunnitelmat oli esitetty havainnollisemmassa muodossa kuin perinteisissä hankkeissa. Projektikonsultti oli hankkeessa suunnitteluvaiheesta alkaen ja suunnitteluvaiheessa toimenkuvaan kuului vahvasti myös suunnittelijan mallintamisen ohjaamista. Hankkeen alkuvaiheessa tarvittiin tavallista enemmän selvitystyötä, jotta pystyttiin hahmottelemaan mikä tietomallipohjaisessa toteutustavassa on mahdollista ja mikä mahdotonta. Koska hankkeessa esitettiin kuitenkin osa suunnitelmista myös dokumenttimuodossa, oli tässä hankkeessa projektikonsultin näkökulmasta enemmän tekemistä kuin perinteisessä toteutuksessa [4].

Tietomallin valmistuttua projektikonsultilla ei ollut malliin liittyen merkittäviä tehtäviä. Toteutusvaiheessa projektikonsultti pääasiassa valvoi urakoitsijan malliin linkittämiä aikatauluja ja laatudokumentteja, jonka todettiin keventäneen jossain määrin valvontaa, erityisesti tiedonsiirron nopeutumisen myötä. Haastatteluiden perusteella valvonnan rooli helpottuu, kun mallin puutteista ja riskitekijöistä voidaan informoida urakoitsijaa, suunnittelijaa ja tilaajaa helposti suoraan mallin avulla. Myös aikataulun seuranta helpottuu ja on havainnollisempaa, kuin esimerkiksi perinteisen jana-aikataulun seuranta ja valvonta.

Urakoitsijan rooliin tietomallit toivat merkittävän lisän ja tietomallit ovatkin muuttaneet suuresti urakoitsijan perinteisiä toimintatapoja ja rooleja. Tässä hankkeessa haluttiin erityisesti kannustaa urakoitsijaa mallin käyttöön ja tilaajan asettamat tietomallivaatimukset ja bonus/sanktio-kriteerit edellyttivät urakoitsijaa käyttämään tietomallia seuraaviin työmaatoimintoihin:

- aikataulujen laatiminen ja havainnollistaminen,
- työntekijöiden perehdyttäminen,
- työmaan väliaikaisrakenteiden ja telineiden mallintaminen rakennemallin yhteyteen
- laatudokumenttien linkittäminen malliin
- toteutuneen tilanteen mallintaminen mm. paalutuksen osalta

Case-hankkeessa urakoitsijalla ei ollut aikaisempaa osaamista tietomalleista, joten osaamista hankittiin hankkeen alussa erityiseltä tietomallikonsultilta. Voidaankin todeta, että osittain hankkeen pilottiluonteen takia työmaainsinöörin rooli muuttui tietomalli-insinööriksi. Erityisluonteen urakoitsijan toimintaan toi esimerkiksi työpiirustusten laatiminen työmaalla mallin pohjalta, jolloin piirustukset saatiin nopeasti eri tarpeisiin. Toisaalta tämä menettely voi tuoda myös uudenlaisia riskejä, esimerkiksi

rakenteen tulkinnassa jotain voi mennä vikaan, mutta menettely todettiin hankkeessa joustavaksi, kun työmaa ei tarvinnut tilata piirustuksia rakennesuunnittelijalta.

Suunnittelijan rooliin ei tämän kaltainen toimintatapa aiheuta suuria muutoksia, koska mallintaminen on ollut yleinen käytäntö suunnittelussa jo pidemmän aikaa. Tarjousasiakirjoihin perinteisesti kuuluvien piirustusten luominen mallista vaatii ison työmäärän, joten tämän kaltaisessa hankkeessa suunnittelun työmäärän voidaan katsoa jopa pienenevän. Tosin tietomallipohjaisen suunnittelun opettelu alkuvaiheessa yleensä aiheuttaa työmäärän lisääntymistä [4], [14].

Tietomallit ovat myös vaikuttaneet alihankkijoiden toimintaan, koska mallipohjaisten urakoiden yleistyessä alihankkijoilla tulee olla myös valmiudet hyödyntää tietomalleja. Tämä on edellyttänyt heiltä myös osaamisen päivittämistä sekä tietomallisovellusten kehittämistä esimerkiksi betoniraudoitusten osalta. Haasteeksi koettiin, että toimintamallit tietomallien hyödyntämiseksi ja toisaalta tietomallien saamiseksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hakevat vielä muotoaan. Kaiken kaikkiaan valmiudet tietomallien hyödyntämiseksi koettiin kuitenkin suhteellisen hyväksi [6],[7],[8].

4.2 Suunnittelu ja rakennuttaminen

Suunnittelun aikataulu oli tämän hankkeen osalta verrattain pitkä. Syynä tähän voi olla suunnittelijoiden vähäiset kokemukset mallintamistyökaluista ja kyseisen sillan monimutkainen geometrinen muoto. Lisäksi rakenne oli ylipäättään haastava. Isoisänsilta on muodoltaan kolmeen suuntaan kaareva rakenne, joka on haasteellista mallintaa niin suunnittelijan kuin ohjelmistojenkin näkökulmasta. WSP teki tietomallista konepajasuunnittelun, jossa törmättiin uusiin haasteisiin eri suunnittelijatahojen erilaisista mallinnustavoista johtuen.

Tietomallien kehityksen edellytyksenä on, että ohjelmistojen yhteiset formaatit saadaan toimiviksi ja luotettaviksi. Toimivien formaattien myötä ohjelmistotalot pystyvät kehittämään työkalujaan paremmin käytettäviksi. Yleisissä inframalli vaatimuksissa (YIV2015) on määritetty väyläpuolelle avoimeksi formaatiksi Inframodel 3 (IM3), ja siltarakentamisessa on sovittu, että yleinen formaatti on IFC.

Siltasuunnitelmissa, kuten Isoisänsilta-hankkeessa, IFC-formaatti ei ole täysin luotettava. Natiiviformaatti on toistaiseksi työmaatoimintaan paremmin soveltuva tiedostomuoto. Toisaalta alalla on olemassa suositus avoimien tiedonsiirtostandardien (IFC ja LandXML) käyttöön siirtymisestä. Määrätietoa ei siltojen kaarevan muodon vuoksi aina saada luotettavasti IFC-mallista, vaan joudutaan käyttämään natiivimallia. Talonrakentamisessa IFC-formaatin käyttö on jo pitkälle vakiintunutta ja sitä voidaan hyödyntää sekä määrälaskennassa että erilaisissa törmäystarkasteluissa luotettavasti. Eri alojen yhteisen IFC-formaatin kehittäminen mahdollistaisi

ohjelmistokehitystä, joka olisi kaikkien osapuolten etu ja jonka avulla rakentamisen kokonaisuus saataisiin paremmin toimimaan [9].

Infra-alalla tietomallit eivät toistaiseksi ole muuttaneet urakoitsijan ja suunnittelijoiden yhteistoimintaa oleellisesti. Infrarakentamisen näkökulmasta käytännöt ja toimintatavat hakevat vielä vahvasti muotoaan. Suunnittelijoilta tilatut tietomallit ovat suunnittelutarkkuudeltaan vielä hyvin vaihtelevia, jonka vuoksi urakoitsijat ja tavarantoimittajat joutuvat tarkentamaan erikseen suunnitelmia suunnittelijan kanssa [10].

Tietomallit luovat rakennuttamiseen uusia valvontamahdollisuuksia. Työmaan valvontakierroksella voidaan erityiset tarkastuskohteet kuvata ja kuva liittää tietomalliin oikealle kohdalleen. Tällä tavoin voidaan tiedottaa ja viestiä virheistä sekä puutteista suoraan mallin kautta urakoitsijalle ja tilaajalle. Pilottihankkeen osalta, ohjelmistojen täyttää potentiaalia ei pystytty vielä täysin hyödyntämään, esimerkiksi kommentit eivät siirtyneet mallin sisällä [4],[5].

Laatudokumenttien linkittäminen malliin oli tässä hankkeessa määritetty yhdeksi bonus-sanktio-järjestelmän kriteeriksi. Laatudokumenttien linkittäminen malliin oli kuitenkin projektikonsultin näkökulmasta hieman tarpeeton tehtävä urakoitsijalle. Laatudokumentit sijoitettiin ensin projektipankkiin, jonka jälkeen nämä linkitettiin malliin [4].

4.3 Hankintaprosessi

Pilottihankkeen urakkamuoto oli yksikköhintaperustainen, mikä on hyvin harvinaista siltarakentamisessa. Tämän ansiosta urakoitsijan ei kuitenkaan tarvinnut hallita tietomalleja niin hyvin, että olisivat pystyneet määrittämään tietomallista massoja ja määriä. Tällöin tarjouksen tekeminen ei ollut poikkeuksellisen työlästä, vaan kohdullisella työmäärällä tehtävissä. Hankintavaiheen aikana urakoitsijalla ei ollut tarvetta tuottaa tietomallista piirustuksia tai tehdä muita mallinnusosaamista vaativia toimia. Suunnitelmia pystyi käsittelemään helpoilla tietomalliohjelmiston työkaluilla, joilla urakoitsija sai tuotettua tarjouksen antamiseen tarvittavan datan sekä muodostettua hinnan [8].

Hankintaprosessin suurimpia ongelmia projektikonsultin näkökulmasta oli se, että joillakin urakoitsijoilla ei ollut aiempaa kokemusta tietomalleista tai malliohjelmista. Esittelytilaisuudet järjestettiin pääasiassa sitä varten, että saatiin tuotua esille hankkeen luonne sekä poikkeamat ja kriittiset kohdat tietomallista. Tietomallit ovat olleet ennen pääasiassa suunnittelijoiden työkalu ja pilottihankkeen tarkoitus oli, että tietomallia alettaisiin käyttää myös työmaalla ja rakennuttamisessa. Tulevaisuudessa esittelytilaisuuksia ei todennäköisesti tarvita, koska tietomallipohjaisuus hankkeissa on vakiinnuttanut asemansa [4].

Toisaalta taas urakoitsijan näkökulmasta esittelytilaisuuksia voisi järjestää enemmänkin huolimatta siitä, onko hanke dokumentti- vai tietomallipohjainen. Tarjousvaiheen esittelytilaisuudessa tai myöhemmin kun urakoitsija on jo valittu, tulisi suunnittelijan opastaa urakoitsijaa tietomallin kanssa. Erityisesti tietomallin erityispiirteiden läpikäyminen koettiin tärkeäksi [3]. Esittelytilaisuuksien voidaan todeta edesauttavan yhdenvertaisuutta ja ne asettavat urakoitsijat samalle viivalle. Toisaalta mallin tulkinnessa kyse on myös urakoitsijan ammattitaidosta, eli kyvystä erottaa virheet ja kriittiset kohdat tietomallista.

Pelkästään tietomalliin pohjautuva tarjouspyyntö ei ole urakoitsijan näkökulmasta vielä ajankohtainen ajatus. Tarjouspyyntöaineistossa tulee olla kuitenkin joitain dokumentteja tietomallin tueksi. Tietomallin käyttämisen kannalta tärkeänä dokumenttina pidetään tietomalliselostusta. Suunnittelijan ja urakoitsijan välistä kollaboraatiota ei toisaalta ideaalitalanteessa tarvitse lisätä, koska kaikki yksityiskohdat löytyvät tietomallista ja tietomalliselostuksesta. Toisaalta tietomallin läpikäyminen suunnittelijan kanssa yhteistyössä voi edesauttaa hankkeen onnistumista [3].

Case-hankkeessa tietomallin laatija oli laskenut tietomallin määrät kustannusarvion yhteydessä tilaajan määräluettelossa, jotta tilaaja voisi tietää mitä suunnitelma maksaa. Urakoitsijan piti kuitenkin varmistaa määräluettelo vertaamalla sitä tietomalliin, jotta pystyttiin muodostamaan käsitys, mitä määrät koskevat ja mitä niihin sisältyy. Koska määrät on kertaalleen laskettu ja kerätty tietomallista, määrät voisi tällä tavoin luovuttaa suoraan tarjouspyynnössä urakoitsija-ehdokkailla. Tietomallipohjaisella toiminnalla tavoitellaan eritoten tehokkuutta, joten ei ole tarkoituksenmukaista, että jokainen urakoitsija laskee tietomallista omalla tahollaan samat määrät urakan tarjousta tehdessään [8],[3]. Tämä tarkoittaa myös sitä, että tilaaja joutuu näin toimiessaan sitoutumaan luovuttamiinsa määriin. Toisaalta näin säästetään tarjoajien tarjouslaskentaan käyttämää aikaa sekä voidaan parhaiten varmistua määrälaskennan oikeellisuudesta mallin laatijan ottaessa määrät ulos mallista. Tämä olikin varmasti toimiva ja kaikkia osapuolia parhaiten palveleva toimintatapa sillä hetkellä. Tulevaisuudessa, toimintatapojen vakiintuessa ja urakoitsijoiden totuessa tietomallipohjaiseen tarjouslaskentaan vastuu määrien laskennasta saattaa palautua urakoitsijoille. Toisaalta voidaan myös arvioida, että määrien laskeminen saattaa siirtyä tulevaisuudessa erikoistuneille toimijoille.

Case-hankkeen hankintamallia pidettiin lähtökohtaisesti toimivana, eikä se kaupallisessa mielessä eronnut paljoakaan perinteisestä mallista. Tietomallipohjaisen hankintatavan tulisi kuitenkin olla järjestelmällinen ja vakioitu. Urakoitsijoiden kokemusten mukaan yksittäisissä urakoissa on jo ollut tapauksia, joissa tarjouspyyntöaineisto on sisältänyt tietomallin. Tällaiset tarjouspyynnöt vaativat urakoitsijoilta uutta ohjelmistoa sekä kouluttautumista ja totuttelua. Toisaalta, huomioiden koko silta-alan, pienemmillä urakoitsijoilla ei ole vielä valmiuksia tietomallipohjaiseen toimintaan. Toistaiseksi tarjouspyyntöaineistoissa ei kuitenkaan ole ollut sellaisia

hankkeita, joissa mallista olisi voinut laskea määrät, vaan tietomalli on toiminut visuaalisena havainnollistajana. Urakoitsijoiden mukaan määrätiedon hakeminen ja sen julkaiseminen on välttämätöntä. Määrien julkaiseminen on enemmänkin kaupallinen kysymys ja tilaajan on arvioitava menetelmän riskit kaupallisessa mielessä [8],[3].

4.4 Määrälaskenta ja hinnoittelu

Tietomallit johtavat entistä tarkempiin suunnitelmiin, joiden ansioista urakoitsijoiden tarjouslaskenta helpottuu, kun määrälaskenta jää laskennasta pois. Määrien ollessa tarkkoja, niihin uskalletaan luottaa, jolloin riskivaraus poistuu. Näin myös lisä- ja muutostöiden riskivarausta voidaan pienentää ja tämä johtaa myös urakan tarkempaan budjettiin. Lisäksi työ- ja aikataulusuunnittelun merkitys ja tarkkuus kasvavat. Urakoitsijoiden materiaalihinnoissa ei ole merkittäviä eroja, joten tarjouksien hintaan voidaan vaikuttaa rakentamisen tehokkuudella. [2], [4], [5].

Havainnollisempi suunnitteluaineisto auttaa myös riskipaikkojen arvioimista ja suunnittelua, joka on tietomallien keskeinen hyöty. Hankkeessa tehtiin ennen tarjousvaihetta myös havainnollistavaa mallintamista esimerkiksi voimalinjan mittaus, turva-alueen mallinnus sekä vedenpinnan mittaus ja mallinnus, joita voidaan hyödyntää myöhemmin työnsuunnittelussa. [2.]

Tietomallipohjaiseen tarjoukseen liittyy kuitenkin myös useita eri asioita, joihin ei pystytä vielä mallintamisella vaikuttamaan. Työ ja materiaalit ovat merkittävimmät hinnoittelun kohteet, mihin tietomalleilla pystytään luomaan parempia edellytyksiä tarjouksen antamiseksi, mutta esimerkiksi materiaalikuljetuksen hintaan ei pystytä vaikuttamaan. [4], [5].

Tarjousvaiheessa tietomallia tutkiessa urakoitsijat havaitsivat, että joitakin asioita oli vaikea löytää ja joitakin urakoitsijalle oleellisia asioita ei ollut suoraan esitetty. Kaikki tarpeellinen tieto kuitenkin saatiin tietomallista irti. Tietomallien saumaton siirtyminen käyttäjältä toiselle edellyttää, että tietomallia käytetään samalla tavalla ja ymmärretään, miten suunnittelija on suunnittelut tietomallia käytettävän. Tietomalliselostuksen merkitys tietomallihankkeen liitedokumenttina korostuu tässä asiassa. [10.]

Siltojen osalta tarjouslaskijat ovat tottuneet sillan määräluetteloon, josta he kokemusperäisesti tietävät, mitä asioita määräluettelossa on ja missä järjestyksessä. Tarjouspyynnön määräluettelon osia pitäisi pystyä katsomaan visuaalisesti tietomallista, mitkä objektit sisältyvät kuhunkin määrään, jolloin urakoitsijan ei tarvitsisi erikseen itse tarkastaa mallin määriä ja määräluetteloa. Tietomallihankkeissa ei vielä ole vakiintuneita käytäntöjä, jotka ovat kuitenkin edellytys sille, että saadaan tietomallien todelliset hyödyt toteutumaan käytännössä. [10.]

Ideaalitilanteessa tietomalli on täydellinen ja urakan tarjouspyyntö voidaan tehdä yksinomaan tietomallin avulla. Tällöin hankkeeseen tutustumisaika lyhenee, kun

urakoitsija pystyy perehtymään nopeasti suunnitelmiin ja tarkastamaan kriittiset paikat, jotka vaativat erityistä huomiota. Tarjouslaskijat pystyvät aloittamaan nopeammin työsuunnittelun. Tarjouslaskennassa painopiste siirtyy määrien laskemisesta ja mahdollisten ristiriitaisuuksien havaitsemisesta työsuunnitteluun ja toteutusratkaisuihin. [10.]

Ohjelmistot eivät kehity tällä hetkellä yhtä nopeasti kuin ohjelmistojen käyttäjillä olisi tarpeita paremmille työkaluille ja ominaisuuksille. Urakoitsijat tarkastelevat ohjelmistoja lähinnä erilaisten käytötapausten kautta ja arvioivat millä ohjelmistolla esiin tulevia ongelmia voitaisiin ratkaista. [10.]

Maarakennusurakkaan, jonka erityispiirteenä on useiden eri maalajikerrostumien esiintyminen, sisältyy väistämättä paljon epävarmuustekijöitä. Tästä syystä kustannusten hallinta ja määrälaskenta sisältävät paljon haasteita. Betonirakentamisessa määrätieto on täsmällisempää, ja sitä voidaan hyödyntää urakan osittelussa ja työn etenemisen seurannassa. [10.]

Hankkeessa yhdeksi haasteeksi muodostuivat varusteluosien suunnitelmat, jotka olivat ainoastaan paperisina dokumentteina. Yksiselitteisyyden ja sekaannusten välttämiseksi varusteluosienkin tulisi sisältyä tietomalliin. Isoisänsillan hankkeessa mallinnettiin ainoastaan kantavat rakenteet ja näin ei kiinnitetty tarpeeksi huomioita siihen, mitä rakenteiden päälle vielä tulee. Liittyvät suunnitelmat, kuten kadut, liittynät ja valaisimet, tulisi myös esittää tietomallimuodossa, jotka voidaan tarvittaessa yhdistää muiden urakan tietomallien kanssa [1]. Tähän ongelmaan voisi olla ratkaisu, että varusteluosien tilaajat tulisivat hankkeeseen jo aikaisemmassa vaiheessa mukaan ja että myös heillä olisi tietomalli käytössään. Tämä olisi tärkeää myös ylläpidon suunnittelun ja hankkeen koko elinkaarta silmällä pitäen. [5], [11].

Tietomallipohjaisessa tarjouksen tekemisessä ja myös työmaan käynnistämisessä haasteellista on valmiiden piirustusnäkyvien ja piirustusten puuttuminen. Tämä tuottaa lisätyötä urakoitsijalle sekä osaamisen kehittämisessä että piirustusten tuottamisessa. Urakoitsijan piti case-hankkeessa lisäksi parantaa omia valmiuksiaan laite- ja ohjelmistohankinnoin sekä lisäämällä oman henkilöstön asiantuntemusta. [8.]

Tietomallisuunnitelmassa määritetään mitä mallinnetaan, millä tarkkuudella ja kuka vastaa mistäkin. Olisi tärkeää, että tilaaja osallistuisi mahdollisimman paljon tietomallisuunnitelman laatimiseen. Hankkeelle määritettyjen vaatimusten pohjalta palveluntuottaja laatii tietomallisuunnitelman ja tietomallisuunnitelman mukaisesti laaditaan tietomalli. Tietomalliselostus on käytännössä tietomallin käyttöohje ja sisällysluettelo. Tietomalliselostus on aina mallin päivitysversiota seuraava selostus tietomallin kulloisestakin vaiheesta ja valmiusasteesta. Tietomalliselostuksen tekemisen vastuu pitää olla tietomallin tekijällä, koska tekijällä on paras tietämys, miten malli on tehty, mitä se pitää sisällään ja miten mikäkin asia on siellä nimetty [3].

Tietomalliselostuksessa voisi ottaa kantaa myös mallinnuksen toimintatavoista. Isoisänsillan hankkeessa oli ainoastaan kuvattu, mitä tietomalli sisältää. Selostuksessa voisi ilmaista myös, miten sitä kannattaa hyödyntää, kenen toimesta ja mitä tietomalliin tulee vielä urakan aikana lisätä [1].

Vanhoihin toimintatapoihin tulee suhtautua kriittisesti ja niitä tulee uudistaa liitettäessä tietomallipohjainen toiminta hankkeisiin. Tarjouspyyntöaineistosta, esimerkiksi urakkaohjelmasta, tulisi ottaa kantaa mitkä ovat yhteiset toimintatavat ja tiedonjakoväline suunnittelijan, tilaajan ja urakoitsijan välillä. Isoisänsilta-hankkeessa tätä ei ollut kirjoitettu ylös, mutta tilaaja ja urakoitsija kuitenkin käyttivät oletusarvoisesti tietomallia. [1.]

5 Johtopäätökset Isoisänsillan hankinnasta

5.1 Hankintamalli

Tietomallipohjaiset hankkeet tekevät vasta tuloaan infra-alalle. Urakoitsijoiden mielestä tietomallipohjaisten hankkeiden yleistymisen edellytyksenä on, että hankkeissa pyritäisiin johdonmukaisuuteen, eivätkä hankkeiden vaatimukset ja toteutustavat muuttuisi liikaa hankkeiden välillä. Yleisen formaatin toiminta ja yleiset tietomallivaatimukset ovat tässä asiassa merkittävässä roolissa. Kun tietomallit ja vaatimukset ovat tarkkaan ja selkeästi määritetty, pystyvät urakoitsijat varautumaan paremmin hankkeisiin, eivätkä tietomallihankkeet työllistä kohtuuttomasti urakoitsijaa tarjousvaiheessa, koska hankkeen edellytykset ovat tutut. IFC-formaatin luotettavuus on kynnyskysymys urakoitsijoiden tarjouslaskennalle sillanrakentamisessa. Vaikka tilaaja sitoutuisi tietomallin mukaisiin määriin, tietomallin tavoiteltu hyöty ei toteudu, jos urakoitsijat tietomallista huolimatta laskevat määrät eri tavalla.

Hankintaprosessi oli tässä hankkeessa hyvin perinteinen, eikä siis aiheuttanut urakoitsijoille ylimääräistä rasitetta. Tarjouksen tekemisessä pystyttiin keskittymään hankkeen keskeisimpään haasteeseen, eli tietomalliin. Tarjous tuli kuitenkin antaa yksikköhintapohjaisesti, mikä on siltarakentamisessa harvinaista. Tietomallipohjaisten hankkeiden yleistyessä voidaan olettaa, että yksikköhintapohjaiset urakat yleistyvät. Pilottihankkeessa annettiin urakoitsijoille valmiiksi määräluettelo, johon tarjous pohjautui. Alun alkaen tarkoitus oli, että urakoitsijat itse laskisivat tarjouksensa määrät tietomallista, mutta ennen tarjouspyynnön lähettämistä arvioitiin, ettei urakoitsijoilla ole kylliksi tietomalliosaamista määrien laskemiseen. Ideaalitapauksessa määräluetteloa ei anneta urakoitsijoille valmiiksi, vaan urakoitsijoiden tulisi itse osata määrittää määrät tietomallista. Tietomallipohjaisuus tarjouslaskennasta eliminoi tulkinnanvaraisuuden ja mittavirheet, joita aiheutuu työskenneltäessä laajan kaksiulotteisen piirustusaineiston kanssa.

Tarjousvaiheen tietomalliosaamisen ja –työkalujen kehittymisen myötä määrälaskenta tehostuu huomattavasti. Tämän vaikutuksesta kokonaishinnan merkitys vähenee ja tarjouksissa merkittäväksi tekijöiksi nousee kunkin rakennusmateriaalin ja työn hinta. Tulevaisuudessa voidaan olettaa, että urakoitsijoiden tarjouksen suunnittelussa kriittiseksi tekijäksi nousee työsuunnittelu, jonka myötä kilpaillaan laadusta, kustannustehokkuudesta sekä aikataululla entistä enemmän.

5.2 Hyödyt

Urakoitsijan tarjouslaskennan kannalta tietomallin visuaalisuus on suurin hyöty, joka toteutuu tällä hetkellä. Visuaalisuuden avulla tarjouslaskijoiden ja muiden prosessiin osallistuvien työntekijöiden on helpompi hahmottaa rakenne ja aloittaa työsuunnittelu. Piirustuksien läpikäyminen laajasta urakasta on todella työlästä, ja saattaa työllistää useammankin tarjouslaskijan useaksi päiväksi. Kuormitetuimpana aikana kaikkia tarjouspyyntöaineiston piirustuksia ei välttämättä edes käydä

läpi; kokenut tarjouslaskija tuntee tavanomaisten kohteiden piirustusten pääpiirteisen sisällön valmiiksi.

Määräluettelon sisällyttäminen tarjouspyyntöaineistoon edesauttoi myös urakoitsijoiden tarjouksen tekemistä. Vaikka määräluettelon tarkoitus oli simuloida tietomallin vaikutusta määrälaskennan tietomallipohjaisuudesta, pitivät urakoitsijat sitä yleisesti hyvänä toimintatapana. Ideaalitulanteessa urakoitsijat hakevat itse tietomallista määrät tarjouslaskentaa varten, mutta kehitysvaiheessa, kun tietomalliosaaminen on tarjoajien kesken vaihtelevaa, on mielekästä, että määräluettelo liitetään aineistoon. Suunnittelijat laativat joka tapauksessa määräluettelon tekemistään suunnitelmista, koska se on osa suunnittelijoiden tehtäväluetteloa siltarakentamisessa. Useat pilottihankkeen urakoitsijat pitivät hyvänä menettelynä, että suunnittelijan laatima määräluettelo on tarjouspyynnössä liitteenä. Määräluetteloa ei kuitenkaan aina liitetä tarjouspyyntöaineistoon, koska tilaajat saattavat saada tästä etua tarjoushinnoissa, kun urakoitsijat eivät pysty tarkkaan määrittelemään määriä.

Kun tilaaja sitoutuu tietomallin määriin, ja urakoitsijat tekevät tarjouksen sidottujen määrien pohjalta, vaihtelu urakoitsijoiden antamissa tarjouksissa pienenee huomattavasti. Urakoitsijan ei tarvitse myöskään arvioida määriin erillistä riskilisää, joka nostaa urakoiden hintoja. Kun urakoitsijat pystyvät antamaan tarkempia tarjouksia, pystyy myös tilaaja allokoimaan paremmin omia resurssejaan, kun hankkeiden lopulliset kustannukset ovat paremmin ennustettavissa. Tällöin tilaajat pystyvät suunnittelemaan ja käyttämään vuosittaiset budjettinsa tehokkaammin. Suunnittelun ansiosta budjetin käyttäminen pystytään jakamaan vuodelle, jolloin hankkeita pystytään kilpailuttamaan sekä aloittamaan tasaisemmin vuoden aikana.

Menettelyn avulla myöskin lisä- ja muutostyövaraukset pienenevät ja yksiköiden hintojen merkitys kasvaa, jolloin urakoitsija voidaan valita yksikköhintoihin perustuen. Hankkeen lopussa voidaan tarkastaa, kuinka paljon toteutuneet määrät eroavat suunnitelmien määristä. Tässä pilottihankkeessa muut kuin projektin laajennuksesta ja olosuhteista johtuvat lisätöiden määrät jäivät noin kahteen prosenttiin urakan kokonaishinnasta. Tämän perusteella voidaankin arvioida, että tulevaisuudessa tullaan todennäköisesti käyttämään yhä enemmän yksikköhintapohjaisia tarjouksia.

Bonus-sanktio-järjestelmää pidettiin pilottihankkeen kannalta erittäin hyödyllisenä, sillä se kannusti urakoitsijoita tietomallin käyttöön. Nykyisellä osaamisella, kaikki bonus-sanktio-järjestelmässä mainitut kohdat eivät ole kannattavia mallintaa, mutta sanktioiden avulla näistä seikoista tuli urakoitsijoille kannattavia. Urakoitsijoiden ei ole kannattavaa kouluttaa työntekijöilleen valmiiksi tietomallinnusta, mutta riski pienenee, kun urakoitsijat saavat tästä bonusta. Bonus-sanktio-järjestelmää ei kuitenkaan pidetä pysyvänä ratkaisuna, vaan muutoksen liikkeelle panevana tekijänä. Tietomallien yleistyessä myös mallintamisen osaaminen ja ymmärrys sen tuomista

hyödyistä, lisääntyy, eikä urakoitsijoille tarvitse enää asettaa kannustimia tietomallien käyttöön. Tietomallivaatimusten kehittyessä, voidaan näihin nojautua urakoissa ja urakoitsijan tulee toiminnassaan vaatimusten asettamat ehdot. Toistaiseksi tietomallivaatimukset ovat hyvin yleisluontoiset ja ovat lähinnä suuntaa-antavassa asemassa tietomallintamisen laadunvarmistukseen nähden.

Tietomallipohjaisuus vähentää selvästi hankkeen riskejä urakoitsijan näkökulmasta, koska suunnitelmat ovat täydellisemmät. Lisäksi suunnitelmien visuaalinen tarkastelu nopeuttaa hankkeeseen perehtymistä ja tarjouslaskentaa. Tietomalli on myös erinomainen työkalu vuoropuhelun lisäämiseksi yhteistyön kannalta. Työmaakokouksissa tietomallin tarkastelu selkeyttää asioiden käsittelyä, koska kaikki osapuolet näkevät heti tarkasti, mitä työmaan aluetta käsitellään [10]. Työmaakokouksissa voidaan helposti myös havainnollistaa muun muassa työmaan aikataulun tilannetta sekä seuraavien viikkojen tavoitetta. Keskimäärin kerran viikossa päivitettiin seuraavan kolmen viikon aikataulu. Malliin päivitettiin, mitkä osat olivat konepajalla valmistuksessa, mitkä osat valmiina tai asennettu. Työmaakokouksissa tämä todettiin erittäin käytännölliseksi, sillä aikataulusta sai selkeän kuvan, miten suunnittelu ja toteutus etenevät. Seuraavien viikkojen tavoitteita voidaan havainnollistaa ja myös aikataulun historiatiedot käyvät ilmi mallista [4],[5].

Tietomallin hyödyiksi koettiin tarjouslaskennan kannalta muun muassa työsuunnittelun, määrälaskennan, rakenneliitosten ja yhteyksien visuaalisuus. Tietomallien täydellinen hyödyntäminen vaatii myös muutoksia urakoitsijan toimintatavoissa. Tarvitaan henkilöstön kouluttamista ja asenteiden muuttamista. Tietomallien kanssa työskentelystä aiheutuu myös ylimääräistä ajankäyttöä siitä syystä, että ohjelmistot ja laitteistot toimivat hitaasti tietomallien kanssa. Syrjäisillä työmailla tietoliikenneyhteydet toimivat huonosti, jolloin suurien mallien kanssa työskentely hidastuu [12]. Tietomallien käyttäminen helpottaa suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välistä yhteistyötä. Mikäli suunnittelijoilla ja työmaalla on käytössä samat ohjelmistot, voidaan mallia tarkastella reaaliaikaisesti yhteistyössä, joka nopeuttaa huomattavasti ongelmatilanteiden ratkaisua. Suunnittelun ei myöskään tarvitse tuottaa erikseen työmaalle piirustuksia vaan työmaalla voidaan piirustukset tuottaa tarpeen mukaan [3].

Dokumenttipohjaiseen toimintatapaan verrattuna suurimpana hyötynä nähdään täydellisemmät suunnitelmat. Virheiden määrä vähenee verrattuna dokumenttipohjaiseen toimintatapaan. Suurin ero on eri ulottuvuuksien lisääntyminen. Rakenteen näkeminen todellisessa muodossa on suuri hyöty verrattuna siihen, että mielikuva pitää saada tehtyä paperisuunnitelmien perusteella [9].

5.3 Haasteet ja riskit

Pilottihankkeessa teräsrakenteesta ei ollut esitetty kaikki detaljeja ja hitsejä. Osa suunnitelmista oli esitetty perinteisinä 2D-piirustuksina. Koska suunnitelmia oli esi-

tetty eri muodoissa, syntyi tästä ristiriidan mahdollisuus, joka on ongelma perinteissäkin suunnitelmissa. Mikäli suunnitelmiin tulee muutos, on riskinä se, että muutosta ei huomioida kaikissa piirustuksissa. Vastuu suunnitelmamuutosten päivityksestä on viime kädessä suunnittelijalla. Dokumenttipohjaisesti tietomallin täydentämisessä on myös se riski, että suunnittelijan tulee olla varma siitä, että kaikki tarvittavat asiat on esitetty suunnitelmissa, ja jos jotakin asiaa ei ole esitetty mallissa, niin tulee sen olla esitetty dokumenttisuunnitelmissa. Kaikkia asioita ei ole toisaalta mielekästä esittää mallissa, koska tietomallista voi tulla laitteille hyvinkin raskas käyttää. Pienehkön määrän dokumentteja päivittäminen / muuttaminen on kuitenkin huomattavasti vähemmän riskialtista suunnittelijalle kuin perinteisessä toimintatavassa kaikkien asiaan liittyvien piirustusten ja suunnitelmien päivittäminen. On paljon helpompaa muistaa päivittää muutamia yksittäisiä suunnitelmia, joita ei ole mallinnettu, kuin perinteisesti kaikkien mahdollisten piirustusten päivittäminen yksitellen. Ohjelmistojen ja laitteistojen kehittyessä voidaan kuitenkin olettaa, että tulevaisuudessa voidaan toimia pelkästään tietomallin avulla [4].

Tietomallipohjainen toiminta on kohtalaisen uusi asia infrarakentamisessa verrattuna talonrakentamiseen. Maarakentamisessa ei voida tarkkaan tietää, mitä maanpinnan alapuolella on, joka luo yllättäviä tilanteita verrattuna talonrakentamiseen. Käytännön kokemuksesta saadaan kehitettyä tietomallipohjaista toimintaa. Väyläpuolella tien pituuskaltevuus, sivukaltevuus ja vaakageometria muuttuvat välillä kaikki jopa yhtä aikaa, joten geometrisia muuttujia on huomattavasti enemmän kuin talonrakentamisessa [3].

Infrarakentamisessa kuten silloissa on usein jatkuvia kaarevia rakenteita, joten mallinnusteknisesti talonrakentaminen on hyvin erilaista. Talonrakentamisessa elementit ovat suhteellisen säännöllisiä, jotka toimivat paremmin tietomalleissa. Monimuotoisen, kaarevan geometrian mallintaminen on haastavaa etenkin raudoitteiden osalta. Mallintamisen mahdollisuudet kuitenkin kehittyvät nopeasti. [9.]

Nykyhetkessä riskejä toisaalta aiheuttaa ja toisaalta poistaa toimintatapojen vakiintumattomuus. Hankkeissa voidaan soveltaa tarpeiden mukaan vapaasti erilaisia toimintatapoja, jolloin hankkeen onnistumisen varmistaminen on vaikeasti ennustettavissa. Tietomallipohjaisuus hankkeissa edellyttää tietomallin, eli suunnitelmien, täydellisyyttä. Tällöin suunnittelija joutuu ottamaan kantaa hyvinkin pieniin detaljeihin, joka vähentää urakoitsijan riskejä. Täydelliset suunnitelmat taas johtavat yhä enemmän automatisoituun tuotantoon, kuten koneohjaukseen. Urakoitsijan näkökulmasta tämä ei kuitenkaan poista kaikkia riskejä, sillä samaan tapaan valvontaa, perusmittauksia ja laadunvarmistusta tulee tehdä. [10.]

Tietomallipohjaisen hankintatavan nähtiin myös vaikeuttavan prosessia. Pelkkään tietomalliin pohjautuen tarjouksen tekeminen karsii paljon tarjoajia. Mikäli tietomallista pitäisi saada kaikki määrät ja sen perusteella tehdä tarjous, on se vielä hyvin

vaikeaa, perinteisempään tapaan verrattuna. Urakoitsijat tarvitsevat omilta suunnittelijoiltaan paljon tukea, jotta tietomallista saadaan luotettavasti laskettua määrät. Tällöin roolit muuttuvat siihen suuntaan, että määriä lasketaan suunnittelussa ja tarjouslaskennassa hinnoitellaan [9].

Tietomallipohjaisen toimintatavan riskit muodostuvat siitä, että onko tietomallia osattu käsitellä oikein ja kaikki asiat ymmärretty. Huolellinen perehtyminen on vaikeaa, koska laskenta-aika ja resurssit ovat rajallisia sekä uudenlaisen osaamisen vaatimukset korostuvat. Sama ongelma toisaalta pätee perinteisiin suunnitelmiin. Perinteisissä suunnitelmissa osataan kiinnittää huomioita ongelmallisiin kohtiin, mutta tietomallia käyttäessä kaikkiin detaljeihin ei harjaantumaton osaa kiinnittää huomiota [8].

Tietomallien käytön lisääntyessä hankinnassa tulisi määrät saada helposti tietomallista. Toistaiseksi tarjouslaskennassa ei ole niin paljoa osaamista, että määrien saaminen mallista tapahtuisi helposti. Tietomallipohjaisten hankkeiden lisääntyessä osaaminenkin lisääntyy. Suurin tätä kehitystä hidastava tekijä toistaiseksi on ollut tietomallipohjaisten hankkeiden puute [3].

Hankintavaiheessa suurin haaste oli tietomalli ja sen käsittely. Hankintaprosessissa itsessään ei ollut mitään uutta. Muita haasteita ovat eri osapuolten ja alihankkijoiden valmiuksien rajallisuus, ohjelmistojen puutteellisuus kaarevien rakenteiden käsittelyssä sekä piirustusten tuottamisen työläys. On hyvä asia, että tietoa on nyt paljon ja samassa paikassa, mutta tarvitaan osaamista oikean tiedon löytämiseen [8].

6 Evaluoinnin tulokset, tuotanto

6.1 Ihmiset

Ensimmäinen pääteema haastatteluissa oli ihmiset. Tällä tarkoitetaan hankeosapuolten (tilaaja, rakennuttajakonsultti, pääurakoitsija, suunnittelijat, aliurakoitsijat, tavarantoimittajat ja niin edelleen) välisen yhteistoiminnan toimivuuden ja yhteistointatapojen muuttumisen arviointia, osapuolten roolien muuttumista hankkeessa, tietomallipohjaisen toimintatavan mukanaan tuomien riskien tunnistamista ja hallitsemista sekä eri osapuolten tietomallin käytön kyvykkyyden arviointia.

Yhteistyön eri osapuolten välillä koettiin paranevan tietomallin myötä. Suunnitelmien ollessa havainnollisessa 3D-muodossa, muun muassa ongelmakohtista koettiin olevan helpompaa keskustella kuin perinteisissä urakoissa, joissa ongelmien havainnointikin on jo lähtökohtaisesti hankalampaa. Mallipohjaisessa toiminnassa tulkinnan varaa jää suunnitelmiin vähemmän, jolloin myös ongelmakohdat tulevat paremmin esille kuin 2D-muotoisissa suunnitelmissa ja tätä myötä pystytään keskittämään niiden ratkaisemiseen paremmin. Tietomalliin voidaan jättää suoraan

kommentteja, jolloin keskusteluyhteys muihin osapuoliin ikään kuin automatisoituu, eikä esimerkiksi sähköpostitse käytävää keskustelua ilmene niin paljoa. Isoisänsillan tapauksessa kuitenkin tietoa liikkui edelleen paljon perinteisin menetelmin, sähköpostitse, puhelimen välityksellä, työmaakäynnein ja niin edelleen. Mallia olisi voitu käyttää paremminkin hyväksi tiedonvälityksessä, mutta potentiaali tulevaisuutta silmällä pitäen nähtiin ilmeisenä. [4, 8.]

Tietomallipohjainen toimintatapa tuo mukanaan joitakin uusia rooleja rakennushankkeeseen ja jotkin jo olemassa olevat roolit hankkeessa tulevat muuttumaan. Suurimmat muutokset näkyvät luonnollisesti työmaalla, kun tietomalli viedään sinne tässä laajuudessa. Urakoitsijalla ei yrityksenä ollut aiempaa mallintamisosaamista, joten työmaainsinööristä koulutettiin tietomallivastaava, jonka tehtäviin kuului muun muassa toteutumamallin ylläpito työmaalla. Hän myös laati ja tulosti työmaalla tarvittavat työpiirustukset tietomallista. Tietomallia käytettiin työmaalla niin työntekijöiden perehdytykseen kuin myös jokapäiväisessä työnohjauksessa ja aikataulutuksessa. Lisäksi tilaaja edellytti työmaan väliaikaisrakenteiden ja telineiden mallintamisen rakennemalliin. Nämä uudenlaiset urakoitsijalle asetetut tehtävät luovat tietenkin haasteita työnjohdon tietotekniselle osaamiselle. Näistä haasteista kuitenkin selvitettiin henkilöstön motivaatiolla ja innostuneisuudella. [1.]

Uutena roolina tietomallipohjaiset hankkeet tuovat mukanaan myös tietomallikoordinaattorin. Isoisänsillan hankkeessa tietomallikoordinaattori vastasi lähinnä lähtötietoaineiston oikeellisuudesta, suunnitelmien yhteensovittamisesta ja koordinoimisesta sekä siitä, että jaettu malli on päivitetty oikein. Tietomallikoordinaattori toimi myös suunnittelijan tukena mallintamisessa, sekä auttoi urakoitsijaa laadunhallinnassa ja tietyissä malliin ja mallintamiseen liittyvissä ongelmissa. Tietomallikoordinaattori on myös toiminut osana tilaajan suorittamaa valvontaa. [1., 8.]

6.2 Prosessi

Toinen pääteema haastatteluissa oli prosessi. Tällä tarkoitetaan tietomallin implementointia projektiin, sen mukanaan tuomia uusia haasteita rakennusprojektin hallintaan ja valvontaan, tietomallipohjaisen toiminnan vaikutusta tiedonkulun tehokkuuteen ja toimivuuteen hankkeen eri osapuolten välillä.

Suunnittelu

Suunnittelupuolella tietomallintamista on tehty jo pitkään ja suurin muutos suunnittelijan toimenkuvaan tällaisessa täysin tietomallipohjaisessa hankkeessa onkin urakoitsijalle luovutettava aineisto, tietomalli ja sen mukanaan tuomat uudet vaatimukset. Perinteisesti tietomallintaminen on ollut suunnittelijan työkalu, josta on laadittu piirustukset ja muut suunnitelma-aineistot urakoitsijan käyttöön, nyt luovutetaan tämä tietomalli eteenpäin sellaisenaan. Tämä lisää suunnittelijan työtä, sillä tietomallin tulee olla täydellisempi kuin perinteisesti [13]. Tosin toinen haastateltava mainitsi, että suunnittelijan tietomalli on saman sisältöinen kuin ennenkin, mutta

työmäärän voidaan katsoa vähenevän, kun työläs piirustusten laatimisvaihe jää suunnittelijan työstä pois [14].

Isoisänsillassa oli erittäin vaikea, kolmeen suuntaan kaareva geometria, joka asetti mallintamiselle omia haasteitaan. Perinteisessä suunnittelussa tämä ei välttämättä olisi ollut niin iso asia, mutta koska tietomallilta edellytettiin tarkkuustasoa siten, että sen avulla voidaan todellisuudessa silta rakentaa, mallintaminen huomattiin yllättävänkin hankalaksi ja suunnittelu-aikataulu pääsi hieman venähtämään.

Itse suunnittelu, lujuuslaskelmat, taipumatarkastelut ja niin edelleen, suoritetaan edelleen kuten ennenkin, suunnitelmat vain esitetään tietomallissa havainnollisemmassa muodossa kuin perinteisesti. Toisaalta suunnittelijan on jossain määrin helpompaa havainnoida myös omaa työtään kolmiulotteisessa maailmassa. Tietomallista pystyy halutessaan ottamaan esimerkiksi leikkauksia mistä kohtaa vain sen sijaan, että ne pitäisi päässä havainnoida ja piirtää erikseen kaksiulotteisena, kuten perinteisesti. Tässä mielessä suunnittelijan työ ehkä helpottuu jossain määrin. Kokonaisuudessaan kuitenkin suunnittelijan työmäärä lisääntyy täysin tietomallipohjaisissa hankkeissa. [13.]

Tietomallintaminen vaatii täydellisempää suunnittelua, joka lisää suunnittelijan työtä, joten suunnittelu pitää hankkeissa aloittaa totuttua aikaisemmin. Urakoitsijalla oli kokemusta hankkeesta, jossa tilaajan suunnittelija on tehnyt tietomallin, mutta tilaaja ei ollut sitä vaatinut. Tästä syystä tietomallia ei toimitettu urakoitsijalle, vaan urakoitsija sai suunnitelmat paperidokumenttina. Tämän jälkeen urakoitsija itse mallinsi dokumentin pohjalta tietomallin, jossa myöhemmin havaittiin eroavaisuuksia alkuperäisen tietomallin kanssa [10].

Haastatteluissa tuli ilmi, että suunnittelijoiden kokemusten mukaan tietopyynnöt (engl. Requests For Information, RFIs) olivat hyvin vähäisiä tavanomaisempaan hankkeeseen verrattuna. Tämä havainto on myös samansuuntainen raportin kirjallisuusanalyysissä esitettyjen kansainvälisten tulosten kanssa.

Tilaajan tarpeet, määrälaskenta

Haastatteluissa kävi ilmi, että Isoisänsillan kaltaisessa, täysin tietomallipohjaisessa toimintatavassa tilaajan tarpeet pystytään huomioimaan ja täyttämään paremmin kuin perinteisessä menettelyssä. Tilaajan sitoutuessa muun muassa mallista saamiinsa määrätietoihin yksikköhintaisessa kokonaisurakassa, muut urakan osapuolet pystyvät keskittymään olennaiseen ja normaalisti määrälaskentaan käytetty aika pienenee huomattavasti. Tämän lisäksi urakoitsijan ja tilaajan luottaessa siihen, että määrät ovat oikein urakkatarjouksista jää normaalisti määrälaskennan epätarkkuuteen liittyvää niin sanottua riskirahaa hinnoittelematta, mikä vaikuttaa suoraan urakan tarjoushintoihin pienentävästi. Tämän nähdään johtuneen määrälaskennan tarkkuudesta sekä siitä, että voidaan havainnollisen suunnitelma-aineiston ansiosta tarkemmin suunnitella aikataulua sekä tuotannon läpivientiä aikaisemmassa vaiheessa.

Itse malliin liittyneitä ja siitä johtuneita lisä- ja muutostöitä hankkeessa ei ole tullut vastaan, vaan nämä ovat johtuneet muista asioista, joita rakennushankkeessa tulee väkisininkin vastaan, kuten maanrakentamiseen liittyvistä yllätyksistä. [4.]

Urakoitsija ja tietomallin käyttö työmaalla

Urakoitsijan näkökulmasta tietomallin sisällyttämisessä toimintaan on kriittisintä ymmärtää, mitä haluaa missäkin tilanteessa tehdä mallin avulla ja miten kyseiset toimenpiteet teknisesti toteutetaan mallissa. Esimerkiksi rakennustuotannossa on keskeistä mittatiedon käsittely, miten mallista löytyvät mittatiedot, miten paikalleen mittaustiedot viedään malliin, missä muodossa mittatiedot annetaan rakennusmittaajalle, miten verrataan toteutuneita mittatietoja suunnitelmiin ja niin edelleen. Myös asennus- ja paikallavalutoleranssien ja niissä pysymisen tarkastaminen on oleellista. Tietomalli ja sen käyttäminen tuovat näihin omat haasteensa, joista kuitenkin Isoisänsillassa on selvitty hyvin.

Osa suunnittelijan vastuusta ja toimenkuvasta on myös siirtynyt työmaalle muun muassa työpiirustusten laadinnan myötä. Tärkeintä tässä urakoitsijan näkökulmasta on varmistaa, että kaikki oleellinen tieto sisältyy piirustuksiin ja toisaalta, ettei piirustuksissa esiinny ylimääristä, epäoleellista tietoa. Rakenteiden tulee ehdottomasti myös olla esitetty oikein ja on tärkeää tulkita oikein, mitä suunnittelija on halunnut esittää. Piirustusten laadinnan kannalta on oleellista tietää ja ymmärtää, miten tietomalli on laadittu. Kaikkea ei myöskään ole voitu mallissa esittää, joten tiettyjen asioiden, kuten päällystemateriaalien, sisällyttäminen piirustuksiin on tärkeää. Toki suunnittelija on nämä tiedot toimittanut muissa formaateissa urakoitsijalle, mutta tässä toiminnassa on vaara, että tietoa jää huomaamatta ja huomioimatta. On kuitenkin kokonaisuudessaan hyvä, että työpiirustuksia voidaan nopealla aikataululla laatia sitä mukaa, kun niitä on tarve saada työntekijöille. [1.]

Yhteistyö urakoitsijan ja siltasuunnittelijan välillä

Urakoitsija on myös kokenut, että tietomallintaminen on edistänyt ja helpottanut niin työnsuunnittelua kuin yhteistyötä siltasuunnittelijan kanssa. Työnsuunnittelun on koettu helpottuvan havainnollisen suunnitelma-aineiston avulla muun muassa, koska on mallinnettu työnaikaiset telineet. Myös itse rakenteen hahmottaminen helpottuu ja tätä kautta työn- ja aikataulun suunnittelu. Yhteistyö suunnittelijan kanssa on myös helpottunut, sillä on voitu paremmin huomata työteknisesti hankalia kohtia mallissa paremmin kuin perinteisistä suunnitelmista käy ilmi.

Esimerkiksi sillan peruslaatoissa raudoitteet päädyttiin urakoitsijan esityksestä toteuttamaan kolmesta raudoite-elementistä raudoiteverkoin tapahtuvan asennustavan sijasta työteknisistä syistä. Tässä tapauksessa, kuten yleensäkin urakoitsijan puolelta tulleet muutosehdotukset, lähetettiin sähköpostilla suunnittelijalle ja havainnollistettiin kuvakaappauksin. Tällaiset muutokset olisi ollut teknisesti täysin mahdollista hoitaa mallipohjaisestikin ja jatkossa onkin tärkeää sopia etukäteen, miten muutosten hallinta tulisi hoitaa mallipohjaisesti. Suunnittelijan puolelta tulleet

muutokset Isoisänsillassa toteutettiin niin, että suunnittelija toimitti urakoitsijalle pienen, niin sanotun revisiomallin, joka sisälsi vain kyseisen muutoskohdan. Urakoitsija liitti tämän myöhemmin jaettuun yhdistelmämalliin. [1.]

Laatutiedon hallinta

Eräs urakkaan liittyvä tietomallivaatimus oli se, että urakoitsijan tulee linkittää laatudokumentit malliin. Urakoitsija vei siis projektipankkiin siltaa koskevat laatusuunnitelmat, -dokumentit sekä -raportit ja loi niihin johtavat linkit tietomalliin. Tämä nähtiin kömpelönä toimintatapana niin urakoitsijan kuin valvonnankin puolelta. Urakan tietomallivaatimuksissa ei myöskään rajattu linkitettävien dokumenttien määrää tai laajuutta, joten urakoitsijan on täytynyt nähdä todella suuri vaiva jokaisen rakennushankkeeseen liittyvän laatudokumentin linkittämiseen.

Jatkossa olisi varmasti järkevämpää vähintäänkin rajata linkitettävien dokumenttien laajuutta tai siirtyä kokonaisuudessaan laatutiedon ilmaisemiseen suoraan tietomallissa, jos se teknisesti todetaan mahdolliseksi ja järkeväksi. Esimerkiksi betonin suhteutustiedot voitaisiin saada betonitehtailta suoraan sähköisenä tietomalliin. Tämä ei vielä tällä hetkellä ole varmasti teknisesti tai toiminnallisesti mahdollista, mutta alan kehittyessä tähän suuntaan toivotaan päästävän. [1., 4.]

Betoniraudotteiden mallintaminen

Isoisänsillan hankkeessa betoniraudotteet tilattiin ja tuotettiin mallipohjaisesti. Isoisänsillan hankkeessa, joka oli raudoitetoimittajan ensimmäinen täysin tietomallipohjainen hanke, urakoitsija toimitti tietomallin ja raudoitetoimittaja laati tämän pohjalta raudoiteluettelot omaan tuotantonsa. Raudoitetoimittajalla on hyvät valmiudet tietomallien hyödyntämiseen omassa tuotannossaan ja sen suunnittelussa. Suurin ongelma raudoitetoimittajan näkökulmasta tietomallin täydelliseen hyödyntämiseen onkin urakoitsijalta saatavan tietomallin täydellisyys ja tarkkuus. Esimerkiksi terästen looginen nimeäminen on oleellista raudoiteluetteloitten laadinnan kannalta ja Isoisänsillan tapauksessa raudoitetoimittaja joutuikin mallintamaan joitakin raudotteita itse saamaansa malliin sekä jossain määrin muokkaamaan ja nimeämään uudelleen jo mallinnettuja raudotteita, jotta voitiin mallipohjaisesti tuottaa raudoiteluettelot. [6.]

Liikennevirasto julkaisi omat siltojen tietomallinnusohjeensa kesäkuussa 2014, mutta esimerkiksi Isoisänsillan suunnitteluvaiheessa alalla ei vielä ollut vastaavia, kattavia ohjeistuksia. Nykyään monet tietomallipohjaiset siltahankkeet toteutetaankin juuri liikenneviraston ohjeiden mukaisesti, mikä on raudoitetoimittajan mielestä askel eteenpäin myös heidän työtään silmällä pitäen.

Vaikka Isoisänsillassa tietomallin täydellinen hyödyntäminen ei aivan onnistunutkaan, raudoitetoimittajan päässä nähtiin ilmeisenä kuitenkin, että virheiden määrä pienenee raudoiteluetteloita yms. laadittaessa. Verrattessa perinteisiin suunnitelmiin, joissa raudoitetoimittaja joutuu käsin syöttämään suurissa hankkeissa satoja

raudoitteita, joissa jokaisessa on monta parametria, tietomallipohjainen suunnittelu on ylivoimaisesti tehokkaampi tapa toimia. Käsien syötettäessä pitkiä raudoiteluetteita on lähes väistämätöntä, että jossain vaiheessa käy näppäilyvirhe, joka koustuu viimeistään tuotantovaiheessa. Tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastaminen on huomattavasti helpompaa ja nopeampaa, kuin perinteisten raudoituspiirustusten läpi käyminen yksitellen. [6.]

Bonus-sanktiojärjestelmä

Pilottihankkeessa käytettiin bonus-sanktiojärjestelmää, jolla pyrittiin saamaan urakoitsija hyödyntämään tietomallia projektikonsultin määrittämien kriteerien perusteella. Urakoitsija raportoi bonus-sanktio-järjestelmän kriteerien toteutumista, sekä kommentoi oliko bonus-sanktio -järjestelmän kohta hyödyllinen ja millä tavalla. Bonuksien ja sanktioiden hintavaikutus ei ole hankkeeseen merkittävä, mutta kuitenkin sen verran suuri, että sillä pystyy kiinnittämään yhden tietomalliosaaajan työmaalle. Bonus-sanktio-järjestelmä oli pilottihankkeen kannalta tärkeä, jotta saadaan urakoitsija kehittämään osaamistaan [4].

Bonus-sanktio -kriteereiden määrittäminen tapahtuu tilaajan vaatimusten mukaan. Tilaaja voi haluta, että toteumamalli luovutetaan, jotta sen tietoa voidaan hyödyntää ylläpitovaiheessa. Tilaaja voi myös haluta, että koko hankkeen elinkaaren aikana hyödynnetään tietomallia mahdollisimman paljon. Tärkeää kuitenkin on, että tilaaja kertoisi myös mitä itse aikoo mallilla tehdä, eikä vain esitä vaatimuksia urakoitsijoille. Näin urakoitsijakin voi ymmärtää, miksi tilaaja vaati urakoitsijalta joitain asioita mallintamisesta, josta ei ole välttämättä suoraa näkyvää hyötyä urakoitsijalle [3].

Bonus-sanktio -järjestelmä on kehitysvaiheessa todella tärkeässä osassa. Kaikkien hankkeen osapuolten tulee kuitenkin olla mukana tietomalliosaamisen kehittämisessä. Konsulteilta tulee edellyttää samaa osaamista kuin urakoitsijalta, jotta tietomallipohjaista toimintaa pystytään valvomaan [9].

Isoisänsillassa haluttiin kokeilla telinesuunnitelmien ja työn aikaisten rakenteiden mallintamista, ja siitä oli luvassa bonus. Vastaavanlaisten asioiden, jotka eivät ole taloudellisesti urakoitsijalle kannattavia, kokeileminen bonusten kautta on kannattavaa. Telineiden tai työsilta rakenteiden mallintaminen ei ole urakoitsijalle taloudellisesti kannattavaa toimintaa [9]. Urakoitsija pyrkii tarjouksissaan antamaan aina mahdollisimman alhaisen hinnan. Ilman bonuksia urakoitsija ei mallintaisi työsiltoja tai telineitä, koska perinteisellä 2D-piirustusmenetelmällä tämä tulisi edullisemmaksi.

Bonus-sanktio-järjestelmää ei kuitenkaan välttämättä tarvita, jos tilaaja on tarkkaan ja selkeästi määritellyt tietomallivaatimukset tarjouspyyntöaineistossa. Mikäli tarjous ei ole näiden vaatimusten mukainen, tarjous hylätään. Vaatimuksiin voidaan myös sisällyttää, miten urakoitsijan tulee käyttää tietomallia työn aikana. Bonus-

sanktio -järjestelmä on kehitysvaiheen työkalu kannustamaan urakoitsijoiden tietomalliosaamisen kehittämistä. Tulevaisuudessa osaamisen ja käytäntöjen yleistyessä, ovat todennäköisesti tietomallivaatimukset sisältävä urakan hankinta yleisempi muoto, kuin bonus-sanktio-järjestelmän sisällyttäminen urakkaan [9].

Pilottihankkeessa bonus-sanktio-järjestelmää pidettiin siis varsin onnistuneena ratkaisuna. Tosin kaikki kohdat bonus-sanktio-järjestelmän kriteereistä eivät välttämättä olleet oleellisia asioita urakoitsijalle. Bonus-sanktio-järjestelmä on tilaajan väline ilmaista omaa tahtotilaansa ja tavoitteita urakoitsijalle [10]. Toisaalta se myös motivoi urakoitsijoita käyttämään tietomallia ja hyödyntämään sitä mahdollisimman laajasti. Tietomallien yleistyessä bonus-sanktio-järjestelmä ei ole enää tarpeellinen [8].

6.3 Mallin hyödyt aliurakoinnissa

Tällä hetkellä ei ole vakiintuneita mallinnustapoja. Jokaisen hankkeen osalta pitää käydä keskustelua siitä, mitä mallinnetaan ja kuinka paljon. Aliurakoitsijoille ei välttämättä ole valmiuksia hyödyntää tietomallia, ja mallin hyödyntäminen on pääurakoitsijan koordinoimaa. Tilaajan tarpeet saattavat olla hyvinkin erilaiset käyttötapausten suhteen. Suunnittelijat, tilaajat ja urakoitsijat käyttävät kaikki tietomalleja aivan omalla tavallaan ja eri asioihin [10].

Konekuskeille opetetaan työkoneautomaatiota ja nykyään kuskeilta edellytetään työkoneautomaation osaamista, sillä ilman osaamista työtä ei tarjota. Toisaalta vaadittaessa toimijoilta uusien työtapojen opettelua, täytyy koulutukseen ja avun antamiseen osallistua tai jopa tuottaa se itse [3].

Vaikka tarjouspyyntöaineisto oli uudenlainen Isoisänsillan hankinnassa, oli tarjoaminen urakoitsijalle ongelmattonta, koska määrät olivat valmiiksi annettu ja tietomallin tarkastelu helppoa. Ongelmallista on alihankintaketjun liittäminen tähän toimintatapaan. Pyydettyäessä alihankintatarjousta, pitää urakoitsijan tuottaa itse kuvat tietomallista alihankkijalle, joka hidastaa prosessia. Pienimmillä toimijoilla ei ole valmiuksia tietomallien käyttöön, mutta Isoisänsillan tapauksessa teräsrakenteen osalta konepajoilla oli hyvät valmiudet teollisuuden puolella tietomallipohjaiseen toimintaan. Tietomallin ilmaiset katseluohjelmistot olivat joidenkin alihankkijoiden käytössä määräluettelon lisäksi. [8.]

Tietomalli toimitettiin myös konepajalle IFC-muodossa materiaaliluetteloiden lisäksi. Tietomallin koettiin konepajan puolesta helpottavan niin tarjouslaskentaa kuin myös vaikean geometrian hahmottamista ja siten tuotannon suunnittelua. Myös yhteistyön urakoitsijaan ja suunnittelijaan päin todettiin toimineen erinomaisesti, jopa paremmin kuin perinteisesti suunnitelluissa hankkeissa. Muutokset ja

ongelmakohdat tulevat paremmin tietomallissa esille, mikä luonnollisesti auttaa myös yhteistoiminnassa eri osapuolten välillä.

Alihankkijoiden, etenkin konepajan ja raudoitetoimittajan, puolelta annettiin palautetta, että täysin tietomallipohjaisissa hankkeissa olisi parempi päästä ketjuun mukaan entistä aiemmassa vaiheessa. Tietomallit eivät ole täydellisiä vielä tänä päivänä ja alihankkijoiden puolella joudutaan tekemään, pienempiä tai suurempia, muutoksia suunnitelmiin, jotta niitä voidaan hyödyntää kunnolla alihankkijoiden puolella. [6, 7].

Kokonaisuudessaan kaikkien osapuolten osalta todettiin riskien vähenevän. Toimintatavan tullessa alalla tutummaksi ja mallinnusperiaatteiden vakiintuessa on oletettavaa, että mallien tarkkuus ja käytettävyys paranevat entisestään, mikä näkyy muun muassa määrälaskennan lisääntyneenä tarkkuutena sekä tehostuneena tuotannon ohjauksena. Kaikki tämä johtaa lopulta kustannussäästöihin.

6.4 Teknologia

Kolmas pääteema haastatteluissa oli teknologia, jolla tarkoitetaan teknologisiin asioihin liittyviä ongelmakohtia ja pullonkauloja tietomallin hyödyntämisessä parhaassa mahdollisessa kapasiteetissaan rakennushankkeessa. Kuten aiemmin on mainittu, suunnittelussa tietomallintaminen on jo tänä päivänä arkipäivää. Kuitenkin edelleen vaikeassa geometriassa, kuten Isoisänsillassa, suunnittelijoilla on ongelmia esittää raudoitukset monimutkaiseen betonirakenteeseen. Tämä aiheuttaa myös raudoitetoimittajalle lisähaasteita. [13, 6.]

Nykyiset ohjelmistot ovat enemmänkin suunnitteluohjelmistoja, eivätkä välttämättä ole rakentamisen toteuttamiseen tarkoitettu. Tietomallipohjaisen urakan ongelmana onkin se, ettei urakoitsijalla ole työkaluja tehdä sitä, mitä haluaisi tehdä. Monet urakointiyritykset ovat kehittäneet omia työkalujaan täydentääkseen tietomallinuso-ohjelmistojen puutteet. Esimerkiksi Tekla Structures, joka oli pilottihankkeessa keskeisin tietomalliohjelmisto, on suunnitteluohjelmisto. Urakoitsijat pitävät tätä ohjelmistoa aivan liian monimutkaisena työmaatoiminnassa. Suurilla rakennusliikkeillä saattaa olla työmailla käytössä lukuisia erilaisia järjestelmiä, joiden lisäksi työmaainsinöörin pitäisi hallita raskas tietomalliohjelmisto. Vaikeiden ohjelmistojen kouluttaminen työntekijöille on riskialtista eikä urakoitsijan näkökulmasta kannattavaa. Mikäli ohjelmisto ei ole työntekijällä aktiivisessa käytössä, saattaa osaaminen unohtua ja kouluttautuminen on siten ollut tarpeetonta [10].

Myös itse vaikean betoni- ja teräsgeometrian esittäminen on joissain tapauksissa hankalaa. Tietyissä tilanteissa voi olla hankalaa määritellä, millä työkaluilla ja miten tulisi mallintaa monimutkainen geometria [15.] Tämä on toki parantunut Isoisänsil-

lan suunnitteluvaiheen jälkeen muun muassa Yleisten tieto- ja inframallivaatimusten myötä. Hankkeen aikana päädyttiin vaihtamaan käytettyä ohjelmistoversiota versiosta 18.0 versioon 20.0. Tässä muutoksessa ei ollut suurta ongelmaa, tietomallikoordinaattorit hoitivat eri versioilla toteutettujen mallien yhteensovittamisen ja tarkastukset. Jatkossa olisi kuitenkin toivottavaa, että hankkeissa pärjättäisiin yhdellä ohjelmistoversiolla alusta loppuun saakka. [13.]

Konepajalla tehtiin malliin pieniä geometrisia korjauksia rakenteiden mallinnustavasta johtuen, mikä aiheuttaa lisätyötä. Muuten konepajalla ei ollut suurta ongelmaa mallin hyödyntämisessä. Konepajalla ei vielä ole mahdollisuutta siirtää tietomallia suoraan omaan tuotantoonsa ja sen pohjalta luodaan edelleen tarvittavat piirustukset, joita hyödynnetään tuotannossa. Konepaja näki kuitenkin, että tulevaisuudessa tietomallit tulleen viemään suoraan tuotantoon, jolloin toiminta tulee entistään tehostumaan. [7.]

Tietomalliohjelmistot ovat nykyisellään pääasiassa suunnittelijoille tarkoitettuja, ja vaativat syvällistä perehtymistä, jotta näitä pystyttäisiin käyttää sujuvasti. Tietomalliohjelmistoista voisi olla versiot, jotka on suunnattu nimenomaan urakoitsijoille. Käyttöliittymän tulisi olla yksinkertaisempi ja sen tulisi sisältää vain kaikista oleellimmat työkalut, kuten poikkileikkaus piirustuksen tai mitat saisi nopeasti ja helposti. Tällä hetkellä mallinnusohjelman käyttämisen osaaminen on liian keskeisessä asemassa [4].

Kattavia suunnittelun mallinnusohjelmistoja, joita tässä hankkeessa työmaalla hyödynnettiin, hallitsee vain harva urakointiliikkeen edustaja. Jokaiselle työmaalle ei ole perusteltua palkata omaa mallintajaa. Tietomallipohjaisten hankkeiden yleistyessä, tulisi tietomallityökalujen yksinkertaistua ja muuttua helppokäyttöisemmiksi, jotta niitä olisi mielekästä ja tehokasta opetella ja käyttää [10].

Työmaakäytössä ohjelmistot voisivat olla yksinkertaisempia, mikäli työmaalla ei tarvitse mallintaa. Työmaaohjelmistolla voisi esimerkiksi tarkastella tarketiedostoja. Tietomallista tulee saada tarvittava tieto tuotettua, mutta myös jalostettua siihen muotoon, että tietomallinnuksessa harjaantumattomatkin työntekijät ymmärtävät sitä [1, 8].

6.5 Johtopäätökset haastattelujen perusteella

Tietomallintaminen on mennyt selvästi eteenpäin Suomessa viime vuosina. Perinteisesti mallintaminen on nähty suunnittelijan työkaluna, mutta on nähtävissä, että alalla on herännyt halu viedä tietomallintamista eteenpäin ja ottaa siitä kaikki mahdollinen hyöty irti. Tämä tarkoittaa Isoisänsillan kaltaisten rohkeiden pilottikohteiden, joissa vaaditaan tietomallintamista ja sen kattavaa hyödyntämistä läpi hank-

keen, yleistymistä tulevaisuudessa, mikä puolestaan johtaa koko alalla kustannussäästöihin ja muutenkin hankkeiden läpiviennin tehostumiseen kautta linjan. Tämä on käynyt selväksi Isoisänsillassa ja jo sitä edeltäneessä Crusellin sillassa.

Tietomallintamisella on selvää potentiaalia tehostaa hankkeiden läpiviemistä ja parantaa osapuolten välistä yhteistoimintaa hankkeissa. On kuitenkin tärkeää muistaa tässä kohtaa, ettei alalla vielä tänä päivänä ole täydellisiä valmiuksia siirtyä täysin tietomallipohjaiseen toimintaan. Muun muassa perinteisiä piirustuksia tarvitaan edelleen ja tullaan luultavasti tarvitsemaan aina, eikä etenkin pienillä urakoitsijoilla, tilaajilla tai edes suunnittelijoilla ole riittävästi osaamista liittyen tietomallintamiseen. Tämä tarkoittaa, että alan on kokonaisuutena löydettävä ja ymmärrettävä tietomallintamisen tuomat edut ja tähän tarvitaan jatkossa huomattava määrä koulutusta, tiedottamista sekä kokemusta ja dokumentointia näistä hankkeista.

Isoisänsillan kaltaisilla hankkeilla voidaan osoittaa, että vaikka esimerkiksi piirustuksia tarvitaan edelleen, saadaan tietomallipohjaisesta toiminnasta konkreettisia hyötyjä koko hanketta silmällä pitäen. Tästä osoituksena on muun muassa suunnitelmien havainnollisuuden lisääntyminen, millä on itsessään jo monia etuja, kuten suunnittelu- ja tulkintavirheiden huomattava väheneminen. Isoisänsillassa urakoitsija on myös osoittanut, että motivaatiolla ja oikealla suhtautumisella asiaan kokemattomallakin urakoitsijalla on mahdollisuus laatia tietomallista tarvitsemansa piirustukset ja käyttää tietomallia todella hyödyksi niin työntekijöiden perehdyttämisessä, työhohjauksessa kuin rakentamisen suunnittelussa. Aikataulun suunnittelu ja seuranta helpottuvat myös huomattavasti tietomallin havainnollisuuden myötä verrattuna esimerkiksi perinteisiin jana-aikatauluihin.

Isoisänsilta on tuonut hyvin esiin sen, että henkilöstön motivaatiolla ja innokkuudella voidaan päästä yli uuden toimintatavan asettamista haasteista, kuten tekniestä kokemattomuudesta urakointiyrityksessä. Tämän toivoisi lisäävän myös pienempien urakoitsijoiden ja tilaajien uskaliaisuutta tutustua tietomallintamiseen ja sen tuomiin etuihin ja kouluttautua hyödyntämään tietomalleja omissa hankkeissaan entistä laajemmin. Muutos ja siirtyminen täysin tietomallipohjaiseen toimintaan ei missään tapauksessa tule tapahtumaan yhdessä päivässä ja tarvitaan Isoisänsillan kaltaisia hankkeita lisää, joissa konkreettisesti osoitetaan tietomallintamisen laajan hyödyntämisen tuomat edut, kuten suunnitelmien parantunut laatu, työmaan aikataulun seurannan ja suunnittelun helpottuminen ja tarkentuminen, rakentamisen toteutuksen suunnittelun uudet työkalut, määrälaskennan tarkentuminen ja niin edelleen. Vain tällä tavalla saadaan vietyä alaa kokonaisuutena eteenpäin ja vähitellen tilaajat alkavat varmasti vaatia tietomallin laajempaa hyödyntämistä.

Isoisänsillan hankkeen tarjousvaiheen tietomalliseminaarit ovat hyvä tapa saada tarjoajat samalle viivalle tietomallin sisällön ja sen käytön suhteen. Nykytilanteessa, jossa urakoitsijoilla ei vielä välttämättä ole tarvittavaa teknistä osaamista tietomallin täydelliseen hyödyntämiseen, on tärkeitä tilaajan puolelta vastata siitä, että kaikki

tarjoajat ymmärtävät, mitä suunnitelmat pitävät sisällään ja mitä heiltä odotetaan tietomallin käyttöön liittyen. Tämä toimintamuoto on varmasti hyvä jatkossakin, varsinkin tässä siirtymävaiheessa tietomallipohjaiseen toimintaan.

Yhteistyön hankkeen eri osapuolten välillä voidaan sanoa parantuneen täysin tietomallipohjaisen toiminnan myötä. Suunnitelmiin jää huomattavasti vähemmän tulokinnan varaa kuin perinteisiin paperipiirustuksiin ja suunnitelmiin, joten osapuolilla on yhtenäisempi käsitys suunnitelmien sisällöstä ja hankkeeseen tutustumisaika pienenee. Tämä antaa myös esimerkiksi urakoitsijalle paremmat valmiudet kommentoida suunnitelmien sisältöä, jolloin muun muassa tuotannon ja aikataulun suunnittelu tehostuu. Suunnittelijalle tällainen toimintamallipohjainen toiminta tuo lisää työtä. Urakoitsijalle luovutettavan tietomallin täytyy tietosisällöltään olla täydellisempi kuin perinteisissä, niin sanotuissa hybridihankkeissa, joissa tietomalli on toiminut ainoastaan suunnittelijan työkaluna. Urakoitsijan käyttäessä tietomallia omassa työnohjauksessaan ja –suunnittelussaan täytyy suunnittelijan esittää mahdollisimman tarkasti suunnitelmansa tietomallissa, jotta urakoitsija todella pystyy sitä työmaalla käyttämään tarvitsemassaan laajuudessa. Onkin tärkeätä varmistaa varsinkin hankkeen alkuvaiheessa, että suunnittelulle varataan ennen rakentamisen aloittamista riittävästi aikaa. Epätäydellisestä urakoitsijalle luovutettavasta lähtötietomallista on vain haittaa koko hankkeelle ja pitää myös varmistaa, että mallipohjaisesti laadittaessa määräluettelot niihin voidaan todellisuudessa luottaa. Tämä voidaan varmistaa vain varaamalla suunnittelulle riittävästi aikaa.

Tietomallia hyödynnettäessä tässä laajuudessa työmaalla osa suunnittelijan vastuusta siirtyy väkisininkin urakoitsijalle. Urakoitsija on kuitenkin Isoisänsillassa selvinnyt tietomallin käytöstä hyvin, muun muassa työpiirustusten laadinnassa ei suuria ongelmia ole ollut. Suunnittelija ei myöskään ole voinut, ja tuskin koskaan voikaan, esittää kaikkea mahdollista rakenteisiin liittyvää tietoa tietomallissa, joten urakoitsijan on huomattava mallin mahdolliset puutteet. Tämä luo riskin, että osa tiedosta jää hyödyntämättä ja että tietoa hukkuu tiedonsiirtoketjussa. Urakoitsijan ja suunnittelijoiden välinen kiinteä yhteistyö on ehdoton edellytys tietomallin käytön onnistumiselle.

Kokonaisuudessaan kuitenkin urakoitsijalla on huomattavasti enemmän tietoa paremmin saatavilla kuin perinteisissä hankkeissa, joissa tieto on enemmän levällään piirustuksissa, dokumenteissa, sähköpostien liitteinä ja kokonaisuudessaan hankalammin luettavissa, mikä on ehdottomasti hyvä asia. Tässä on vielä kehitettävää ja vaaditaankin panostuksia niin ohjelmistokehittäjien kuin käyttäjienkin puolelta siihen, että mahdollisimman suuri osa kaikesta hankkeeseen liittyvästä tiedosta olisi sidottuna tietomalliin ja tätä kautta luettavissa kaikilla osapuolilla reaaliajassa yhdessä, selkeässä ja ennalta määrätyssä paikassa.

Kokonaisuudessaan täysin tietomallipohjainen hanke ei muuta valvonnan roolia perinteisestä, mutta tuo siihen helpottavia työkaluja, ja tekee muun muassa aikataulun

seurannasta helpompaa ja havainnollisempaa. Myös mallin puutteiden ja riskitekijöiden havainnointi ja niistä informoiminen helpottuvat. Tämä edes auttaa myös urakoitsijan toimintaa, kun valvonnan kommentit ovat suoraan reaaliajassa luettavissa tietomallista oikeasta kohtaa. Lisäksi haastatteluissa kävi ilmi, että tietomallipohjaisessa hankkeessa valvonnan tarve ja työmäärä vähenevät ainakin jonkin verran, joka voi näkyä tulevaisuudessa hankkeen kustannushyötyinä.

Hankkeen alkuvaiheessa kuitenkin rakennuttamisen ja valvonnan kokonaistyömäärä hieman lisääntyy, ainakin näin siirtymävaiheessa, kun joudutaan enemmän ottamaan selvää esimerkiksi, miten malli on rakennettu.

Tietomallit edistävät myös tavarantoimittajien toimintaa. Virheiden määrä pienenee tuntuvasti verrattuna perinteisesti läpi vietyihin hankkeisiin, sillä tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastaminen on helpompaa kuin ison kasan paperisia tai pdf-muotoisia 2D-piirustuksia.

Tosin on huomattava, että tänä päivänä tietomallit eivät vielä ole riittävän tarkkoja tavarantoimittajien tarpeisiin, jotta he pystyisivät niitä hyödyntämään sellaisinaan omassa tuotannossaan. Johtuuko tämä sitten tietoteknisistä syistä vai osaamisesta, on hankala arvioida. On kuitenkin selvää, että toimintatapojen vakiintuessa, ohjelmistojen kehittyessä ja yleisten ohjeiden tullessa laajempaan käyttöön sekä Isoisänsiltaa vastaavien hankkeiden lisääntyessä kaikkien osapuolten, ei vain tavarantoimittajien, kannalta tietomallit tulevat edesauttamaan hankkeiden läpivientiä entistä tehokkaammin ja tuottavammin.

7 Tietomallien käytön hyötyjen tarkastelu case-hankkeessa

7.1 Hankkeen osapuolten kokemat hyödyt

Hankkeen loppuvaiheessa osapuolilta pyydettiin vielä loppuarviota tietomallien koetuista hyödyistä hankkeessa, jotka on koottu taulukkoon 2. Taulukossa ensimmäinen sarake kuvaa hankkeen vaiheita, toisessa sarakkeessa on kuvattu sisältöä sekä hyötykohdetta tarkemmin ja viimeiseen sarakkeeseen on koottu yksityiskohdaisemmin case-hankkeen osapuolten kokemia hyötyjä. Taulukossa esitetään myös esille tulleita varauksia tai ongelmakohtia hyötyjen todentamiselle ja parhaan lopputuloksen saavuttamiselle.

Taulukko 2. Osapuolten koetut hyödyt case-hankkeessa

KOHDE	SISÄLTÖ	KOETUT HYÖDYT
Tarjousvaihe	Tarjousasiakirjoissa oli mukana malli ja siihen perustuva määräluettelo	Suunnittelija teki määräluettelot mallista, koska tuntee kohteen. Tämä ei lisää suunnittelijan työmäärää. Urakoitsijan työmäärä vähentyi ja kaikki tarjoukset perustuvat samaan määrätietoon Mallin tarkastelu antaa mahdollisuuden vaihtoehtoisten ratkaisuiden hahmottamiselle Mallin tarkastelu mahdollistaa riskipaikkojen kartoittamisen ja aiemman ja tehokkaamman työnsuunnittelun Helpottaa aliurakoitsijoiden työn hinnoittelua
	<i>Vaatii vielä toistaiseksi kuitenkin tietomallin toiminnallisuuden ja puutteiden selventämistä tarjoajaehdokkaille, joka lisää osaltaan tilaajan/rakennuttajan suunnitteluvaiheen työmäärää ja suunnittelukustannuksia.</i>	
Kustannuslaskenta	Määräluetteloiden tarkkuus, jota esim. verrattiin suunnittelijan suunnitelmiin ja piirustuksiin	Laskennan tarkkuus kasvaa jonkin verran Määrien hallinta helpompaa Tarjouksen riskilisä pienenee Suunnitelmapuutteet pystytään huomioimaan aikaisessa vaiheessa Alhaisemmat lisä- ja muutostyövaraukset

	<i>Mallia täydennettiin pdf-piirustuksilla niiden detaljien osalta, joita ei mallissa ole esitetty.</i> <i>Miten pystytään huomioimaan mallintamattomat asiat? Usein piirustuksista mallin virheet tulevat paremmin esille.</i>	
Riskit	Urakoitsijoiden riskit vähenevät yksikköhintaisen kilpailutuksen myötä Riskien maltillisempi hinnoittelu vrt. perinteisempään urakkaan Tuotannon riskit vähenevät jaetun mallin läpinäkyvyyden ja tiedon siirron yksiselitteisyyden myötä Tuotannossa uudenlaisia riskejä, kun piirustuksia tuotetaan mallista työmaalla	Riskien pienempi hinnoittelu alentaa tarjoushintoja Suunnitteluratkaisuiden tulkintariski vähenee Eri tekniikkalajien suunnitelmien yhteensovitus helpompaa Saadaan nopealla aikataululla tuotettua tarvittavat piirustukset - vaatii kuitenkin osaamista työmaahenkilökunnalta
	<i>Onko tilaajalle tehokkain tapa tuottaa piirustukset? Suunnittelijat tuntevat mallin paremmin ja voitaisiin esim. karsia piirustusten tietosisältöä palvelemaan tuotantoa paremmin. Voi aiheuttaa ristiriitatilanteita jatkossa.</i>	
Visuaalisuus ja havainnollisuus	Kohde nopeammin ymmärrettäväksi Visuaalisuus hyödyntää erityisesti monimutkaista geometriaa sisältävissä kohteissa Rakennekohtainen tieto löydettävissä nopeammin kuin perinteisessä toimintatavassa Erikokoisten muotojen ymmärtäminen Havainnollistava mallintaminen esim. voimalinjan mittaus ja turva-alue	Kaksoiskaarevan rakenteen suunnittelu ei olisi ollut mahdollista tai kohtuullisen työmäärän rajoissa ilman tietomallipohjaista suunnittelumenetelyä Hyödyt kohteen virheettömyyteen Suunnitelmien visuaalinen tarkastelumahdollisuus vähentää virheitä ja helpottaa yhteensovitusta Yksityiskohtien parempi hallinta Työnsuunnittelun tehostuminen Kaikkien osapuolten kohteeseen tutustuminen on ollut helpompaa mallin avulla

Urakan toteutus ja projektinhallinta	Telineiden toteutus nopeutui jonkin verran Nopeuttaa tiedonsiirtoa Keventää valvontaa Yksityiskohtien parempi hallinta Ajankäytön tehostuminen	Pieniä vaikutuksia hankkeen aikatauluun Parempaa laatu rakennuttajalle Vähentää valvonnan kustannuksia, joka voi heijastua myös lopputuotteen kustannuksiin Rakennettavuuden parempi hallinta
Henkilöstön määrä, työnohjaus ja työntekijöiden perehdytys	Henkilöstön epävarmat odotukset selvemmiksi Havainnollinen perehdytysmateriaali Työnjohdon rooli muuttuu tietomalli-insinööriksi	Perehdytys nopeampaa Positiivinen vaikutus työturvallisuuteen Mallista voidaan tulostaa nopeasti 3D-näkymiä asennustyön ohjeeksi
Yhteistoiminta	Havainnollinen suunnitelma-aineisto Ristiriidat syntyvät tulokinnanvaraisuudesta / puutteellisista suunnitelmista perinteisesti Keskustelumahdollisuudet mallin avulla Ei ristiriitatilanteita osapuolien välille, jotka syntyvät usein huonosti/puutteellisesti suunnitelluista asioista Vähentää ja nopeuttaa suunnittelukokouksia Seuraavan vaiheen tilanteen kartoittaminen viikkopalavereissa	Parantanut yhteistoimintaa, vaikei osapuolten välillä ole ollut sopimussuhteita, esim. konepaja - pääsuunnittelija Apua muun muassa työmaakokouksissa, jossa menneen sijaan suunnitellaan tulevaa Virheet havaittiin ja korjattiin joustavasti ja tehokkaasti Vähentää tietokatkoksia tilaajaan päin Mahdollistaa virtuaaliset kokoukset, jotka vähentävät työn määrää ja kustannuksia Mallin jakaminen pilvipalvelussa parantaa tiedonkulkua
<i>Tietomallipohjaisessa toimintatavassa nähtiin potentiaalia lisätä osapuolten vuorovaikutusta <u>työmaalla</u>, joka vaatii osapuolilta käyntien synkronointia ja osapuolten aktiivisuutta.</i>		
Aikataulun hallinta	Tietomalli on edesauttanut ja selkeyttänyt aikataulun hallintaa	Kohde on otettu välitavoitteen aikana vastaan – ajalliset tavoitteet hankkeelle ovat toteutuneet

	Suunnitelma-aikataulu on sisällä rakennusai-katauluissa Suunnitelma-aikatau-lun ja rakentamista koskevien aikataulujen parempi yhteensovitta-minen	Aikataulun toteutumisvarmuuden kasvu ja ajallisten häiriöiden vähenty-minen
Laadunvar-mistus	Laadunvarmistuksen tulokset / mittaukset on liitetty malliin Poikkeamat näkyvät suoraan	Tehostaa laadunvarmistuksen tulos-ten toteamista ja dokumentointia Konkretisoituu luovutuksessa sähköi-sinä tiedostoina
	<i>As build-vaiheessa, kun kohde luovutetaan tilaajalle, olisi hyötyä, jos kaikki kommentit ja tieto olisi luovutettavassa mallissa.</i>	
Rakennus-osien ja komponent-tien valmis-tus	Pystyttiin tilaamaan ra-kennekohtaisesti Materiaalitoimitusten hallinta Muutokset suoraan malliin	Materiaalitoimitukset voitiin suunni-tella "just on time" -periaatteella Työmaan organisointi Teräsosien äärimitat ja kuljetuskoot helppo arvioida nopeasti Pääsee rakenteiden "sisälle" - detal-jien havainnointi Työmaan siisteys ja tilanhallinta Tehosti raudoittajien ja konepajan työtä ja tuotantoa
Suunnittelu	Toteutettavuuden arviointi Muutosten määrä Tietopyyntöjen vähäi-nen määrä Suunnitelmien laadun-varmistus Eri tekniikkalajien suunnitelmien yhteen-sovitus	Laadukkaampaa suunnittelua Vähentää suunnittelijalähtöisiä muu-toksia Havainnollisuus, automaattiset tar-kastelut helpottavat Huomattava etu niin tekniikkalajien välillä kuin sisälläkin

Tarjousvaiheen hyödyillä voidaan arvioida olevan positiivisia vaikutuksia, erityisesti hankkeen lopputuotteen laatuun. Urakoitsijat toivat esille, että tietomallin tarkastelu

antaa mahdollisuuden vaihtoehtoisten ratkaisuiden hahmottamiselle ja kehittämiselle sekä mahdollistaa muun muassa riskipaikkojen kartoittamisen sekä aikaisemmassa vaiheessa tehtävän työnsuunnittelun. Kustannustenhallinnan osalta hyödyt liittyvät läheisesti budjetoinnin tarkkuuteen ja ylipäättään kustannusten hallintaan. Riskienhallinnan hyödyt liittyvät muun muassa riskien hinnoittelun alenemiseen, joka voi heijastua myös lopputuotteen kustannuksiin.

Tietomallien keskeisen ominaisuuden, kohteen visualisoinnin ja havainnoinnin hyödyt koettiin moninaisiksi. Suurin hyöty liittyy kuitenkin virheiden määrän väheneeseen, joka tuotiin voimakkaasti esille. Tämä liittyy myös läheisesti vaikeammin mitattavan, mutta rakennushankkeen keskeisen tekijän eli hankkeen osapuolten yhteistyön hyötyihin. Erityisesti ristiriitojen, jotka syntyvät perinteisen dokumenttipohjaisen toimintavan tulkinvaraisuudesta tai puutteellisista suunnitelmista, todettiin vähentyneen. Toisaalta havainnollistava mallintaminen toi kokonaan uuden toimintatavan esimerkiksi voimalinjojen mittaukseen. Virheiden pieneneminen voi johtaa parempaan aikataulunhallintaan ja toisaalta sillä on ainakin välillistä vaikutusta kustannuksiin.

Urakan toteutuksen ja projektinhallinnan osalta hyödyt liittyvät muun muassa telineiden toteutuksen ja tiedonsiirron nopeutumiseen. Lisäksi tietomallien todettiin keventävän valvontaa. Näilläkin voidaan arvioida olevan välillisiä positiivisia vaikutuksia urakan toteutukseen. Työnohjauksen ja työntekijöiden perehdytyksen osalta tietomallit edesauttavat ohjaamaan henkilöstön odotukset hanketta kohtaan selvemmiksi, tekevät perehdytysmateriaalista havainnollisempaa ja helpommin omaksuttavaksi. Näillä voi olla vaikutusta muun muassa työturvallisuuden parantumiseen.

Rakentamisessa aikataulu on keskeinen menestysmittari yhdessä kustannusten ja laadun kanssa. Isoisänsillan projektissa ajalliset tavoitteet hankkeelle ovat toteutuneet. Tietomallien hyödyt koettiin liittyvän aikataulun toteutumisvarmuuden kasvuun ja ajallisten häiriöiden vähentymiseen. Osapuolet kokivat myös, että tietomalli on tehostanut laadunvarmistuksen tulosten toteamista ja dokumentointia, jolla on ollut oma vaikutuksensa kohteen tekniseen ja toiminnalliseen laatuun.

Rakennusosien ja komponenttien valmistusta hyödytti hankkeessa, että ne pystyttiin tilaamaan rakennekohtaisesti ja materiaalitoimitukset voitiin suunnitella ”just on time”-periaatteella. Tietomalli edesauttoi materiaalitoimitusten hallintaa ja mahdolliset muutokset voitiin tehdä suoraan malliin.

Suunnittelun osalta hyödyiksi koettiin erityisesti toteutettavuuden arviointi, muutosten ja tietopyyntöjen vähäinen määrä sekä eri tekniikkalajien suunnitelmien yhteensovitus. Kaiken kaikkiaan suunnittelijälähtöisten muutoksien määrä väheni tavanomaiseen hankkeeseen verrattuna, jonka voi arvioida näkyvän lopputuotteen laadukkaampana suunnitteluna.

Hyöty-taulukkoa tulkittaessa on huomattava, että hyötyihin liittyvä arvio perustuu osapuolten subjektiiviseen arviointiin, ja on luonteeltaan kvalitatiivinen. Ne eivät siten välttämättä indikoiv objektiivisen tarkasti tietomallilla saavutettuja hyötyjä juuri tässä hankkeessa. Oma positiivinen vaikutuksensa on varmastikin ollut, esimerkiksi osaavalla tiimillä. Eri osapuolten näkemykset antavat kuitenkin luotettavan kuvan tietomallien kokonaisvaltaisesta hyödyntämisestä eri osapuolten näkökulmasta ja joiden avulla tietomallien hyötyjä voidaan tulevaisuudessa tehdä paremmin mitattaviksi.

Tutkimuksen empiirisen osion lopuksi hankkeessa mukana olleilta jo aiemmin haastateltuja tahoja pyydettiin arvioimaan, miten yleisesti rakentamisen onnistumista kuvaavat indikaattorit olivat menestyneet case-tietomallihankkeessa, verrattuna heidän kokemuksiinsa vastaavan kaltaisista perinteisellä tavalla toteutetuista hankkeista (taulukko 3). Tulokset ovat tässäkin hyvin suuntaa-antavia, koska kaikilla informanteilla ei ollut näistä eksaktia tietoa, eikä myöskään tutkijoilla ollut käytössä indikaattoreita kuvaavia tunnuslukuja. Kuitenkin haastatteluiden arviot olivat samansuuntaisia, joka parantaa tulosten luotettavuutta. Tuloksista käy ilmi, että kaikkien indikaattoreiden: materiaalien ja tavaroiden hukka, virheet ja puutteet, reklamaatioiden sekä muutostöiden määrä ovat vähentyneet. Tulosten yleistettävyys on kuitenkin vaikeaa kohteen erityisen uniikkiuden takia. Toisaalta projektien ainutkertaisuus on keskeinen erityispiirre kauttaaltaan rakentamisen projektituotannossa. Se ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö hankkeita voitaisi evaluoida ja vertailla keskenään (Kärnä & Junnonen, 2016).

Taulukko 3. Osapuolten havaintoja case-kohteesta keskeisten rakentamisen indikaattorien osalta.

Materiaalien ja tavaroiden hukka	Lean-tuotanto	Vähentynyt jonkin verran
Virheet ja puutteet	Virrehavaintoja vähän	Vähentynyt jonkin verran
Reklamaatioiden määrä	Ei reklamaatioita	Vähentynyt paljon Riitojen väheneminen vähentää valvonnan ja rakennuttajan työmäärää Vaikutukset lopputuotteen laatuun
Muutostöiden määrä	Lisä- ja muutostöiden määrää pidetään ylläpitävän vähäisenä	Vähentynyt paljon

7.2 Isoisänsillan lisätyöt ja niiden arviointi

Tutkimushankkeen tavoitteen ja hyötyjen objektiivisemmän todentamisen kannalta oli tarpeen arvioida Isoisänsillan lisätöiden syitä ja pohtia mihin lisätöihin tietomallintamisella voidaan ylipäättään vaikuttaa.

Tietomallintamisen yhtenä keskeisenä tavoitteena pidetään entistä laadukkaampaa ja täydellisempää suunnittelua, joka vähentää osaltaan virheiden sekä puutteiden määrää ja joka heijastuu siten myös hankkeen lisätöiden määrään. Kuitenkaan pelkästään lisätöiden määrä ja osuus hankkeen kustannuksista eivät välttämättä vielä kerro tietomallintamisen onnistumisesta tai vaikutuksista. Keskeistä onkin identifioida lisätöiden osalta ne tekijät, joihin projektissa voidaan vaikuttaa, ja toisaalta ne olosuhteista johtuvat tekijät, joihin ei voida vaikuttaa. Tällöin saadaan selville tietomallintamisen ja toiminnan kehittämisen sekä osapuolten oppimisen kannalta oleelliset tekijät.

Yleisesti lisä- ja muutostöitä pidetään rakennusurakassa enemmänkin sääntönä kuin poikkeuksena ja yleensä ne liittyvät esimerkiksi puutteisiin suunnitelmissa, olosuhteiden yllättäviin muutoksiin, tilaajan vaatimuksiin sekä tarpeiden muutoksiin urakan aikana. Rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa (YSE 1998) on määräykset muutos- ja lisätöistä. YSE 36 § 1. momentissa todetaan urakoitsijan muutostyövelvollisuudesta ja 46 § muista kuin em. momentin mukaisista lisäyksistä sekä niiden hinnasta suoritusajasta ja vaikutuksesta urakka-aikaan on sovittava kirjallisesti ennen niihin ryhtymistä. Lisäksi YSE 45 § käsittelee yksikköhinta-urakan määrämuutoksia.

Tilaajan hyötynä tietomallintamisessa tutkimusten valossa nähdään taloudellisten riskien pieneneminen luotettavamman kustannusarvion ja vähentyneiden lisätöiden myötä. Lisätöiden arviointia varten tutkimuksessa järjestettiin erityinen workshop, jossa oli mukana hankkeen tilaaja, rakennuttajakonsultti ja suunnittelijat. Workshopin tuloksena Isoisänsillan lisätyöt jaettiin viiteen eri luokkaan, joiden avulla saatiin selville tietomallintamiseen ja toimintavan kehittämiseen liittyvät tekijät. Näin saatua luokittelua voidaan myös käyttää hyväksi tietomallintamisen onnistumisen arvioinnissa. Workshopin tuloksena syntynyt luokittelu selitteineen on koottu taulukkoon 5.

Hankkeen lisätöiden määrä oli noin 6% kokonaisurakkasummasta, josta noin kolmannes (1,8%) johtui prosessivirheistä, johon projektiorganisaation tietomallipohjaisella toiminnalla voidaan vaikuttaa. Prosessivirheitä voidaan vähentää esimerkiksi entistä kiinteämmällä yhteistyöllä osapuolten kesken prosessin eri vaiheissa. Workshopissa arvioitiin myös, että tulevaisuudessa tietomallipohjaisen toiminnan vakiintuminen tulee edesauttamaan prosessivirheiden vähentymistä oppimisen ja toimintatapojen kehittymisen myötä.

Suunnitelmapuutteilla tarkoitetaan sellaisia muutoksia, jotka ovat jääneet pois suunnitelmista, ja/tai jotka olisi pitänyt huomata jo suunnitteluvaiheessa. Näiden

osuus oli hankkeessa hyvin pieni. Ominaisuusmuutokset taas liittyvät teknologiaan ja ohjelmistoihin, jotka aiheuttivat ongelmia esimerkiksi mallinnuksen tarkkuuteen. Näiden muutosten osuus oli kokonaisuudessa häviävän pieni, vaikka hankkeessa raportoitiinkin monista ohjelmistoihin ja mallinnusteknologiaan liittyvistä puutteista.

Lisätöiden osuus, johon tietomallintamisella voidaan vaikuttaa oli siis noin 2% hankkeen urakkasummasta. Lisätöiden matalaan tasoon liittyy varmasti myös hankkeen tietomallipohjainen toimintatapa, joka on ollut lisätöiden valossa siis onnistunut. Kun lisätöiden eri tekijät on tunnistettu ja luokiteltu, niitä voidaan systemaattisesti kehittää ja tehostaa toimintatapaa edelleen.

Ennakoimattomien olosuhteista johtuvien lisätöiden osuus oli hieman alle 2% ja hankkeen laajuusmuutoksista johtuneet lisätyöt hieman yli 2% hankkeen kustannuksista. Laajuusmuutoksiin voidaan vaikuttaa varmasti vaikuttaa jossakin määrin, mutta toisaalta niiden luonne on hyvin samankaltainen olosuhdemuutosten kanssa.

Taulukko 5. Isoisänsillan lisätyöselvitys-workshopin tulokset

ISOISÄNSILLAN LISÄTYÖSELVITYS	
1. Prosessivirheet Virheet, jotka johtuvat esim. tiedonkulun tai asiasisältöjen erilaisesta käsityksestä hankkeen eri osapuolien välillä. Asiasisältövirheellä tarkoitetaan esim. jonkin teräsosan kuulumista toisen osapuolen mukaan kokonaisteräsmääriin ja toisen osapuolen mukaan johonkin muuhun määrään. 2. Olosuhdemuutokset Olosuhdemuutoksilla tarkoitetaan sellaisia muutoksia, jotka eivät olleet ennakoitavissa esim. täsmällisesti määritettävillä määrillä (esim. kallion puhdistus) tai joihin ei muuten osattu varautua, esim. merihiekkakerroksesta johtuvat ongelmat kairannoissa ja jotka poikkesivat sopimusasiakirjoissa esitetystä. 3. Laajuusmuutokset Laajuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä niitä muutoksia, jotka on katsottu tarpeelliseksi toteuttaa rakentamisen edessä, mutta joita ei ole huomioitu suunnitelmissa, esim. Parrulaiturin katualueen viimeistely. 4. Puutteet suunnitelmissa Näillä tarkoitetaan sellaisia muutoksia, jotka ovat jääneet pois suunnitelmista, ja jotka olisi pitänyt huomata jo suunnitteluvaiheessa, esim. kaapelihyllyjen epäjätkävyydenä maatuella. 5. Ominaisuusmuutos Ominaisuudesta johtuvalla muutoksella tarkoitetaan sellaista muutosta, joka johtuu esimerkiksi ohjelman mallinnustarkkuudesta tai muista teknisistä ominaisuuksista.	<u>Suurimmat prosessivirheet</u> hankkeessa johtuivat kokonaishintaisen urakan muutoksesta yksikköhintaiseksi urakaksi. Esimerkiksi verkkoelementtien aluslevyt ja mutterit olivat jääneet merkitsemättä määräluetteloihin. <i>Prosessivirheiden osuus urakkasummasta oli 1,8 %</i> <u>Suurimmat olosuhdemuutokset</u> hankkeessa johtuivat louhepenkereen suurista yli 1,5m louhelohka-reista, jotka aiheuttivat useiden paalujen siirtymä suunnitellusta sijainnista ja vesitiivistä muuttia tarvittiin enemmän. <i>Olosuhdemuutosten osuus urakkasummasta oli 1,8 %</i> <u>Suurimmat laajuusmuutokset</u> johtuivat mm. teräskaiteiden lisäämisestä, kaiteiden rakenteiden muutoksista järeämmiksi sekä kaapelisuoja-putkituksista. <i>Laajuusmuutosten osuus urakkasummasta oli 2,3 %</i> <u>Suurimmat suunnitelmamuutokset</u> johtuivat valaistuksen suoja-putkien ja asennuksesta kaaren ja väylämerkkien valaistukseen. <i>Suunnitelmapuutteiden osuus urakkasummasta oli 0,15 %</i> Ominaisuusmuutosten määrä oli niin pieni (0,1%), että sitä ei ole eritelty. LISÄTÖIDEN KOKONAISMUUTOS 6,1 % Laskenta: Mirko Soronen, A-Insinöörit Oy

8 Yhteenveto ja suositukset

8.1 Yhteenveto

Tutkimuksen tarkoitus oli evaluoida ja tutkia Helsingin kaupungin Kalasatamassa sijaitsevan Isoisänsillan pilottihanketta, joka on Suomen ensimmäinen täysin tietomalliperusteisena rakennettu silta. Tutkimuksessa hyödynnettiin pilottihankkeen eri osapuolilta saatuja kokemuksia haastatteluiden avulla. Haastatteluissa selvitettiin mitkä seikat toimivat pilottihankkeen toimintatavassa, mitä hyötyä tietomallipohjaisella toimintatavalla saavutettiin ja miten tietomallipohjaista toimintatapaa tulisi kehittää. Tutkimus antaa viitteitä, missä infra-alalla mennään tietomallien hyödyntämisessä sekä edistää omalta osaltaan Helsingin kaupungin Rakennusviraston tietomallipohjaista rakennuttamista. Raportti käsittelee case-hankkeen tuotantoa ja hankintaa omina kokonaisuuksinaan.

Isoisänsillan casen hankinta tapahtui siten, että tietomallit ja urakan yhdistelmämalli luovutettiin tarjouskilpailuun valituille urakoitsijoille tarjouspyyntöaineiston yhteydessä. Tilaajan puolelta järjestettiin urakoitsijaehdokkaille 3 esittelytilaisuutta, joiden puitteissa mallia esiteltiin tilaajan ja suunnittelijoiden toimesta. Kohteen tarjouspyyntöaineistossa oli liitteenä tietomallin pohjalta laskettu määräluettelo, johon urakoitsijoiden tuli täydentää yksikköhintansa. Casen urakkaohjelmassa todettiin, että rakennuttaja toimittaa sähköisessä muodossa urakoitsijalle suunnitelmat tietomalleina, niitä täydentävinä piirustuksina ja rakennussuunnitelmaselostuksena. Tämä edellytti lähtökohtaisesti urakoitsijalta tietomalliosaamista, sillä urakoitsija vastasi toteuttamiseen tarvitsemiensa suunnitelmien tulostamisesta sekä niiden kustannuksista. Myös sillan teräsrakenteiden tietomalli oli konepajamuodossa, joka edellytti, että urakoitsijan on itse laadittava valmistusta varten tarvitsemansa erilliset tuotantosuunnitelmat. Hankkeessa käytettiin projektipankkia, jonka käytöstä edellytettiin, että urakoitsijan velvollisuus oli huolehtia, että käytössä on suunnitelmien viimeisimmät versiot. Urakkaohjelmassa oli myös velvoitettu urakoitsija tarkastamaan tietomalli sekä ilmoittamaan havaitsemistaan virheistä, ristiriitaisuuksista tai puutteista. Lisäksi urakan laadunvalvonnasta edellytettiin, että sillan laatudokumentointi on liitettävä tietomalliin liitteenä olleiden tietomallivaatimusten-, bonusten ja sanktioiden mukaisesti.

Case-hankkeen hankintamallia pidettiin urakoitsijoiden mielestä varsin toimivana. Urakkamuodon yksikköhintaperusteisuudesta johtuen tarjouksen tekeminen oli tehtävissä kohtuullisella työmäärällä. Tietomallin esittelytilaisuudet järjestettiin pääasiassa sitä varten, että urakoitsijaehdokkaille saataisiin tuotua esille hankkeen luonne, poikkeamat ja kriittiset kohdat tietomallista. Tietomallin tulkinta liittyy vahvasti urakoitsijoiden ammattitaitoon ja kyvykkyyteen. Haastatteluiden perusteella tietomallin läpikäyminen suunnittelijan kanssa voi edesauttaa hankkeen parempaa onnistumista, joka myös korostaa osaltaan rakentamisen osapuolten yhteistyön

merkitystä. Voidaankin todeta myös, että esittelytilaisuudet edesauttavat yhdenvertaisuutta ja asettavat urakoitsijat näin samalle viivalle.

Urakoitsijat korostivat, että yleisesti tietomallipohjaisen hankintatavan tulisi olla järjestelmällinen ja vakioitu. IFC-formaatin luotettavuutta pidettiin yhtenä kynnyskysymyksenä tarjouslaskennalle sillanrakentamisessa. Vaikka tilaaja sitoutuisi tietomallin mukaisiin määriin, tietomallin tavoiteltu hyöty ei toteudu, jos urakoitsijat tietomallista huolimatta laskevat määrät eri tavalla. Hankkeen kokemusten pohjalta voidaan arvioida, että tulevaisuudessa tarjousvaiheen painopiste tulee siirtymään määrien laskemisesta ja mahdollisten ristiriitaisuuksien havaitsemisesta työsuunnitteluun ja toteutusratkaisuihin. Näiden tekijöiden avulla urakoitsijat voivat myös erottautua entistä enemmän tilaajan suuntaan ja saada näin kilpailuetua.

Case-hankkeessa tietomallin laatija oli laskenut tietomallin määrät kustannusarvion yhteydessä. Urakoitsijoiden mukaan määrät voisikin jatkossa luovuttaa suoraan tarjouspyynnössä urakoitsija-ehdokkaille. Tämä tehostaisi tietomallipohjaista toimintatapaa, jolloin tarjoajien tarjouslaskentaan käyttämä aika pienenee ja voidaan varmistua määrälaskennan oikeellisuudesta. Myös lisä- ja muutostöiden riskivarausta voidaan pienentää, joka johtaa urakan tarkempaan budjettiin, kuten Isoisänsillan casessa havaittiin. Toisaalta haastatteluissa todettiin, että tyypillisesti maarakennusurakkaan, jonka erityispiirteenä on useiden eri maalajikerrostumien esiintyminen, sisältyy väistämättä paljon epävarmuustekijöitä, jotka asettavat haasteita kustannusten hallintaan ja määrälaskentaa. Toisaalta taas havainnollisempi suunnitteluaineisto auttaa riskipaikkojen työn suunnittelun arvioimista. Esimerkiksi case-hankkeessa tehtiin ennen tarjousvaihetta myös havainnollistavaa mallintamista, esimerkiksi voimalinjan mittaus, turva-alueen mallinnus sekä vedenpinnan mittaus ja mallinnus.

Tietomallihankkeessa tietomalliselostuksella koettiin olevan tärkeä rooli mallin tulokinnan ja ymmärrettävyyden kannalta. Tietomalliselostus on käytännössä tietomallin käyttöohje ja sisällysluettelo, joka kertoo mallin sisällön. Haastatteluiden mukaan, tietomalliselostuksessa voisi ottaa kantaa myös mallinnuksen toimintatapoihin. Isoisänsillan hankkeessa tietomalliselostuksessa oli ainoastaan kuvattu mitä tietomalli sisältää. Selostuksessa voisikin ilmaista myös, miten tietomallia kannattaa hyödyntää, kenen toimesta ja mitä tietomalliin tulee vielä urakan aikana lisätä. Lisäksi tietomallisuunnitelmaa pidettiin tärkeänä dokumenttina. Tietomallisuunnitelmassa määritetään mitä mallinnetaan, millä tarkkuudella ja kuka vastaa mistäkin. Haastatteluissa tuotiin ilmi, että olisi tärkeää, että tilaaja osallistuisi mahdollisimman paljon myös tietomallisuunnitelman laatimiseen.

Tietomallin hyödyiksi koettiin tarjouslaskennan kannalta muun muassa työsuunnittelun, määrälaskennan, rakenneliitosten ja yhteyksien visuaalisuus. Visuaalisuuden avulla tarjouslaskijoiden ja muiden prosessiin osallistuvien työntekijöiden oli

helpompaa hahmottaa rakenne ja aloittaa työsuunnittelu. Tietomallipohjaisuus vähentää selvästi hankkeen riskejä urakoitsijan näkökulmasta, koska suunnitelmat ovat täydellisemmät. Case-hankkeen tietomallien riskeistä mainittiin muun muassa ristiriidan mahdollisuus, joka syntyi kun osa suunnitelmista teräsrakenteiden osalta oli vielä perinteisinä 2D-piirustuksina. Muina riskeinä mainittiin toimintatapojen vaikiutumattomuus ja tietomallin tulkinta, joka viittaa osataanko mallia tarkasteltaessa kiinnittää huomiota oikeisiin detaljeihin ja ongelmallisempiin kohtiin. Toisaalta haastatteluissa taas todettiin, että tietomallipohjaisten hankkeiden lisääntyessä myös osaaminen lisääntyy, joka tulevaisuudessa tulee vähentämään tietomallien tulkintaan liittyviä riskejä. Muina riskitekijöinä mainittiin eri osapuolten valmiuksien rajallisuus, ohjelmistojen puutteellisuus erityisesti kaarevien rakenteiden osalta ja käytännön aineiston eli piirustusten tuottaminen tietomallista.

Mallipohjainen hankinta ja toteutus edellyttävät avoimuutta ja yli sopimusrajat ylitävää tiedonvaihtoa sekä yhteistyötä, johon kuuluu olennaisena osana hankkeen eri osapuolten sitoutuminen. Erityisesti BIM-pilottihankkeissa on tärkeää paitsi tilaajan projektijohdon toiminta, myös hankkeen kaikkien osapuolten kiinnostus ja halu tietomallien hyväksikäyttöön. Isoisänsiltahanke on osoittanut henkilöstön innokkuuden merkityksen uuden toimintatavan haltuunotossa. Tämän toivoisi lisäävän urakoitsijoiden ja tilaajien uskallusta tutustua tietomallintamiseen ja sen tuomiin etuihin ja kouluttautua hyödyntämään tietomalleja omissa hankkeissaan. Urakoitsijan sitouttaminen mallin käyttöön on kannattavaa, koska helposti mallin käyttö voi jäädä taka-alalle työmaan hektisyyden seurauksena. Osaamisen karttuessa tietomallin hyötynäkökohdat, kuten työmaavirheiden väheneminen, tulevat kuitenkin näkyviksi ja onnistumisten seurauksena mallin käyttö tulee jatkossa helpommaksi.

Urakoitsijan rooliin tietomallit toivat merkittävän lisän ja tietomallit muuttivat suuresti urakoitsijan perinteisiä toimintatapoja. Tässä hankkeessa haluttiin erityisesti kannustaa urakoitsijaa mallin käyttöön useissa työmaatoiminnoissa. Kannustimena käytettiin bonus-sanktio-järjestelmää, jota pidettiin pilottihankkeen kannalta hyödyllisenä kannusteena tietomallin käyttöön. Hankkeessa kaikki bonus-sanktio-järjestelmässä mainitut kohdat eivät olleet kannattavia mallintaa, mutta sanktioiden avulla näistä seikoista tuli urakoitsijoille kannattavia. Bonus-sanktio-järjestelmää ei kuitenkaan pidetä pysyvänä ratkaisuna, vaan muutoksen liikkeelle panevana tekijänä. Tietomallien yleistyessä myös mallintamisen osaaminen ja ymmärrys sen tuomista hyödyistä, lisääntyy, eikä kannustimia tietomallien hyödyntämiseen tarvita.

Suurin hyöty tietomallista koettiin tulevan urakoitsijan aikataulutehtävissä ja töiden suunnittelussa. Osapuolten mukaan aikataulusta sai selkeän kuvan, miten suunnittelu ja suunnitelma etenevät, joka tehosti työmaakokousten toimintaa. Toisaalta laatudokumenttien linkittämistä projektipankista malliin pidettiin Isoisänsillan urakan osapuolten mukaan työläänä ja jossain määrin jopa tarpeettomana prosessina. Hankkeessa yhdeksi haasteeksi muodostuivat varusteluosien suunnitelmat, jotka

olivat vielä paperisina dokumentteina. Yksiselitteisyyden ja sekaannusten välttämiseksi varusteluosienkin tulisi sisältyä tietomalliin.

Kokonaisuudessaan urakoitsijalla on huomattavasti enemmän tietoa paremmin saatavilla kuin perinteisissä hankkeissa, joissa tieto on enemmän levällään piirustuksissa, dokumenteissa, sähköpostien liitteinä ja kokonaisuudessaan hankalammin luettavissa, mikä on ehdottomasti hyvä asia. Tietomallit vaikuttavat myös alihankkijoiden toimintaan, koska mallipohjaisissa urakoissa alihankkijoilla tulee olla valmiudet hyödyntää tietomalleja. Tämä edellyttää myös heiltä osaamisen päivittämistä ja tietomallisovellusten kehittämistä esimerkiksi betoniraudoitteiden osalta. Lisäksi tietomallien saaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on vielä nykyisillä toimintatavoilla haasteellista.

Tutkimuksen mukaan tietomallit tuovat rakennuttamiseen uusia valvontamahdollisuuksia, kun mallin avulla voidaan informoida puutteista ja riskitekijöistä suoraan hankkeen keskeisiä osapuolia. Esimerkiksi työmaan valvontakierroksella voidaan erityiset tarkastuskohteet kuvata ja kuva liittää tietomalliin oikealle kohdalleen. Tietomallin kautta voidaankin suoraan tiedottaa ja viestiä virheistä sekä puutteista kautta urakoitsijalle ja tilaajalle. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että työmaan valvontaa voidaan tulevaisuudessa jopa keventää tietomallintamisen myötä. Pilottihankkeen osalta, ohjelmistojen täyttää potentiaalia ei pystytty vielä täysin hyödyntämään, kun esimerkiksi kommentit eivät siirtyneet mallin sisällä.

Hankkeessa tietopyyntöjen määrä suunnittelijoille oli kokemusten mukaan varsin vähäinen. Tulos johtunee tietomallien mahdollistamasta paremmasta koordinaatiosta ja lisääntyneestä tarkkuudesta, jotka useampikin hankkeen osapuoli toivat haastatteluissa esiin.

8.2 Kehitysehdotukset ja tietomallin hyödyntämisen arviointi

Tutkimuksen tuloksista ja johtopäätöksistä voidaan johtaa kehitysehdotuksia ja suosituksia paitsi Helsingin kaupungin mallipohjaiselle rakennuttamiselle, myös hankkeen muille osapuolille ja tietomallien kanssa tekemisissä oleville sidosryhmille. Ensimmäisenä osuutena luvussa arvioidaan lyhyesti case-hanketta kirjallisuussosiossa käsitellyn tietomallien hyödyntämisen yleisen viitekehyksen kautta (Succar, 2009).

Tietomallin hyödyntämisen arviointi hankkeessa

Tietomallien hyödyntämisen ja käytön syvyyttä sekä laajuutta tarkasteltiin raportin kirjallisuussosiossa Succarin kolmen vaiheen kautta (kuva 7), joita ovat (1) oliopohjainen mallintaminen, (2) mallipohjainen yhteistyö ja (3) verkkopohjainen integraatio.

Tutkittavassa hankkeessa nähdään ensimmäisen vaiheen toteuma saavutetuksi eli siltamalli tuotettiin oliopohjaisella mallinnusohjelmistolla (Tekla Structures v18.0) ja

piirustusten tuottamisen sijaan tarjouspyyntöaineistoihin sisällytettiin sillan tietomalli TS:n natiiviformaatissa sekä sillan yhdistelmämalli IFC-formaatissa. Piirustuksina esitettiin ainoastaan sillan yleispiirustus sekä detaljeja, joita ei tietomallissa ollut esitetty.

Succarin mallin toinen vaihe eli mallipohjainen yhteistyö edellyttää, että hankeorganisaation yhteistyö toimii mallipohjaisesti. Tässä kohteessa urakoitsijalle asetettiin lukuisia vaatimuksia tietomalliosaamisesta ja tietomallin hyödyntämisestä. Näin ollen urakoitsijalta edellytetty tietomallipohjainen toiminta asetti vaatimuksia myös muiden hankeosapuolten mallipohjaiseen toimintaan ja siten oli osaltaan vaikuttamassa mallipohjaisen yhteistyön syntymiseen.

Urakoitsijalle asetettuja vaatimuksia olivat mm.

- tarjousvaiheessa tarvittavan tiedon hakeminen tietomalleista omaan sekä aliurakoitsijoiden tarpeisiin, sillä malleissa ei ollut valmiita piirustusnäkyymiä
- tietomallin tarkastaminen sekä havaituista virheistä, ristiriitaisuuksista tai puutteista ilmoittaminen

Lisäksi laadittiin asiakirja, jossa urakoitsijan tietomallivaatimukset, -bonukset ja -sanktiot asetettiin määrittämällä minimivaatimustaso, jonka tehtävät urakoitsijan tulee toteuttaa. Tietomallitehtävät oli jaettu seuraaviin osiin:

- kohteen työaikataulun ja toteuman seurannan sisällyttäminen tietomalliin
- sillan laatudokumentoinnin liittäminen tietomalliin
- toteuman mallintaminen tietomalleihin toteutuneiden paalujen, mittojen, mittapisteiden sekä merkittävien muutosten osalta
- perehdyttäminen ja työnohjaus tietomallin avulla
- telineiden ja väliaikaisten rakenteiden mallintaminen siltamalliin

Näiden tietomallivaatimusten täyttäminen heijastui jossain määrin koko toteutusorganisaatioon, aliurakoitsijoihin, valvontaan, suunnittelijoihin ja hankkeen yhteistyön voitiin katsoa olevan ainakin osin mallipohjaista. Työmaainsinööri toimi keskeisenä mallia hyödyntävänä osapuolena, joka täydensi mallia, tuotti mallista piirustuksia ja huolehti tietomallin ajantasaisuudesta toteutusta varten.

Kolmas Succarin mallin vaihe on verkostopohjainen integraatio, jossa tietomalli on reaaliaikaisesti käytössä esimerkiksi pilvipalvelimella ja jota koko hankeorganisaatio voi hyödyntää. Voidaan katsoa, että verkostopohjaisen integraation ominaisuuksia ei tässä hankkeessa voitu havaita, sillä useita epäjatkuvuuskohtia voidaan haastattelujen perusteella havaita eri osapuolten eritasoisen tietomalliosaamisen ja -kokemuksen johdosta. Esimerkiksi rakennesuunnittelijan tekemät muutokset tehtiin useimmiten 2D-piirustuksina, jotka työmaainsinööri päivitti malliin. Konepajalle lähetettiin sillan teräsrakenteiden IFC-malli, mutta konepaja ei kyennyt mallia hyödyntämään kuin ainoastaan havainnollistamaan monimuotoista geometriaa, eikä

valmistukseen varsinaisesti mallia voitu hyödyntää. Voidaan kuitenkin nähdä, että mallia käytettiin enemmän kuin aiemmissa hankkeissa, joten tämän kaltaisten ko-keilevien esimerkkihankkeiden lisääntyminen on alan kehittymiselle suotuisaa. Malli kuitenkin tulee muuttamaan yhteistyö- ja kommunikointimenetelmiä sekä edel-lyttää uudenlaista tapaa toimia. Tietomallintamisen pelisääntöjen määrittelyllä voi-daan saavuttaa parempaa yhteistyötä, tehokkaampaa tiedonhallintaa ja viestintää projektin aikana.

Hankinta ja rakennuttaminen

Urakoitsijoiden osaaminen tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on hyvin vaih-televaa. Työkaluja pidetään vaikeana, mutta niitä on kuitenkin mahdollista oppia käyttämään. Urakoitsijat tosin eivät pidä kannattavana kouluttaa tietomalliosaa-mista valmiiksi, koska mikäli tietomallipohjaisia urakkatarjouksia ei tehdä jatkuvasti, ohjelmisto-osaaminen unohtuu. Ratkaisuna tähän pidetään ennen kaikkea tieto-mallipohjaisten hankkeiden lisäämistä, jolloin kouluttautuminen on kannattavaa. Tämän lisäksi ohjelmistojen tulisi olla helppokäyttöisempiä, jotta tietomallintamisen osaaminen ei olisi kynnyskysymys tietomallipohjaisiin hankkeisiin siirryttäessä. Käytettävät ohjelmistot ovat lähtökohtaisesti suunnitteluohjelmistoja, jonka vuoksi näissä on lukuisia ominaisuuksia ja työkaluja, joita ei tarvita kaikki tietomallin käyt-tökohteissa. Esimerkiksi työmaakäytössä tietomalliin ei tarvitse välttämättä mallin-taa mitään, vaan pelkkä tietomallin tarkastelu ja tarkemittausten lisääminen tieto-malliin riittää. Tällä hetkellä tietomallintamisohjelmistojen hallitseminen vaatii paljon koulutusta ja opiskelua, mutta myös ennen kaikkea työntekijöiden kiinnostusta ja motivaatiota. Kun ohjelmistojen osaamisen vaatimustaso laskee, pystyvät useam-mat ihmiset käyttämään ohjelmistoja työssään, eikä työmaille tarvitse erikseen työ-maainsinööriä, jonka päävastuu tehtävä on tietomallintaminen. Jokaisella työmaan johtotehtävissä olevalla henkilöllä tulisi olla valmiudet tietomalliohjelmistojen käyt-tämiseen.

Tarjousvaiheessa olisi mahdollista myös hyödyntää jo jaettua projektipalvelinmal-lia, eli tietomallia ei tarvitsisi lähettää erikseen urakoitsijalle vaan tarkastelu ja kä-sittely voisi tapahtua pilvipalvelimen kautta. Hankintavaiheessa ei kuitenkaan pro-jektipalvelinmallilla ole yhtä suurta merkitystä ja hyötyä, kuin urakan toteutusvai-heessa.

Mikäli tilaaja sitoutuu tietomallin määriin, voidaan urakoitsijan tarjouslaskenta suo-rittaa tietomallipohjaisesti, mutta myös määrälaskenta voidaan automatisoida. Tie-tomallinnusohjelmistoilla voidaan tulostaa taulukkopohjainen lista rakennusosista, jota voidaan hyödyntää perinteisiin keinoin. Mikäli urakoitsijan voimassa olevat yk-sikköhinnat saadaan liitettyä valmiiksi pohjaksi tarjouslaskennassa käytettävään malliin, voitaisiin tietomallista tulostaa suoraan suunnitelmien määrien mukainen yksikköhintapohjainen tarjous. Tämä tehostaisi huomattavasti tarjouslaskennan prosessia, ja tarjouksia pystyttäisiin tekemään hyvin paljon nopeampaan tahtiin

kuin nykyisin. Olettaen, että tietomallipohjaiset suunnitelmat ovat myös täydellisempiä kuin nykyiset suunnitelmat, olisivat myös tarjouksen lähempänä todellista rakennusurakan kustannusta.

Tietomalliselostukset eivät ole vielä vakioasuotoinen urakka-asiakirja, mutta tietomallien yleistyessä tulee myös tietomalliselostusten löytää selkä ja jäsennehty muoto. Tietomalliselostus on tietomallin sisällysluettelo ja kertoo, mitä kaikkea tietomalli sisältää, miten eri objektit on tietomalliin mallinnettu, sekä millaisia erityispiirteitä tai -kohtia tietomallissa on. Tietomalliselostus voisi olla vakioasuotoinen asiakirja, joka toimii samalla tarkastuslistana, kun suunnittelija täyttää tietomallia. Tämä toimisi suunnitelmien laadunvarmistuksena, ja kun tietomalliselostus on kaikilta osin täytetty, toimisi tämä vakuutena tilaajalle, että suunnittelija on tehnyt laadullista työtä, jotta tilaaja voisi sitoutua tietomallin määriin.

Tarjouspyynnön asiakirjoissa voisi tulevaisuudessa olla myös kohta, jossa tilaaja pyytää urakoitsijoilta arvioita ja kuvauksen, miten tietomalleja tullaan hankkeessa hyödyntämään. Arviointi voi olla määräasuotoinen ja sen sisältö voi pohjautua esimerkiksi tilaajan prioriteettien tai hankkeen tarpeiden ja erityispiirteiden mukaan. Se voi olla myös vapaasuotoinen kuvaus, jolloin sen sisältöön vaikuttaa enemmän urakoitsijan näkökulma. Tämä voisi avata uusia mahdollisuuksia ja ideoita tietomallien hyödyntämiseen tuotannossa urakoitsijalähtöisesti. Urakoitsija joutuisi tällöin pohtimaan BIM:n käyttöä ja menettelytapoja, joka hyödyttäisi muun muassa työsuunnittelua ja ongelmakohtien tarkastelua jo ennakolta. Se voisi myös tuoda uusia innovatiivisia näkökulmia tietomallihankkeen toteutukseen. Tilaaalle arvio tietomallien hyödyntämisestä tuo lisätietoa urakoitsijoiden osaamisesta, innovointikyvystä ja tietomallihankkeen läpimenoedellytyksistä.

Hankkeessa varustetilaajat esim. valaistuksen osalta tulivat hankkeeseen verrattain myöhään, joka aiheutti jonkin verran hankaluuksia ja epäselvyyksiä, koska tuotanto ei kyennyt täysin reagoimaan tilaajien tarpeiden muutoksiin, ja toisaalta urakoinnissa ei ollut tietoa, esimerkiksi niiden ylläpidon vaatimuksista. Varustetilaajien suunnitelmat olivat vielä paperisia, joka aiheuttaa myös jonkin verran päällekkäistä työtä ja voi tuoda myös erilaisia yhteensopivuusongelmia, jos niitä ei kyetä ennakkoimaan. Tässä valossa olisikin suositeltavaa, että kaikki tilaajat olisivat jo aikaisemmassa vaiheessa mukana, tai että hankkeessa olisi yksi määräävä tilaaja, jonka myötä organisatoriset ja tiedolliset esteet pystyttäisiin poistamaan. Jatkossa olisi myös suotavaa, että varusteet olisi jo alun perin suunniteltu tietomallilla. Tämä olisi tärkeää, lopputuotteen tietomallipohjaisen ylläpidon ja koko elinkaaren tarpeiden ja hallinnan vuoksi. Kokonaisuuden kannalta olisi myös tärkeää, että yleissuunnitelmat ja aluesuunnitelmat olisivat mallissa.

Tietomallit luovat rakennuttamiseen uusia valvontamahdollisuuksia. Työmaan valvontakierroksella voidaan erityiset tarkastuskohteet kuvata ja kuva liittää tietomalliin oikealle kohdalleen. Tällä tavoin voidaan tiedottaa ja viestiä virheistä sekä puut-

teista suoraan mallin kautta urakoitsijalle ja tilaajalle. Pilottihankkeen osalta ohjelmistojen täyttää potentiaalia pystytty vielä täysin hyödyntämään, esimerkiksi kommentit eivät siirtyneet mallin sisällä.

Tuotanto ja suunnittelu

Isoisänsillassa tietomallia olisi voitu käyttää laajemminkin hyväksi tiedonvälityksessä osapuolten välillä. Tietoa liikkuu edelleen paljon sähköpostin ja muiden perinteisten menetelmien välityksellä. Etenkin itse malliin liittyvät muutokset ja muut kommentit olisi hyvä saada sisällytettyä suoraan malliin. On yleisesti ottaen hyvä mitä vähemmän tiedonsiirtoformaatteja on käytössä, sillä muussa tapauksessa on vaara, että tietoa jää huomioimatta ja näin tulee tehtyä virheitä.

Suunnittelulle tulisi varata riittävästi aikaa. Suunnittelijan työmäärä painottuu tietomallipohjaisissa hankkeissa hankkeen alkupäähän, kun mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tulee saada aikaiseksi mahdollisimman täydelliset suunnitelmat. Isoisänsillan tapauksessa suunnitteluajataulu venähti hieman, eikä tämä aiheuttanut suuria ongelmia, mutta jatkossa tämän voisi huomioida paremmin.

Rakentamisen aikaisten muutosten hallintaa voisi järkevöittää. Isoisänsillassa suunnittelijalta tulleet muutokset toteutettiin pienen, niin sanotun revisiomallin avulla, jonka jälkeen urakoitsija liitti sen jaettuun yhdistelmämalliin ja puolestaan urakoitsijalta päin tulleet muutokset viestitettiin sähköpostitse. Muutosten hallinnan voisi tehdä mallipohjaisestikin, jolloin tieto siirtyisi saman tien kaikille osapuolille ilman vaaraa, että missään vaiheessa tulee väärin ymmärryksiä tai virheitä tietoa siirrettäessä.

Urakan tietomallivaatimuksissa oli maininta, että urakoitsijan tulee linkittää laatudokumentit projektipankista tietomalliin. Jatkossa olisi hyvä vähintäänkin rajata linkitettävien dokumenttien määrää tai siirtyä kokonaan tietomallipohjaisuuteen, eli vaatia urakoitsijan sisällyttämään laatutiedot suoraan tietomalliin. Myös muilta toimittajilta voisi pilottimielessä vaatia laatutietojen toimittamista urakoitsijalle sähköisenä. Esimerkiksi betonin suhteutustiedot voisi mahdollisesti saada betonitehtaalta sisällytettynä suoraan tietomalliin oikeille objekteille esimerkiksi User Defined Attributes (UDA) -kenttiin.

Suurin hyöty mallissa oli urakoitsijan aikatauluttamisessa sekä töiden suunnittelussa. Keskimäärin kerran viikossa päivitettiin seuraavan kolmen viikon aikataulu. Malliin päivitettiin, mitkä osat olivat konepajalla valmistuksessa, mitkä osat valmiina tai asennettu. Työmaakokouksissa tämä todettiin erittäin käytännölliseksi, sillä aikataulusta sai selkeän kuvan, miten suunnittelu ja suunnitelma etenevät. Myös aikataulun historiatiedot käyvät ilmi mallista. Laatudokumenttien linkittäminen malliin oli tässä hankkeessa määritetty yhdeksi bonus-sanktio kriteeriksi. Laatudokumenttien linkittäminen malliin oli kuitenkin projektikonsultin näkökulmasta hieman tarpeeton tehtävä urakoitsijalle. Laatudokumentit sijoitettiin ensin projektipankkiin, jonka jälkeen nämä linkitettiin malliin.

Yksi mahdollisuus laatu- ja muiden dokumenttien käsittelyn järkevöittämiseksi voisi olla pilvipohjainen palvelu, jossa sekä malli että siihen liittyvät dokumentit olisivat helpommin löydettävissä kuin nykyisessä menettelyssä, jossa malli on käyttäjän kovalevyllä ja projektipankki erikseen. Isoisänsillassa urakoitsija ja valvonta kokivat hankalaksi ja jäykäksi menettelyn, jossa luodaan linkkejä projektipankkiin. Tarvittavien dokumenttien, jos ja kun ne halutaan mallipohjaisesti esittää, tulisi avautua ja olla löydettävissä helposti suoraan mallinäkyvässä ilman projektipankin kaltaista menettelyä välissä. Ratkaisu tähän voisi olla ohjelmistotalojen kehittämä järjestelmä, jossa ohjelmistotalo tarjoaa pilvipalvelimen, johon osapuolet laittavat tarvitsemansa mallit ja niihin ja koko hankkeeseen liittyvät dokumentit. Vähintään jatkossa hankkeissa tulisi sopia esimerkiksi ModelSharing-toiminnon kaltaisten työkalujen paremmasta hyödyntämisestä jo heti hankkeen alussa. Toki Isoisänsillassa ModelSharing tuli käyttöön kesken hankkeen.

Tavarantoimittajat, konepaja ja raudoitetoimittaja, toivoivat, että pääsisivät aiemmassa vaiheessa mukaan tietomallipohjaisiin hankkeisiin. Ollessaan aiemmin hankkeessa mukana hankkeessa tavarantoimittajat voisivat esittää omia toiveitaan malliin liittyen ja tämä edesauttaisi koko ketjun toimintaa, sillä esimerkiksi raudoitteiden mallintaminen kerralla siten, että raudoitetoimittaja saa siirrettyä tiedot suoraan omaan tuotantoonsa, nopeuttaisi ja tehostaisi koko ketjua. Sama pätee konepajasuunnitelmiin ja mallin hyödyntämiseen konepajalla.

Suunnittelun osalta haastatteluissa todettiin, että tietomallintaminen vaatii täydellisempää suunnittelua, joka lisää suunnittelijan työtä. Tästä syystä koettiin, että tämän tyyppisissä tietomallihankkeissa suunnittelu tulee aloittaa totuttua aikaisemmin. Urakoitsijalla oli kokemusta hankkeesta, jossa tilaajan suunnittelija on tehnyt tietomallin, mutta tilaaja ei ollut sitä vaatinut. Tästä syystä tietomallia ei toimitettu urakoitsijalle, vaan urakoitsija sai suunnitelmat paperidokumenttina. Tämän jälkeen urakoitsija itse mallinsi dokumentin pohjalta tietomallin, jossa myöhemmin havaittiin eroavaisuuksia alkuperäisen tietomallin kanssa [10].

Lisätyöt

Lisätöiden määrä oli hankkeessa varsin vähäinen, joka tukee tietomallintamisen kirjallisuudessa esitettyjä hyötyjä erityisesti tilaajalle. Prosessivirheiden määrä, jotka johtuivat esimerkiksi tiedonkulun tai asiasisältöjen erilaisesta käsityksestä hankkeen eri osapuolien välillä, oli hankkeessa vajaa 2 % urakan kokonaissummasta. Isoisänsilta oli ensimmäinen täysin tietomallipohjaisesti hankittu ja toteutettu silta, joten on luonnollista, että se vaati opettelua ja yhteisten toimintatapojen kehittämisen ”oppirahoja”. Tietomallintamisen toimintatapojen kehittyessä näiden virheiden määrää voidaan vielä vähentää. Suunnitelmapuutteista johtuvien virheiden määrä, oli hankkeessa vain noin 0,15 %.

Lisätöiden kustannusten selvittäminen vaatii lisätöiden luokittelua ja huolellista analyysiä. Jatkossa lisätöiden kustannusten selvittämisessä voidaan hyödyntää tässä

tutkimuksessa kehitettyä viitekehystä, joka auttaa myös osaltaan osapuolten oppimista, joka toivottavasti näkyy hyötynä tulevissa hankkeissa.

Muita tekijöitä BIM-osaamisen kehittämiseksi

Tietomallien kehitysvaiheessa ja toimintamallien kehittyessä olisi tärkeää saada vertailukelpoista tietoa tietomallihankkeiden menestystekijöistä ja toisaalta kehitystarpeista. Tämä tieto olisi tärkeää saada myös kaikkien keskeisten osapuolten käyttöön, jolloin osaaminen kehittyisi laajemmalti ja parhaat käytännöt vakiintuisivat osaksi tilaajan toimintaa. Projektin osapuolten osaamista ja kehittymistä voidaan edesauttaa esimerkiksi keskinäisen tietomalleihin keskittyvän projektipalautteen avulla, jossa osapuolet arvioivat projektin eri osa-alueita yhtenäisten kriteerien avulla. Toinen tekijä osaamisen kehittämiseksi ja suorituskyvyn parantamiseksi voisi olla tietomalli-benchmarkin kehittäminen ja laajamittaisempi käyttöönotto. Tietomalli-projektipalautte voisi toimia benchmarkin yhtenä osa-alueena. Palautteen käyttö ja benchmarkin hyödyntäminen ovat olleet myös esillä kansainvälisissä tutkimuksissa BIM:n hyödynnettävyyden parantamiseksi (esimerkiksi Mom et al. 2014). Tässä raportissa esitellyjä arviointikriteerejä voitaisiin käyttää benchmarkin pohjana.

8.3 Suositukset Infra-alalle ja mallintamisvaatimuksille

Laadunvarmistus ja inframallivaatimukset

Isoisänsillan hankkeessa tietomalli ei sisältänyt suoraan laatudokumentaatiota, vaan kaikki dokumentit olivat projektipankin kautta linkitetty. Haastatteluiden mukaan paras toimintatapa olisi, että dokumentit olisivat mallissa suoraan. Tietomallin objektista tulisi löytyä millaiset laatuvaatimukset objektilla on, ja objektin valmistuttua urakoitsija voisi kirjata toteuman laatuvaatimusten yhteyteen. Kehittyessään tietomallit voisivat laskea itse, mikäli toteumassa on poikkeamia ja raportoida automaattisesti havaitusta poikkeamasta laatuvaatimukseen nähden.

Tietomalliohjelmistoissa pitäisi olla mahdollisuus myös sille, että suunnittelija pystyy määrittelemään laatuvaatimukset suoraan malliin. Tämän lisäksi urakoitsijan pitäisi pystyä vaivattomasti lisäämään toteumatiedot malliin. Esimerkiksi betonitehtaalta voitaisiin lisätä suoraan tietomallin sähköisesti betonin suhteutustiedot. Tällä hetkellä vielä tiedot saatetaan toimittaa paperisessa muodossa, jonka vuoksi dokumentti pitää skannata ja linkittää tietomalliin.

Yleisissä inframallivaatimuksissa on kuvattu, mitä tietomalliselostuksen tulee sisältää. Tietomalliselostuksesta olisi kuitenkin tärkeää olla olemassa valmis pohja, mihin tietomallin laatija täyttäisi tietomallin sisältöä ja ominaisuuksia kuvaavat kohdat. Tietomalliselostukset olisivat tämän ansioista määrämuotoisia, vakiintuneita ja tasalaatuisia. Selostuksen pohja toimisi samalla muisti- ja tarkastuslistana selostuk-

sen laatijalle. Tilaajilla voisi myös olla käytössä omat selostuspohjat, jotta he voisivat tuoda paremmin omat vaatimuksensa esille. Toisaalta tässä tapauksessa toimintatapojen vakiintuminen olisi hitaampaa, kun jokaisen tilaajan kanssa tulisi toimia aina eri tavalla. Yleisissä vaatimuksissa ei kuitenkaan pystytä kaikkia hankekohtaisia vaatimuksia ottamaan huomioon. Yleisissä vaatimuksissa tulisi olla konkreettisimpia asioita, vaatimukset ovat nykyisellään hyvin yleisellä tasolla.

Haastatteluissa kävi ilmi, että tietomallipohjaisuudella ei ollut urakoitsijan laadunvarmistukseen oleellisesti vaikutuksia, vaikka laadunvarmistuksessa hyödynnetään tietomallia. Tietomallien koetaan kuitenkin helpottavan valvontaa, esimerkiksi tarkemittauksen tulokset viedään toteumamalliin fyysisenä pisteenä, josta saadaan suoraan poikkeama mallista. On kuitenkin paljon sellaista dataa, jota on vaikea visualisoida, kuten maalikalvon paksuus.

Infrarakentamisessa hyvän tietomallin kriteerejä ei voida määritellä samankaltaisesti kuin esimerkiksi talonrakentamisessa, koska markkina on vielä niin vahvasti muutosvaiheessa ja näiden hankkeiden luonne on erilainen. Urakoitsijoiden mielestä erilaisia toimintatapoja on saatava vielä kokeilla vapaasti. Urakoitsijan näkökulmasta nykyhetkessä keskeisin asia kuitenkin olisi, että urakoissa käytettävät tietomallit olisivat tasalaatuisia.

Ohjelmistot ja käyttöliittymät

Tietomalliohjelmistojen osalta erityisesti urakoitsijat toivoivat nykyisiä helppokäyttöisempiä ohjelmistoja. Nykyiset ohjelmistot ovat enemmänkin suunnitteluohjelmistoja, eivätkä välttämättä ole rakentamisen toteuttamiseen tarkoitettu. Tietomalliohjelmistot ovatkin nykyisellään pääasiassa suunnittelijoille tarkoitettuja, ja vaativat syvällistä perehtymistä, jotta näitä pystyttäisiin käyttää sujuvasti. Tällä hetkellä malliohjelman käyttämisen osaaminen koettiin haastatteluissa olevan liian keskeisessä asemassa.

Suuressa urakoitsijayrityksessä saattaa olla tilanne, että kattavia mallinnusohjelmia, kuten Tekla Structuresia, hallitsee vain hyvinkin harva ihminen. Kaikki eivät sitä opi käyttämään samalla tavalla, ja kaikilla ei ole myöskään mielenkiintoa ja sisäistä motivaatiota opetella käyttämään sitä niin laajasti kuin olisi tarpeellista osata. Suurilla rakennusliikkeillä saattaa olla työmailla käytössä lukuisia erilaisia järjestelmiä, joiden lisäksi. Vaikeiden ohjelmistojen kouluttaminen työntekijöille on riskialtista eikä urakoitsijan näkökulmasta kannattavaa. Mikäli ohjelmisto ei ole työntekijällä aktiivisessa käytössä, saattaa osaaminen unohtua ja kouluttautuminen on sitten ollut tarpeetonta.

Tietomallipohjaisen urakan ongelmana onkin haastattelujen mukaan usein se, ettei urakoitsijalla ole työkaluja tehdä sitä, mitä haluaisi tehdä. Monet urakointiyritykset ovatkin kehittäneet omia työkalujaan täydentääkseen tieto-mallinnusohjelmistojen puutteet.

Jokainen työmaa ei myöskään tarvitse omaa mallintajaa, eikä työmaainsinöörin voida odottaa hallitsevan monimutkaisia tietomalliohjelmistoja. Haastateltavat toivoivatkin, että tietomallipohjaisten hankkeiden yleistyessä rakentamisen infran toimialalla, tulisi tietomallityökalujen yksinkertaistua ja muuttua helppokäyttöisemmiksi, jotta niitä olisi mielekästä ja tehokasta opetella sekä käyttää.

Isoisänsillan pilottihankkeessa hankkeessa keskeisin tietomalliohjelmisto oli juuri Tekla Structures. Kuten edellä todettiin, urakoitsijat pitivät tätä ohjelmistoa aivan liian monimutkaisena työmaatoiminnassa. Tietomalliohjelmistoista voisi olla versiot, jotka on suunnattu nimenomaan urakoitsijoille. Käyttöliittymän tulisi olla yksinkertaisempi ja sen tulisi sisältää vain kaikista oleelliset työkalut, kuten poikkileikkaus-piirustuksen tai mitat, jotka tulisi saada nopeasti ja helposti. Työmaakäytössä ohjelmistoilla voitaisiin myös esimerkiksi tarkastella tarketiedostoja. Lisäksi haastatteluissa todettiin, että tulevaisuudessa tietomallista tulee saada helposti tuotettua paitsi tarvittava tieto, mutta myös jalostettua tietoa siihen muotoon, että tietomallinnuksessa harjaantumattomatkin työntekijät ymmärtävät sitä.

Näistä syistä olisikin tarpeellista, että tietomalliohjelmistoja suunniteltaisiin ja kehitettäisiin myös urakoitsijan tarpeisiin. Ohjelmistossa tulisi kiinnittää erityisesti huomiota ohjelmiston helppokäyttöisyyteen sen sijaan, että ohjelmistossa olisi paljon ominaisuuksia ja työkaluja.

Avointen tiedonsiirtoformaattien, kuten IFC:n, käytöstä on ollut paljon keskustelua. Tällä hetkellä IFC ei vielä taivu kunnolla palvelemaan esimerkiksi työmaan tarpeita, eikä IFC-tiedostosta pystytä laatimaan piirustuksia. Tekstimuotoisen tiedon etsimiseen IFC on joissain käyttötilanteissa sopiva, mutta laajaan käyttöön se ei vielä sovi. Tähän tarvitaankin ohjelmistotalojen ja palveluntarjoajien panosta keittää avoimista tiedonsiirtoformaateista käyttökelpoisempia tulevaisuutta silmällä pitäen.

Avointen tiedonsiirtoformaattien vahvuus olisi etenkin se, että eri natiiviohjelmitoilla laadittuja suunnitelmia voitaisiin tarkastella yhdellä ohjelmistolla ja sovittaa näitä suunnitelmia yhteen nykyistä, natiivimalleihin perustuvaa toimintatapaa paremmin. Edellisestä mainittiin haastatteluissa tilanne, jossa maanrakennusuunnitelmat on laadittu Revitillä ja rakenteet mallinnettu Tekla Structuresilla. Tällaisessa tilanteessa urakoitsijalla pitäisi olla käyttöliittymät ja osaaminen kahteen eri ohjelmistoon, joka tekee käytännön työn toteutuksesta vähintäänkin haastavaa.

Jatkotutkimus

Tietomallipohjainen tarjouslaskenta muuttaa urakoitsijan antaman tarjouksen hinnan muodostumisen rakennetta. Määrien ollessa sidotut, urakoitsija pystyy pienentämään tai jopa jättämään kokonaan huomioimatta määrien muutoksista johtuvat riskit. Pilottihankkeen osalta tämä vaikutus ei tosin ollut ilmeinen. Urakoitsijat saattoivat pienentää määrien riskiä, mutta nostivat riskirahaa liittyen tietomallin hyödyntämisen osaamiseen. Jatkotutkimuksissa tulisi kiinnittää huomiota urakoitsijoiden

antamien tarjousten hinnan muodostumiseen sekä siihen, miten hinnan muodostuminen tarkkojen määrien vaikutuksesta.

Jotta tilaajat voisivat sitoutua suunnittelijoiden laatimien tietomallien määriin, tulee suunnitelmien olla täydellisiä, ja huomattavasti valmiimpia kuin nykyisillä käytännöillä. Suunnitelmien tarkkuuden kasvaminen sekä tietomallintaminen nostavat suunnittelijoiden työkuormaa hankkeen alussa, mutta vähentää sitä huomattavasti hankkeen toteutusvaiheessa. Jatkotutkimuksissa voisi selvittää, millä tavalla suunnittelijan toiminta muuttuu tietomallipohjaisten hankkeiden yleistyessä sekä miten mallintamisen käytännöt tulisi vakioida, jotta jokaisella suunnittelijatoimistolla ei olisi omanlainen tapa käyttää tietomalleja. Tietomallisuunnitelma ja tietomalliselostus ovat olennaisia asiakirjoja tietomallien kanssa työskenneltäessä, mutta näistä asiakirjoista tulisi saada vakioituja, joka helpottaa suunnitelmien tarkastamista niin tilaajan, urakoitsijan kuin itse suunnittelijankin näkökulmasta. Lopuksi, tietomallihankkeiden hyödyt tulisi voida operationalisoida nykyistä paremmin. Keskeisenä kysymyksenä onkin tällöin, miten tietomalleista johtuvat hyödyt voidaan osoittaa ja mitata?

Lähteet

- Azhar, S. (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127, pp. 241-252.
- K. Barlish, & Sullivan, K. (2012) *Automation in Construction* 24, pp. 149–159
- Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J.M. (2013) The project benefits of Building Information Modelling (BIM) *International Journal of Project Management* 31, pp. 971–980.
- Chan, A.P.C. and Chan, A.P.L. (2004) Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*. Vol. 11 No. 2, pp. 203-221.
- Cheung, S.O., Tam, C.M., Ndekuri, I. and Harris, F.C. (2000) Factors affecting clients project dispute resolution satisfaction in Hong Kong. *Construction management and Economics*. Vol. 18 No. 3, pp. 281-294.
- Center for Integrated Facility Engineering (CIFE). (2013) VDC and BIM scorecard. (<https://vdcscorecard.stanford.edu/home>) (Jan. 15, 2014).
- Du, J., Liu, R. & R. Issa, (2014) BIM Cloud Score: Benchmarking BIM Performance *Journal of Construction Engineering and Management*, 140 (11).
- Eastman, C, Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd ed., NY: John Wiley and Sons.
- Kärnä, S. and Junnonen, J-M. (2016) Benchmarking construction industry, company and project performance by participant evaluation, Vol. 23 Iss: 7, pp. 2092 – 2108.
- Love, P.E.D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., Oluwole, A. Olatunji, A. (2014) Benefits realization management building information modeling framework for asset owners *Automation in Construction* 37, pp. 1–10.
- McGraw Hill, (2009) The business value of BIM: getting to the bottom line. Saataavissa: <http://www.bim.construction.com/research/2009>.
- McGraw Hill, (2012) The business value of BIM in North America. Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012).
- Mom, M., Tsai, M-H. & Hsieh, S-H. (2014) Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part II. Analysis and results, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 37:7, pp. 859-868,
- National Institute of Building Sciences (NIBS) (2012) National building information modeling standard—Version 2.0—Chapter 5.2 minimum BIM. NIBS Rep., Washington, DC.
- Suermann, P.C. (2009) Evaluating the Impact of Building Information Modeling (BIM) on Construction, Doctoral dissertation University of Florida, 2009.

Sebastian, R. & Berlo, L. (2010) Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands, *Architectural Engineering and Design Management*, 6:4, pp. 254-263

Stanford University Center for integrated facility engineering (2007) November 22, CIFE Technical Reports.

Succar, B. (2009) Building information modelling maturity matrix', in J. Underwood and E. Isikdag (eds), *Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, Hershey PA.

Succar, B., Sher, W. & Williams, A. (2012) Measuring BIM performance: Five metrics, *Architectural Engineering and Design Management*, 8:2, pp. 120-142.

TNO, 2010, BIM Quickscan. Available at: www.BIMQuickScan.nl

Succar, B., Sher, W. & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Autom. Constr.*, 35, pp.174–189.

Suermann, P.C. (2009) Evaluating the Impact of Building Information Modeling (BIM) on Construction, Doctoral dissertation University of Florida.

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015, osa 9. Määrälaskenta ja kustannusarviot.

Won, J. & Lee, G. (2010) Identifying the consideration factors for successful BIM projects. *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. Nottingham University Press.

Haastattelut

- [1] Aki Kopra, Kreate Oy
- [2] Minna Salonsaari ja Jarkko Savolainen, A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy
- [3] Ville Suntio, Destia
- [4] Juha Noeskoski, A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy
- [5] Mirko Soronen, A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy
- [6] Antti Kotkavuori ja Mikael Diakhate, Celsa Steel Service
- [7] Henrik Kiviniemi, Normek Oy
- [8] Sami Rantala, Kreate Oy
- [9] Markku Savola, Destia
- [10] Pekka Ruuti, YIT
- [11] Jari Kivi, HKR
- [12] Anttoni Tiainen, Destia
- [13] Juhani Hyvönen, Insinööritoimisto Pontek Oy,
- [14] Matti-Esko Järvenpää, WSP

Workshop 13.2.2017

Osallistujat:

Ville Alajoki, Helsingin kaupunki
Mirka Soronen, A-Insinöörit Oy
Paavo Hassinen, Pontek Oy
Juhani Hyvönen, Pontek Oy
Juha Noeskoski, Sito Oy
Päivi Jäväjä, Metropolia
Sami Kärnä, Aalto yliopisto