

Eero-Pekka Piipponen

Infrahankkeen virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen hyödyntäminen tarjousvaiheessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusinsinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

26.11.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eero-Pekka Piipponen Infrahankkeen virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen hyödyntäminen tarjousvaiheessa 50 sivua + 4 liitettä 26.11.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Tarjouspäällikkö Anttoni Tiainen Lehtori Mervi Dragon
<p>Tarjouslaskentavaihe koostuu usean eri osa-alueen summasta. Näiden alueiden sisällöillä määritellään raamit, joilla on lähdettävä toimimaan, kun voitetaan urakka. Esimerkkejä näistä osa-alueista on aikataulun tekeminen sekä kustannuksien laskeminen tarjouspyynnön aineiston mukaisesti. Perinteisesti 2D ympäristössä esitettyinä, ne eivät kuitenkaan ole kaikista ymmärrettävimmässä muodossa. Ratkaisuna on mallipohjaisen aineiston hyödyntäminen käyttäen 4D ja 5D malleja VDC:n menetelmillä.</p> <p>Tässä työssä tutkittiin mallipohjaisen aineiston käyttämistä tarjouslaskennan prosessissa. Mitä mallipohjaisella aineistolla pystytään nykytilassa tekemään ja mitä sillä pitäisi pystyä lähitulevaisuudessa tekemään. Tämä suoritettiin tutkimalla ohjelmistotoimittajien internet-sivuja, pintapuolisesti pilotoimalla ohjelmistojen käyttöä sekä tekemällä haastattelu alalla toimiville henkilöille kenellä on kokemusta aiheesta. Lisäksi työssä tutkittiin, minkälaisia vaikutuksia mallipohjaisesti toimimalla on yrityksen tämän hetken toimintamalliin ja minkälaisia vaatimuksia se asettaa kehittämiselle.</p> <p>Haastattelujen perusteella voidaan todeta mallipohjaisen aineiston laaja-alaisemmassa käyttämisessä olevan ongelmana alalla esiintyvä siiloutuneisuus. Materiaalia ei toimiteta vaiheiden välillä, sen sisältö on hyvin vaihtelevaa ja osaamisen keskittyminen on hyvin pistemäistä. Tämä on kuitenkin huomattu ja sen kehittämiseksi on meneillään toimenpiteitä eri osapuolien toimesta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kattava näkemys alan tilanteesta, pilotoitua potentiaalisia ohjelmia hyödynnettäväksi tarjouslaskennassa ja laadittua ehdotus yrityksen mallipohjaisen toimintatavan kehittämiseksi.</p>	
Avainsanat	VDC, tarjousvaihe, virtuaalimalli, BIM, tietomalli, 4D, 5D, infamalli

Author Title Number of Pages Date	Eero-Pekka Piipponen Utilization of Virtual Design and Construction in Infra Project at Tender Phase 50 pages + 4 appendices 26 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering (B.Eng)
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Infrastructural Engineering
Instructors	Anttoni Tiainen, Tender Manager Mervi Dragon, Senior Lecturer
<p>The tender phase consists of a few very specific areas. These areas define the characteristics of the contract when it has been won and working at the site begins. A couple of examples of these areas are scheduling and estimating the cost of the tender which are determined by the contents of the tender documents. Using conventional means to make tender documents in a 2D environment is not the most understandable form of working. The utilization of 4D and 5D model based tendering through VDC methods is the solution.</p> <p>The utilization of model based tender process was researched in this Bachelor's Thesis. The aim was to figure out what can be done with model based tender material, what should be achieved using model based tender material and what kind of action it requires. This was studied by researching the website contents of software vendors, by piloting a few software superficially and carrying out a survey for a few experts in their field. In addition, it was studied how the model based tendering affects the company at the current state and what kind of demands it sets for its development.</p> <p>Based on the interviews, it can be said that wide-range utilization of model based material is problematic because actions in the field are concealed in silos. Material is not delivered through phases, material contents are very varied and the focus on expertise is diversified throughout the field. However, these problems have been noticed and to tackle them further actions are being taken by several different stakeholders.</p> <p>The study resulted in a wide view of the current infra constructions. Furthermore, potential software to be utilized in the tender phase were piloted and a suggestion for developing the company's model based tendering actions was made.</p>	
Keywords	VDC, tender phase, virtual model, BIM, 4D, 5D, inframodel

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tilaaja	3
1.2	Opinnäytetyön tausta	3
1.3	Tutkimusongelma	5
1.4	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	6
2	Mallien nykytila tarjouslaskentavaiheessa	8
3	Tieto- ja inframallit	10
3.1	Tietomalli	10
3.2	Inframalli	12
3.2.1	Lähtötietomalli	12
3.3	Mallintamisen tarkkuustasot	14
3.4	Havainnollistaminen	15
4	nD Informaation lisädimensiot	18
4.1	4D Rakentamisen vaiheistus	18
4.2	5D Kustannukset	20
4.3	6D Kunnossapito	22
4.4	nD Tekoäly	24
5	Tarjouslaskentavaiheen vaatimukset	25
5.1	Virtuaalinen suunnittelu ja rakentaminen	25
5.2	Tarjouslaskennan osa-alueet	28
5.3	Virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen ohjelmistot	31
6	Mallipohjaisen toiminnan haastattelukysely	36
6.1	Haastattelukysely	36
6.2	Tulokset	40
7	Yhteenveto	42
7.1	Ehdotukset jatkokehityskohteiksi	42
7.2	Pohdinta	43
	Lähteet	46

Liitteet

Liite 1. Mallipohjaisen toimintatavan kehitysehdotus (vain työn tilaajan käyttöön, ei sisälly kirjalliseen raporttiin)

Liite 2. Haastattelujen kysymykset

Liite 3. Tieto- ja inframallit tarjouslaskentavaiheessa

Liite 4. Ohjelmistojen vaatimukset

Lyhenteet

4D	3D-malli + aika
5D	3D-malli + aika + kustannukset
6D	Rakentamisen aikaisella tiedolla rikastettu 3D-malli käyttövaiheessa, toteumamalli
BIM	Building Information Model
BIM	Building Information Modeling
CDE	Common Data Environment
Elinkaari	Rakennelman käyttöajan kaaren kuvaaminen suunnittelusta purkamiseen
ICE	Integrated Concurrent Engineering
IM	Inframodel
KU	Kokonaisurakka, tarjouskilpailussa halvimman urakkahinnan antanut yritys tai työyhteisö liittymä rakentaa tuotteen tilaajan suunnitelmien mukaisesti
MRU	Maanrakennusurakka, sisältää yleensä maankaivuut ja niihin liittyvät pohjanvahvistukset
Pelimoottori	Ohjelma, jolla luodaan puitteet peliympäristön rakentamiseen
PRU	Perustusurakka, sisältää yleensä perustamiseen liittyvät työvaiheet
ST-hanke	Suunnittele ja Toteuta- hankkeeseen kuuluu suunnittelu ja rakentaminen

STk-hanke	Kuten ST-hanke, mutta rakentamista edeltää yhteinen kehitysvaihe, josta tulee lyhennys kirjain k
The NBS	The National Building Specification:iin perustuva Brittiläinen rakennusalan digitalisaatiota ajava yritys
VDC	Virtual Design and Construction
VDI	Virtual Desktop Interface

1 Johdanto

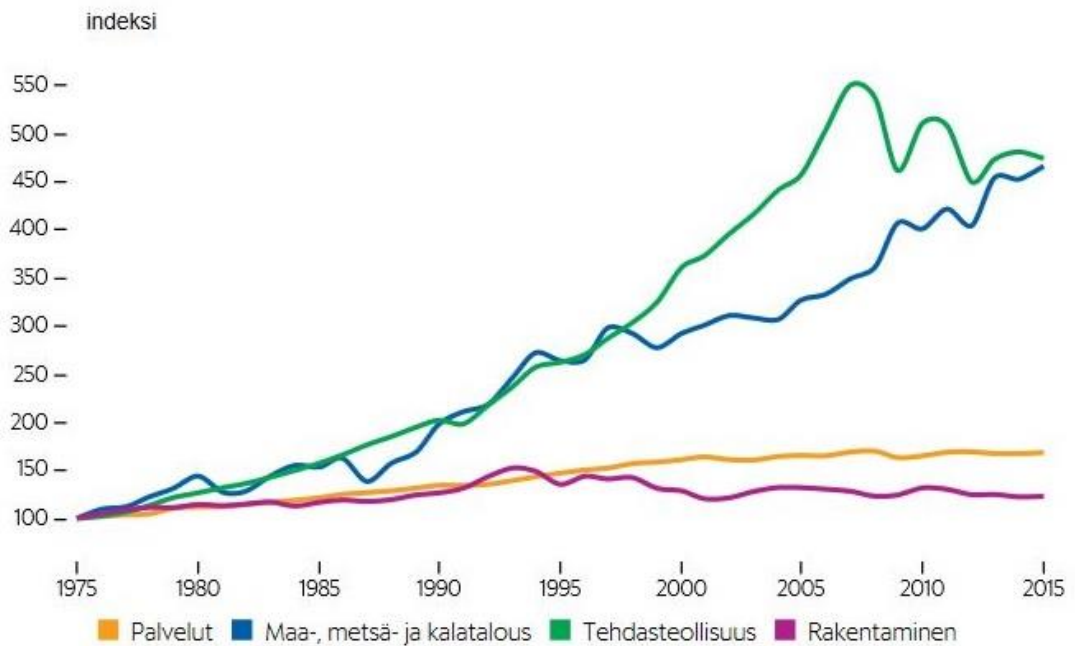
Elämme suuren muutoksen aikaa, joka kulkee nimellä neljäs teollinen vallankumous. Siihen liittyvä paljon puhuttu digitalisaatio sitä ei ole yksin kuitenkaan ajamassa, vaan yhtälöön pitää vielä muistaa lisätä robotisaatio, kvanttietokoneet, tekoäly, nanoteknologia, bioteknologia, 5G-matkapuhelinverkot, 3D-tulostus, esineiden internet (IoT) ja teollinen internet (IIoT). Näistä ensimmäinen on jo hyvässä vauhdissa, kun työn tekemisen ja vapaa-ajan raja häilyy tiedon saatavuuden ollessa yhä enemmän kaikkien ulottuvilla ja joka paikassa. Nämä yhdessä muuttavat meidän toimintatapoja edelleen, samalla synnyttäen uusia ja itse työn tekeminen tulee muuttumaan, kun robotit sekä tekoäly korvaavat ja muuttavat nykyisiä työtehtäviä. Teollisen internetin älykkäät kodit, laitteet ja infrastruktuuri tulevat parantamaan työntekoa ja elämisen laatua, mahdollistaen myös uusia liiketoimintamalleja [1.]. Näiden edessä tunnetustikin konservatiivinen rakennusala joutuu sen mahdollistaman kehityksen mukana muuttumaan.

Uusien teknologioita on syntynyt kuin sieniä sateella ja nopea kehitys on tuonut mukanaan uusia haasteita, mutta on luonut myös uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi tietomallintamisen tuottavuusloikkaa povattiin jo 20 vuotta sitten, mutta vasta nykypäivän tietokoneiden prosessointikyky alkaa olemaan laajamittaisemman hyödyntämisen parissa ja entistä useamman kustannustehokkaasti saatavilla. Tietomallinnuksen teknologioihin ja toimintatapoihin liittyviä haasteita ratkotaan päivä päivältä yhä enemmän ja enemmän ja kehitystä ajetaan isoimpien toimijoiden toimesta eteenpäin alan kehittämiseksi ja alan kilpailukyvyyn parantamiseksi. Tästä hyvä esimerkki on monien tahojen yhteistyössä tehty Yleiset inframallivaatimukset-ohjeistus, jonka laadukkuus on maailmallakin huomattu [2. : 3.].

Tietomallinnus on alalla laaja-alaisesti tiedossa, mutta sen laajamittainen hyödyntäminen ei ole vielä kovin korkealla tasolla, vaikka sen tuomat hyödyt ovat kiistattomat. Esimerkiksi koneohjauksen käyttöönotto työkoneissa on paras tekninen kehitys mitä digitalisaatio on tuonut mukanaan [4.] ja Caterpillarin tekemän tutkimuksen mukaan sen tuomat säästöt kautta linjan ovat kiistattomat [5.]. Tästä huolimatta rakentamisen tuottavuus ei ole kasvanut kuten muilla aloilla, mikä nähdään kuvassa 1. Suurien hankkeiden aikataulut venyvät ja budjetit paukkuvat komeasti. Esimerkiksi Länsimetron ensimmäinen osa myöhästyi yli vuodella ja budjetti ylittyi 38%. Lisäksi Olkiluoto 3:n on tällä hetkellä

maailman toiseksi kallein rakennus ja se ei ole vielä edes valmis 10 miljardin euron kustannusarviolla, kun alkuperäinen oli 3,2 miljardia [6.].

Työn tuottavuuden indeksi 1975=100



Kuva 1. Kuvassa on esitetty kuinka rakentamisen tuottavuus ei ole noussut samaa tahtia esimerkiksi tehdasteollisuuden kanssa. [7.]

Tuottavuuden parantamiseksi on olemassa keinoja ja yhtenä niistä voidaan pitää Lean-rakentamista; vähennetään prosesseissa syntyvää hukkaa. Rakennusalalla suurin osa hukasta syntyy tiedon siirtyessä erivaiheissa ja itse rakentamisen aikana, kun kaikki tieto ei kulje eheänä vaiheesta toiseen [8.]. Tätä Toyotan kehittämää toimintamallia pystytään soveltamaan myös rakentamisen prosesseihin ja kehittämään eri vaiheiden tiedonkulkua ottamalla tietomallin laaja-alaisempi käyttäminen huomioon. Ideaalisessa toimintamallissa rakennushankkeella on vain yksi tietomalli mikä palvelee koko hankkeen elinkaaren aikaista tiedonhallintaa aina esisuunnittelusta kunnossapitoon ja lopulta tämän purkamiseen saakka. Näin toimimalla tiedonkulun eheys hyödyttäisi kaikkia infrahankkeeseen osallistuvia osapuolia ja kaikilla olisi sama ajantasainen tieto käytettävissä.

Jotta tällaiseen toimintamalliin päästäisiin tulevaisuudessa, kaikkien hankkeeseen osallistuvien tulee päästä saman yhteisen tietomallin pariin ja sen tiedon pitää kulkea eheänä eri vaiheesta toiseen, riippumatta siitä minkä tahon edustaja on, mistä tätä tietoa katselee ja muokkaa tai milloin, miten ja mihin sitä tietoa tarvitsee. Tällaisella toimintamallilla on kuitenkin edellytys, että mallia tulee pystyä hyödyntämään tehokkaasti ja monipuolisesti hankkeen elinkaaren jokaisessa vaiheessa. Tarjouslaskentavaiheessa se tarkoittaa hankkeen virtuaalista rakentamista, millä yhteensovitetaan suunnitelmat ja työsuunnittelu yhdeksi kokonaisuudeksi ennen töiden aloittamista.

Tässä työssä tutkitaan tieto-, infra- ja virtuaalimallien uudenlaisien teknologioiden ja menetelmien hyödyntämistä tarjouslaskentavaiheessa. Työssä tutkitaan myös suunnitteluvaiheen ja rakentamisen välisen mallipohjaisen prosessin kehittämistä ja minkälaisia vaatimuksia se asettaa tarjouslaskentavaiheelle.

1.1 Opinnäytetyön tilaaja

Työ tehdään Destia Oy:lle, joka on suomalainen infra- ja rakennusalan yhtiö. Yhtiön osakekanta ostettiin kokonaan Suomen valtiolta Ahlström Capitalin toimesta vuonna 2014 ja on siten ollut siitä lähtien täysin yksityisomisteinen. Destia Oy on Suomen suurin infra-alaan keskittynyt yhtiö, jonka palvelut kattavat koko infran elinkaaren aina suunnittelusta rakentamiseen ja kunnossapitoon asti. Vuoden 2017 lopussa yrityksellä oli 1573 työntekijää ja liikevaihto noin 493 miljoonaa euroa. [9.]

1.2 Opinnäytetyön tausta

Infrahankkeen elinkaaren tarjousvaiheessa tilaaja toimittaa hankkeen tarjoajille tarjouspyyntöaineiston ja sen sisältö voidaan karkeasti jakaa kolmeen erilaiseen tapaukseen:

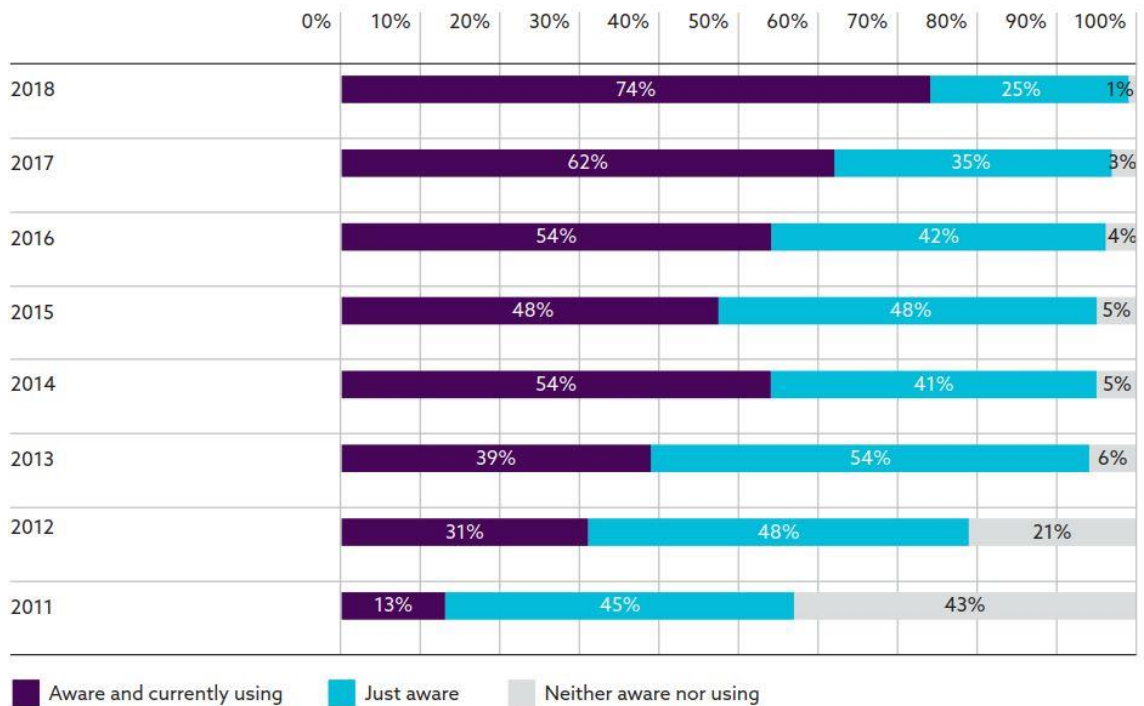
1. 2D-piirustuksiin pohjautuvana pdf-aineistona
2. Aineiston sisältö on pelkästään tietomallinnetussa muodossa
3. Aineisto koostuu näiden molempien yhdistelmästä.

Ensimmäinen tapaus on työn kirjoittamisen aikana yleisin tarjouspyyntöaineiston sisältö. Tapauksen numero kaksi aineiston käyttäminen ei sellaisenaan ole nykypäivänä mahdollista tarjouspyynnöissä ja kolmas on yleistynyt hyvin lyhyessä ajassa. Tarjouslaskennan menetelmät pohjautuvat pääsääntöisesti 2D-piirustuksia lukevien ohjelmistojen käyttöön työn tilaajayrityksessä, koska infrahankkeen tietomallintamisen laaja-alaisempi hyödyntäminen painottuu vielä hyvin paljon suunnitteluvaiheeseen ja rakentamisen aikaisen koneohjauksen toteuttamiseen [10.], eikä käsitä infrahankkeen elinkaaren kaikkia vaiheita. Näin ollen yrityksen tietomalliosaamista löytyy paljon työmaiden koneohjauksen tietomalleja pyörittävien mittaajien sekä operaattoreiden ja tietomalliasiantuntijoiden tietotaidosta.

Tilaaajan toimittaman tarjouspyynnön pohjalta suoritetaan hankekohtainen määrälaskenta, työmaan aikataulutusta ja aluesuunnitelma, lasketaan työn suorittamiseen vaadittavat kustannukset ja mietitään työturvallisuuteen sekä liikenteenohjaukseen vaikuttavat asiat, riippumatta siitä onko laskenta-aineisto perinteisemmässä muodossa vaiko tietomallinnettuna hankkeena. Hankkeen urakkamuodosta ja tilaajasta riippuen tarjouspyyntöaineiston sisältö saattaa vaihdella hyvinkin paljon ja tarjouksen muodostavien hinta- ja laatuosion sisällöt ovat aina hankekohtaisia. Tarjouslaskennan aikana tuotetut dokumentit ovat kuitenkin usein perinteisemmässä muodossa, eivätkä tarjoa infrahankkeen eri sidosryhmille nykyaikaisten teknologioiden mahdollistamaa mallien informatiivisempaa muotoa.

Tulevaisuudessa tilanne on kuitenkin muuttumassa, kun tieto-, infra- ja virtuaalimallien laajamittaisempi hyödyntäminen jalkautuu enemmistölle työn tekemiseen ja käytettäväksi jokapäiväisenä työkaluna (Kuva 2.). The NBS:än vuotuisen raportin mukaan [11, s. 16] BIM:n käyttämisen suurimmaksi ongelmaksi nähtiin siihen liittyvän osaamisen puuttuminen yrityksien sisällä. Niinpä tämänkin työn yksi lähtökohdista on tutkia nykyisten ohjelmistojen hyödyntämistä ja vaatimuksia. Samalla saadaan kasvatettua yrityksen sisäistä tietotaitoa tieto-, infra- ja virtuaalimallien osalta.

BIM adoption over time



Kuva 2. Kuvassa nähdään kuinka BIM:in käyttöä on omaksuttu vuosien saatossa. Kuvassa nähdään myös, kuinka tietoisuus BIM:stä on lisääntynyt. [10.]

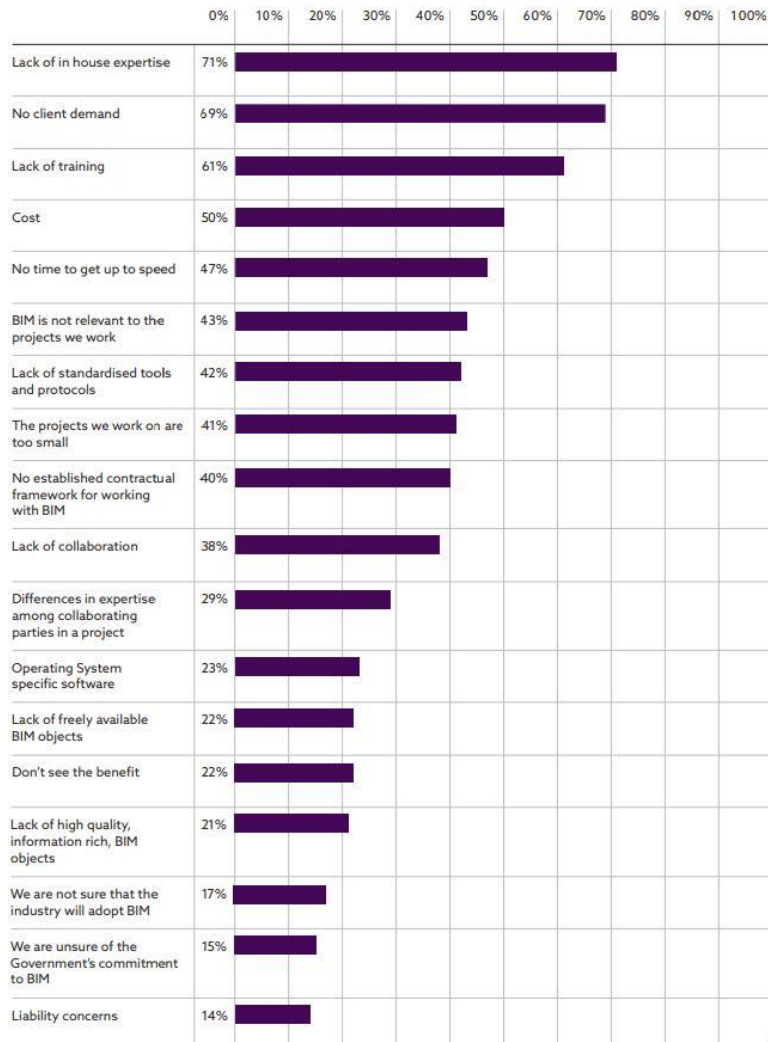
1.3 Tutkimusongelma

Tämän tutkimuksen lähtökohtina toimivat alalla vakiintumattomat toimintatavat ja prosessit mallipohjaisten hankkeiden aineiston käyttämiseen tarjouslaskentavaiheessa sekä kapea-alainen tietotaito aiheesta (kuva 3.). Nämä ajatukset loivat puitteet tutkimuksen lähtökohdille ja niiden pohjalta muodostui tutkimustyön pohjaksi seuraavanlaisia kysymyksiä:

- Mikä on tietomallien laadun nykytila Destialle saapuneissa tarjouspyynnöissä?
- Mitä tietomallipohjaisella tarjouspyyntöaineistolla pystytään tekemään ja mitä pitäisi pystyä tekemään tarjouslaskentavaiheessa?
- Onko tietomalliaineistossa käytetyt tarkkuudet, lähtötiedot ja formaatit riittäviä tarjouslaskentavaiheen eri osa-alueissa hyödynnettäväksi?

- Kuinka tarjouslaskennan menetelmät, toimintatavat ja tarjouspyyntöaineisto muuttuvat tieto-, infra- ja virtuaalimallien hyödyntämisen myötä?

What are the main barriers to using BIM?



Kuva 3. Kuvassa nähdään mitkä ovat BIM:n käyttöön ottamiseksi suurimmat kynnykset. [10.]

1.4 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Edellisessä kappaleessa esitettiin kysymyksiin haetaan tutkimustyön puitteissa vastauksia. Tämän lisäksi tutkitaan tarjouspyynnöissä olevien tietomalliaineiston sisältöä ja näiden monipuolisempaa sekä laajempaa hyödyntämistä tarjousvaiheessa. Opinnäytetyössä kartoitetaan tieto-, infra- ja virtuaalimallintamista mahdollistavien ohjelmistojen

ominaisuuksia ja käyttöpotentiaalia aikataulujen, kustannuslaskennan, työsuunnittelun, määrälaskennan, työmaan aluesuunnittelun, työturvallisuuden ja liikenteen ohjauksen virtuaalisen ja informatiivisemmän tavan esittämisen suhteen. Työssä sivutaan myös 2D-pohjaisen aineiston tehokkaampaa, visuaalisempaa ja monipuolisempaa hyödyntämistä. Työn tuotoksena syntyy suoritettujen tutkimuksen sekä suppeiden kokeilujen perusteella raportti yrityksen käyttöön soveltuvista ohjelmista ja niiden käyttötarkoitusten mahdollisuuksien hyödyntämisestä tarjouslaskennan toimintaa tehostamaan ja terävöittämään. Tämä on kuvattuna liitteessä 1. ja jää vain yrityksen sisäiseen käyttöön.

Työ rajataan käsittämään infrahankkeen tilaajan toimittaman mallipohjaisen materiaalin sisällön ja sitä hyödyntävien ohjelmistojen tutkimiseen ja pintapuoleiseen pilotointiin. Tutkitaan tarjouspyyntöaineiston tietomallipohjaisen aineiston käytettävyyttä ja laajuutta, sekä suoritetaan haastattelu eri osapuolille mallipohjaisen toiminnan nykytilasta (Liite 2.). Rajataan keskittymään uusien menetelmien tutkimiseen, mutta ei tehdä syvällistä tutkimusta tietyistä aihealueista. Lisäksi tutkitaan uusien menetelmien ja teknologioiden vaikutusta tarjoustoiminnan toimintamallin kehittämiseksi.

2 Mallien nykytila tarjouslaskentavaiheessa

Suomen isoimmat infrahankkeiden tilaajat, Liikennevirasto ja ELY-keskukset, edellyttävät pääsääntöisesti lähes kaikissa alkavissa suunnitteluhankkeissa mallipohjaista suunnittelua [12.]. Tätä materiaalia ei kuitenkaan usein toimiteta urakan tarjousvaiheessa muun tarjouspyyntöaineiston mukana ja suunnitelmien perusteella suoritettava laskenta tehdään 2D-pohjaista alustaa hyödyntäen, koska mallipohjaisen materiaalin paikkansapitävyyteen ei ainakaan toistaiseksi luoteta riittävästi. Tämä puolestaan johtaa siihen, että tarjouslaskennassa käytettävien tietomallinnusta hyödyntävien ohjelmien lukumäärä, niihin liittyvä osaaminen ja käyttäminen ovat vähäistä. Nämä puolestaan johtuvat siitä, että tilaajilta tarjousvaiheeseen toimitettavan mallipohjaista-aineistoa sisältävien hankkeiden kappalemääräinen volyymi on esimerkiksi Uudenmaan alueella todella pieni verrattessa perinteisempiä suunnitelmia sisältäviin hankkeisiin [13.].

Tämän työn puitteissa kuitenkin kartoitettiin yritykseen tarjousvaiheessa saapuneiden tietomallinnettujen hankkeiden sisältöä. Ajatuksena tutkia tietomallintamien nykytilaa ja verrata aineistojen keskinäisiä eroavaisuuksia. Yrityksen arkistoja tutkimalla löytyi viimeisen muutaman vuoden ajalta kolmesta hanketta missä tietomallipohjaista aineistoa on ollut jollain tavalla mukana. Näiden hankkeiden tarjouspyyntöjen materiaalista tutkittiin ja listattiin seuraavat asiat taulukkoon ja tällä tiedolla (liite 3.) saatiin hyvä näkemys tietomallien laadullisesta tilasta tarjouslaskennassa ja siten luo hyvän perustan ohjelmistojen ja menetelmien kehittämisen tutkimuskohdiksi kappaleessa 5.

Osassa hankkeita tarkasteltaessa huomattiin, ettei tietomallin laajamittainen hyödyntäminen ole mahdollista mallin vajaavaisuuden tai suppean mallinnuksen vuoksi, esimerkiksi perustusrakenteiden betonirauδοoituksia ei ole mallinnettu ja maanpintoja ei ole aineistossa ollenkaan. Näissä tapauksissa tietomallin käyttöarvo on hyvin pitkälle vain sen visuaalisuudessa mikä auttaa hahmottamaan hankkeen kokonaisuutta. Yksi tarkastelluista hankkeista edusti kuitenkin tietomallintamisen kärkipäätä; toimitettu aineisto on todella laaja. Hankkeeseen kuuluvat taitorakenteet ja maatoihin liittyvät pinnat on mallinnettu vain pienin puuttein ja näiden hyödyntämisessä on paljon potentiaalia hyödynnettäväksi tarjouslaskentavaiheen eri osa-alueissa.

Työn ajankohta mahdollisti myös Liikenneviraston uusien urakkamuodoltaan STk-hankkeiden tietomalliaineistojen sisällön tarkastelun. Hankkeet ovat kokoluokaltaan suuria

(kymmeniä miljoonia tai yli sata miljoonaa) ja materiaalin sisältökin on laaja, ei tarkempi aineistoon perehtyminen ollut työn tekemisen kannalta oleellista.

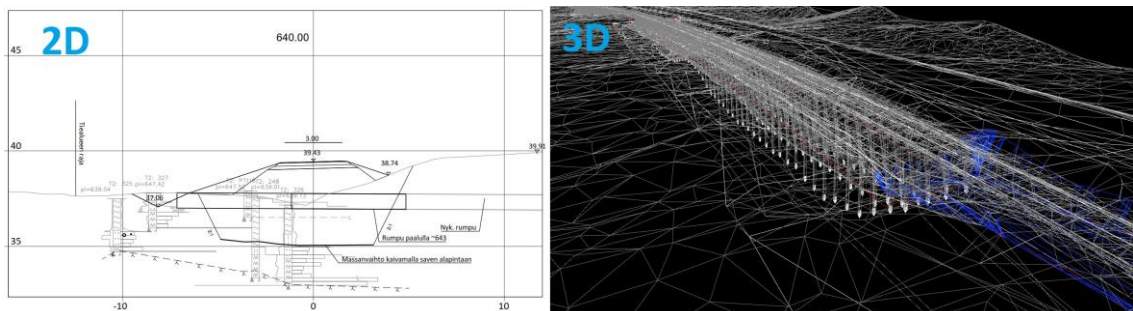
3 Tieto- ja inframallit

3.1 Tietomalli

Kirjallisuudessa törmää usein BIM:stä käytettävien termien sekavuuteen; tietomallinnus ja tietomalli. Sekavuus johtaa juurensa englannin kieleen ja lyhenteeseen BIM, koska Building Information Modeling (tietomallinnus; datan ja informaation hallintaa) sekä Building Information Model (tietomalli; rakennelman visuaalinen 3-ulotteinen esittäminen virtuaalisesti) molemmat käyttävät samaa lyhennettä BIM.

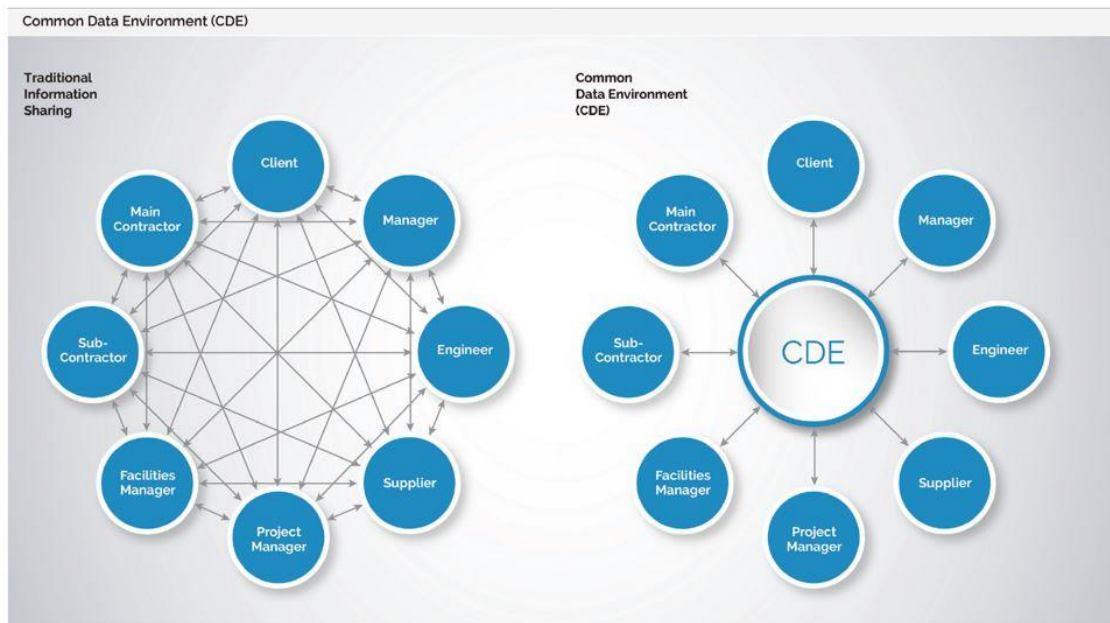
Tietomallinnuksella tuotetaan tieto- ja käsitelmalleja ja ne ovat tarpeellisia monissa eri tiedonhallinnan prosesseissa, kun kuvataan esimerkiksi kokonaismalleja liiketoimintalähtöisyyksistä, tietokantojen suunnittelussa tarvittavista malleista ja tarkempia malleja sovellusaluekohtaisuuksista. Laadituilla malleilla on monia tarkoituksia, mutta parhaimmillaan mallintaminen mahdollistaa eri sidosryhmien välisen synergisen ja luovan yhteistyön, jossa jaetaan näkemyksiä ja sitoudutaan hankkeeseen. Määrittelemällä tärkeät käsitteet mallintamiselle mahdollistetaan yhteisen kielen ja sanaston käyttäminen, mikä palvelee eri osapuolia jopa organisaatorajojen yli. [14.]

Tietomalli on rakennusteknisessä mielessä digitaalinen tietojen kokonaisuus, jolla voidaan kuvata esimerkiksi siltoja ja teitä. Mallilla voidaan kuvata eri rakennusvaiheita ja niiden vaikutuksia ja se toimii rakennelman tietokantana, kun siihen sisältyy rakennelman ominaistiedot sekä rakennusosien ominaisuudet. Rakennelmat kuvataan kolmiulotteisena visuaalisuutensa vuoksi, koska suunnitelmien ymmärtäminen on helpompaa verrattaessa teknisiin kaksikulotteisiin piirroksiin [14.]. Tämä on näytetty kuvassa 4.



Kuva 4. Vasemmalla puolella on kuvattu perinteinen 2D-suunnitelma ja oikealla näkymä 3D-mallista.

Mallien käyttämiseen ja prosessiin liittyy myös CDE (englanniksi Common Data Environment) joka on suomeksi käännettynä yhteinen tietojärjestelmäympäristö. Kyseessä on pilvipalveluun perustuva toimintaympäristö mihin tallennetaan kaikki hankkeeseen liittyvä data, sekä informaatio ja siihen on jokaisella hankkeeseen osallistuvalla pääsy (kuva 5.). Tällainen ympäristö toimii edellytyksenä tulevaisuudessa, jotta päästään mahdollisimman tehokkaaseen ja laajaan tietomallien käyttämiseen eri osapuolien kesken. [15.]



Kuva 5. Kuvassa on esitetty tiedon jakamisen periaatteet. Vasemmalla perinteinen tapa missä tieto on hajaantunut eri osapuolien kesken ja oikealla, kuinka kaikki osapuolet saavat viimeisimmän päivitetyn tiedon hankkeesta yhteisen tietojärjestelmäympäristön (CDE) kautta. [16.]

Tietomallien käyttöön liittyy useita eri formaatteja. Talonrakentamisessa käytetään IFC-formaattia, mutta se on myös infrarakentamisessa käytössä taitorakenteiden malleissa, kuten silloissa, paalulaatoissa ja meluaidoissa. Maailmalla on kehitteillä IFC5-formaatti minkä odotetaan sisältävän täyden tuen erilaisille infrarakentamisen alueille sekä lisättyjä parametrisiä ominaisuuksia, mutta se on vasta aikaisessa suunnitteluvaiheessa [17.]. Jotta IFC4-formaatti tukee infrarakentamista, tulisi sen ohella käyttää tätä tukevia ohjelmistolaajennoksia [18.].

3.2 Inframalli

Pääsääntöisesti rakennusalalla kuulee puhuttavan tietomalleista, koska se on vakiinnut-tanut paikkansa laajemmin talojen rakentamisessa. Infrarakentamisessa pitäisi kuitenkin puhua inframalleista, koska infra- ja tietomallien välinen käytännön ero on huomattava [19.]. Talojen mallinnuksessa käytetään pääsääntöisesti IFC-formaattia, kun inframallit Suomessa käyttävät IM (Inframodel) 4- ja kansainvälistä LandXML-formaatteja. Infra-hankkeiden taitorakenteiden (sillat, paalut, paalulaatat jne.) mallinnuksessa käytetään kuitenkin IFC-formaattia.

Inframallit perustuvat kansainväliseen LandXML-formaatin versioon 1.2 ja siitä uusin ver-sio on 2016 julkaistu IM4, joka on avoin menetelmä inframallin tiedonsiirtoon. Formaatin tarkoituksena on sen laaja-alainen koko infra-alan käsittävä hyödyntäminen suunnitte-luohjelmissa kuin myös mittaus- ja koneohjaussovelluksissa. [19.]

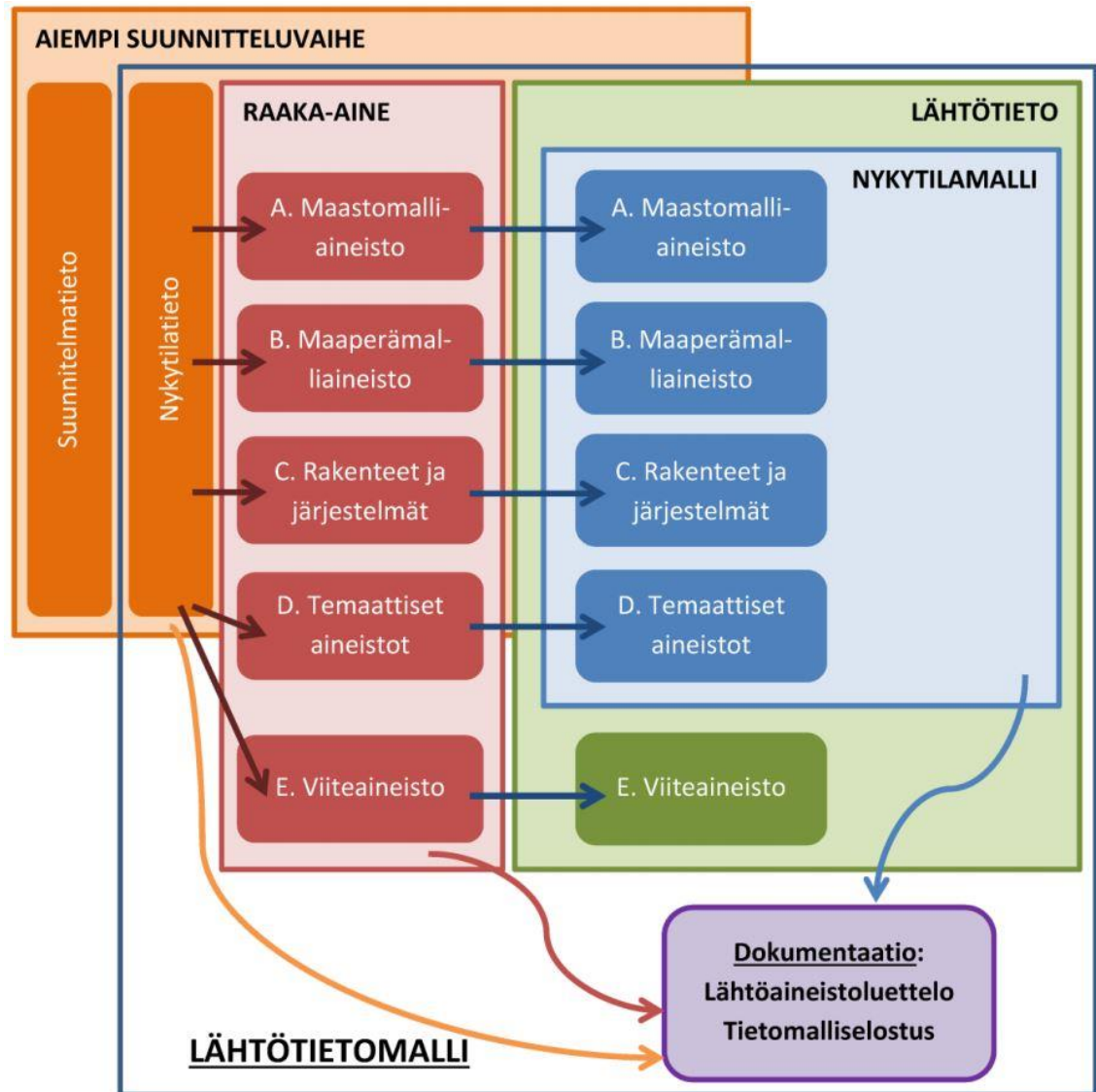
3.2.1 Lähtötietomalli

Lähtötietomallilla kuvataan rakentamista edeltävää, eli nykytilaa aineistolla, joka koostuu eri tietolähteistä saaduista tai mitatuista tuotteista, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankituista digitaaliseen muotoon jäsennellyistä lähtötiedoista. Näihin luetaan maastomalli, kaavamalli, maaperämalli ja nykyisien rakenteiden malli sekä viiteaineisto kuten erilaiset päätökset, sekä viranomaisluvut. Lähtötietojen alakansioden sisältö on esitetty kuvassa 6. Lähtötietomallia täydennetään hankkeen edetessä. [20.]

Alakansio	Esimerkit (suunnitteluvaiheesta riippuen)
A_Maastomalli	<ul style="list-style-type: none"> • Maanpintamalli • Pintavesitiedot ja/tai -malli • Tarkentavat maastotiedot (puusto ja muu kasvillisuus) • Yms.
B_Maaperamalli	<ul style="list-style-type: none"> • Pohjatutkimustiedot • Tulkittu kalliopinta ja maalajirajapinnat • Pohjavesitiedot • Maaperäkartat
C_Rakenteet	<ul style="list-style-type: none"> • Olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien tiedot, esim.: <ul style="list-style-type: none"> ○ Vesihuoltoverkostot, kaivot ○ Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät ○ Johto- ja laitetiedot ○ Sillat ○ Laiturit ○ Valaistus ○ Viitoitus ja opastustaulut ○ Vesiväylien turvalaitteet ○ Aita- ja kaiderakenteet ○ Pohjavedensuojaus yms.
D_Temaattiset	<ul style="list-style-type: none"> • Sisältää sekä fyysisesti olemassa olevia aineistoja (esim. muinaismuistot) että ei-fyysisiä aineistoja (esim. kaavatiedot tai liito-oravien elinalueet aluerajauksena). Aineistoja ovat mm: <ul style="list-style-type: none"> ○ Kartta-aineistot (pohjakartat yms.) ○ Ilmakuvat ○ Kaava-aineistot ○ Ympäristöaineistot (luonto, uhanalaiset lajit, kulttuuriperintö yms.) ○ Liikenneaineistot <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nykyinen liikenneverkko ▪ Erikoiskuljetusreitit yms. ○ Pilaantuneet maat ○ Kiinteistörajat ja maanomistajatiedot ○ Rakennus- ja huoneistorekisteri ○ Toteuttamiseen liittyvät alueiden käyttöoikeudet (tie-, katu- ja rata-alueen rajat, läjitysalueet, väliaikaiset käyttöoikeudet, laskuoja-alueet, suoja-alueet ja -vyöhykkeet) ○ Vesiväyläalueet
E_Viiteaineisto	<ul style="list-style-type: none"> • Muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat • Maastokäynnit ja valokuvat

Kuva 6. Kuvassa nähdään lähtötietojen alakansioiden sisällön jaottelu. [20.]

Lähtötietomalliin kootaan erilaisia aineistoja ja se on tämän lisäksi määritelty tapa lähtöaineiston kokoamiseksi, muokkaamiseksi ja hallitsemiseksi hankkeessa. Lähtötietoaineistoon liittyvien alkuperä- ja metatietojen, että sille suoritettavien muokkaustoimenpiteiden huolellinen dokumentointi on ensiarvoisen tärkeää prosessissa, koska silloin tavoitteena on harmonisoitu lähtötietomallin lähtöaineisto mahdollisimman pitkälle sellaiseen muotoon, joka tukee tietomallipohjaista suunnittelua. Kuvassa 7. on kuvattu lähtötietomallin rakenteen muodostuminen. Lähtötietomallin tekniikkalajien osa-alueet voidaan yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi eli yhdistelmämalliksi, jossa koko hanketta kuvataan kokonaisuutena ja siten pystytään tekemään aineistojen törmäystarkasteluja ja löytämään mahdolliset aineiston päällekkäisyydet. [20.]



Kuva 7. Lähtötietomallin rakenteen muodostumisen kuvaus. [20.]

3.3 Mallintamisen tarkkuustasot

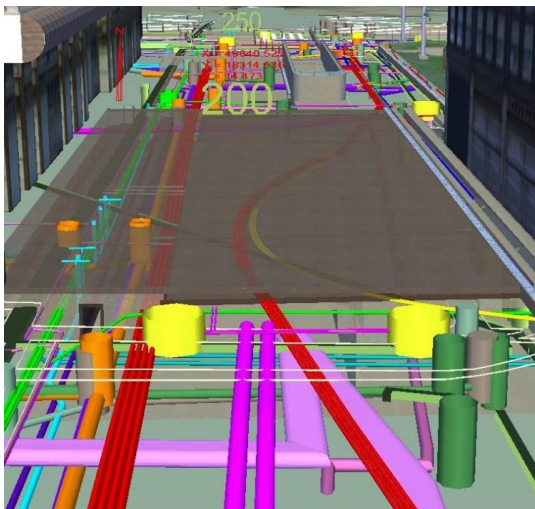
Hankkeen suunnitteluvaihe ja suunnitteluohjeissa määrätyt vaatimukset määräävät mallintamisessa käytettävän tarkkuustason. Hankkeessa käytettävän tason tarkkuus riippuu suunnitteluvaiheesta, suunnittelualan tekniikalajimallista ja mallin hyödyntämistarpeista sekä lähtötietomallin tarkkuustasosta. Eri rakennusosille on kuitenkin nähty tarpeelliseksi määrittää suunnitteluvaihekohtaiset mallinnustarkkuudet, jotka on esitetty kuvassa 8. Suunnitelmia käyttävien eri osapuolien tulee tiedostaa malliaineistossa käytettävä tarkkuustaso [21.], esimerkiksi suorittaessa mallipohjaista määrälaskentaa tulee huomioida mitä on mallinnettu ja määritellä määrät urakka-asiakirjojen mukaisesti.

Mallinnustaso	Mallinnustarkkuus
0	Lähtökohtaisesti ei mallinneta. Voidaan sopia hankekohtaisesti.
1	Mallinnetaan osan ulkopinnat. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia, 2D-pinta, aluerajaus tai taiteviiva riittää.
2	Mallinnetaan osat 3-uloitteisina kappaleina, pintoina tai taiteviivoina. Malli toimii määrälaskennan perusteena, mutta tarkentuu jatkosuunnittelussa. Objektien ominaisuustiedoista kerrotaan vain ko. suunnitteluvaiheessa olennaiset asiat.
3	Mallinnetaan osat kokonaisuudessaan. Sisältää täydellisen kuvauksen rakenteesta. (Tarvittavat ominaisuustiedot on kerrottu YIV-ohjeiden osissa 5-7)
H	Mallinnus ja sen tarkkuustaso sovitaan hankekohtaisesti

Kuva 8. Kuvassa määritellyt tasot käytetyistä mallinnustarkkuuksista. [21.]

3.4 Havainnollistaminen

Yleiset inframallivaatimukset osa 10 [22, s. 4] määrittelee, että havainnollistaminen jaetaan kahteen osaan; tekniseen ja esittävään osaan. Niiden erot on demonstroitu havainnollistavalla esimerkillä kuvassa 9. Havainnollistamisen lähtökohtana on tieto- ja tai inframallilla tuotettu kolmiulotteinen tietosisältö. [22.]



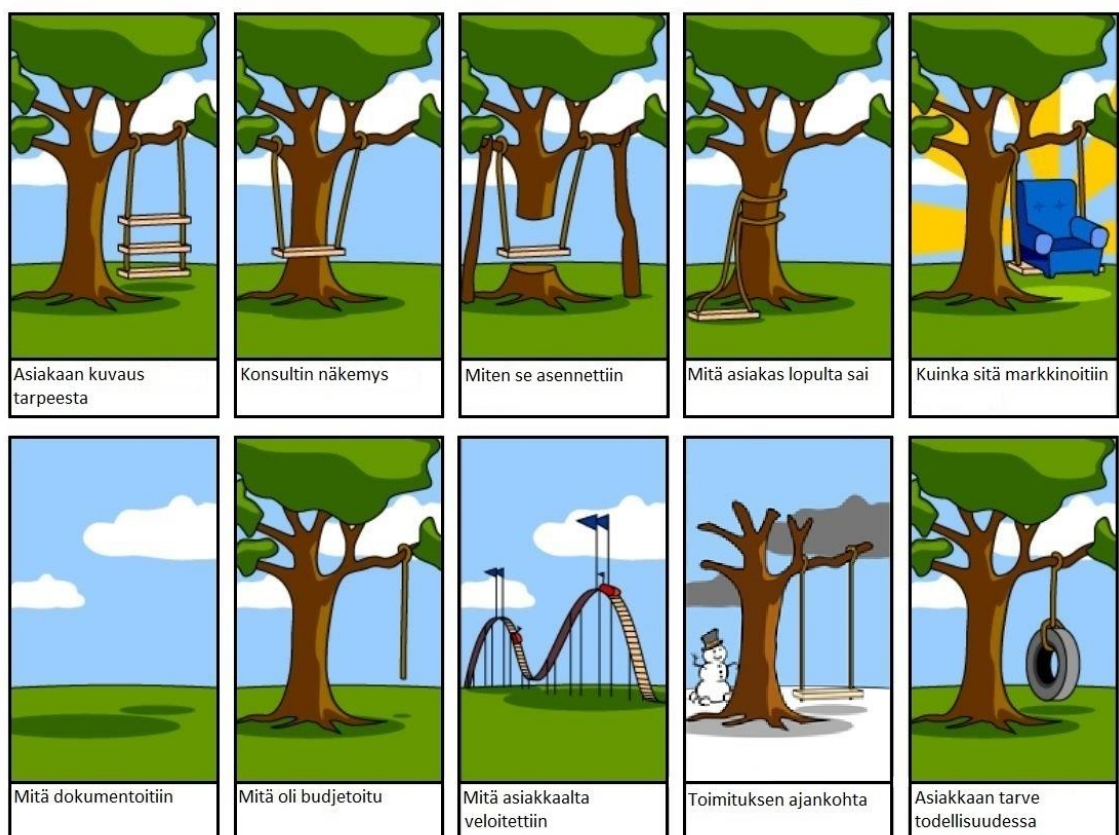
Kuva 1.1 tekninen havainnollistaminen



Kuva 1.2 esittävä havainnollistaminen

Kuva 9. Havainnollistamisen jako kahteen. Vasemmalla tekninen, järjestelmiä sisältävä näkymä ja oikealla fotorealistisempi näkemys, esimerkiksi hankkeen esittelytilaisuuksia varten. [22.]

Hyvä esimerkki visuaalisuudesta ja tietomallilla tehtävästä havainnollistamisesta ja niiden merkityksestä on, kun kaksi henkilöä juttelee keskenään. Ensimmäisellä henkilöllä on näkyvillä kuva, mitä toinen ei näe. Hän yrittää selittää kuvan sisältöä mahdollisimman tarkkaan toiselle, että toinen voisi piirtää saman kuvan mahdollisimman tarkkaan. Näin on erittäin epätodennäköistä, että piirretyn kuvan lopputulos vastaa täysin sitä mitä ensimmäinen henkilö näkee ja on selittänyt, koska tilanteessa tulkinnanvaraisuudella on erittäin suuri vaikutus johtuen ihmisten näkemyseroista. Tulkinnanvaraisuus on demonstroitu kuvassa 10. Siinä kuvastuu hyvin rakennusprojektin eri vaiheet ja useat eriosapuolet, kun kaikki menee kärjistetyksi pieleen ja eri vaiheiden läpi kulkevan informaation eheyden tärkeys korostuu [22.].



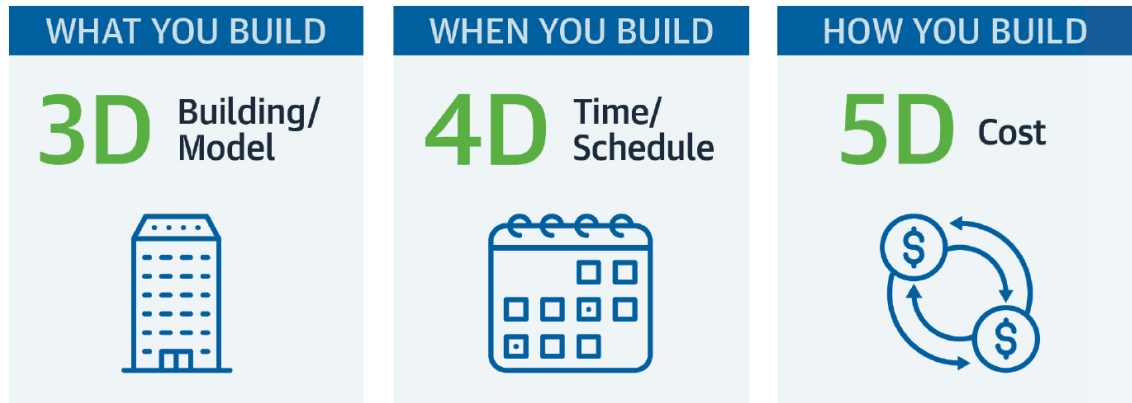
Kuva 10. Kuvassa esitettynä karrikoidusti hankkeeseen osallistuvien näkemykset hankkeesta ja kuinka paljon ne saattavat todellisuudessa erota toisistaan, jolloin tulkinnanvaraisuus on erittäin isossa roolissa.

Malleja hyödynnettäessä virtuaalilasien ja/tai pelimoottorien kanssa, sen visuaalisuuden ja havainnollisuuden anti moninkertaistuu, kun tällainen yhteensovitus avaa suunnitelmien käyttämiselle ihan uudenlaisen toimintatavan interaktiiviseen virtuaalisten ja fyysisten rajapintojen informaation kuluttamiselle. Virtuaalilasien yhdistäminen 5D-mallien

(3D-malli mihin yhdistetty aika ja kustannukset, selitetty tarkemmin luvussa 4.2.) kanssa tulee muuttamaan rakentamista, kunnossapitoa ja toimintoja. Näin toimimalla suurin hyöty saadaan kuitenkin vasta tilanteessa, jossa hyödyntäminen aloitetaan heti hankkeen alusta alkaen. [1.]

4 nD Informaation lisädimensiot

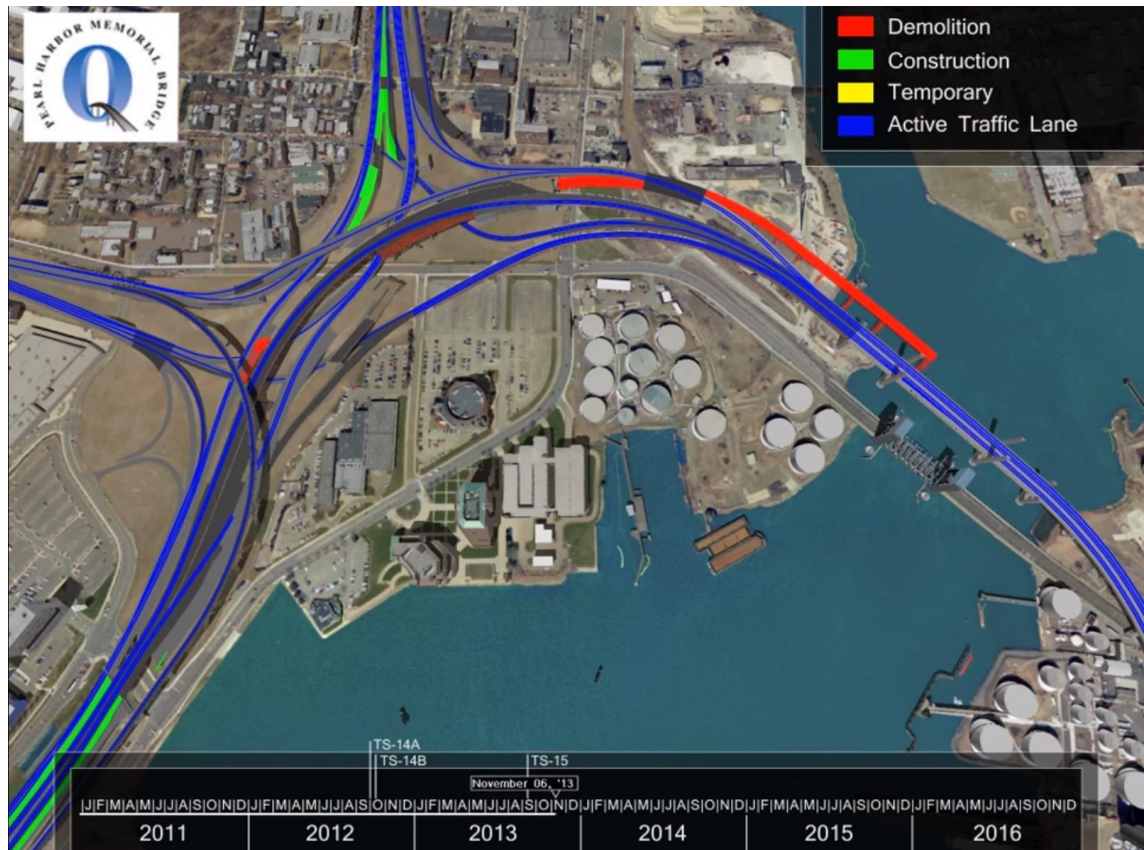
Rakennushankkeen ymmärtää paremmin, kun siihen lisätään informaatiota dimensioiden muodossa; milloin se rakennetaan, kuinka paljon se maksaa ja kuinka sitä kuuluu kunnossapitää, kuten dimensioiden kuvassa 11. Tässä luvussa käydään läpi termit 4D-, 5D- ja 6D-mallit ja niiden lisääminen tietomallintamisen prosesseihin: miten tämä näkyy käytännössä ja minkälaisia hyötyjä niiden käyttämisellä on odotettavissa. [23.]



Kuva 11. Kuvassa esitetty 3D, 4D ja 5D dimensioiden perusidea. Mitä rakennetaan, milloin rakennetaan ja paljonko rakentaminen maksaa. [24.]

4.1 4D Rakentamisen vaiheistus

4D BIM lisää yhden informaation ulottuvuuden tietomalliin aikataulutietojen muodossa. Tiedot lisätään mallin rakennusosiin, jotka rakentuvat yksityiskohtaisesti hankkeen edetessä, minkä periaate on näytetty kuvassa 12. Näin on mahdollista tuottaa mallista aikataulullisesti tarkka informaatio ja näyttää visuaalisesti projektin vaiheittainen kehitys. Tiettyyn elementtiin liitettynä aikatieto voi sisältää tietoja toimitusajasta, kuinka kauan asennus kestää, kauanko rakenteen käyttökuntoon saattaminen kestää, kauanko kovuus kestää, rakennusosien asennusjärjestyksestä ja muiden alojen yhteensovittamisen riippuvuuksista hankkeella. [23.]



Kuva 12. Kuvassa esitetynä 4D-mallin perusidea. Alalaidassa kuvattuna tapahtumien ajanjakso ja oikealla ylhäällä selitetty vaiheiden merkitys värikoodein. Punainen purku, vihreä rakentaminen, keltainen väliaikaiset rakenteet ja sinisellä käytössä olevat liikenneväylät. [25.]

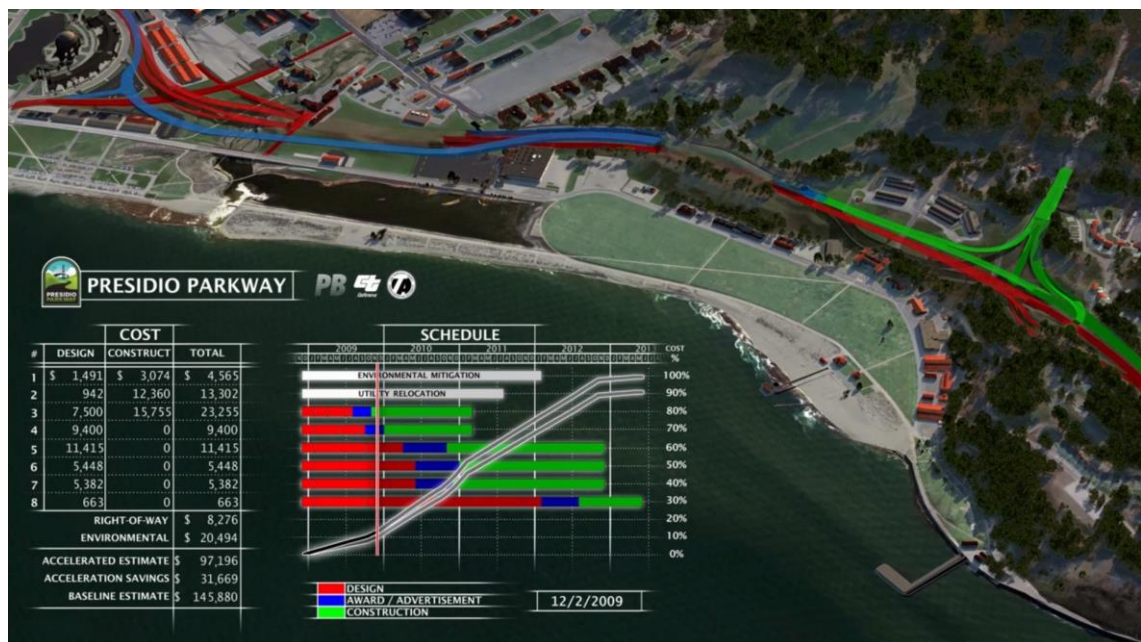
Yhdistämällä aikataulutietoja malliin pystytään jo suunnitteluvaiheessa tekemään alustava luonnos projektin vaiheittaisesta etenemisestä. Rakennusosiin ja järjestelmiin liittyvien tietojen liittäminen graafiseen esitykseen helpottaa ymmärtämistä, kun nähdään rakentamisen kehittymisen ajan kuluessa. Näin voidaan näyttää visuaalisesti miltä rakenteen sen hetkinen tilanne näyttää hankkeen eri vaiheissa. [25.]

Tällä tavoin työskenteleminen on erittäin hyödyllistä, kun työn suunnittelulla varmistetaan toteutuksen turvallinen, looginen ja tehokas vaiheistaminen. Prototyypin luominen rakentamisen vaiheistuksesta auttaa näkemään työmaan toteutukseen tarvittavien resurssien yhteen pelaamisesta ennen kuin paikan päällä rakennetaan fyysisesti mitään ja antaa palautetta varhaisessa vaiheessa, jotta vältetään kallis uudelleenrakentaminen. Näyttämällä projektien ajateltu rakentaminen visuaalisesti pystytään helpommin kommunikoi- maan eri sidosryhmien välillä, koska se antaa kaikille selkeän visuaalisen ymmärryksen suunnitelluista rakenteista ja miltä se tulee näyttämään valmiina. [26.]

4D-tietojen kanssa työskentelyssä on tärkeää huomata, että se ei poista suunnittelijoiden tarvetta projektiryhmässä. Sen sijaan, että vaihtoehtoisia suunnitelmia kehitetään perinteisen työkulun tavoin, mallipohjaisessa työnflowssa suunnittelijat pystyvät paljon aikaisemmassa vaiheessa projektia vaikuttamaan ja muokkaamaan ehdotuksiaan. Näin olemalla osa laajempaa projektiryhmää ja antamaan palautetta projektin aikaisemmassa vaiheessa suunnittelijat pystyvät vaikuttamaan ja lisäämään rakennusprojektin arvoa merkittävästi. [26.]

4.2 5D Kustannukset

5D-mallilla pystytään kuvaamaan hankkeen kustannuksien määräytymistä, joita voidaan simuloida ajanfunktion sekä rakennusosien suhteen. 5D-mallin ytimessä on tietomallin rakennusosien hallitseminen, joista jokaiselle pystytään syöttämään omat tarkat tiedot määräytyvistä kustannuksista. Tämän periaate on esitetty kuvassa 13. [23.]



Kuva 13. Kuvassa on näkymä 5D-mallista. Ajatus on sama kuin 4D-mallissa, mutta siinä on lisäksi määritetty kustannukset. Niiden määräytymistä voidaan seurata ajan ja työvaiheen mukaisesti. [27.]

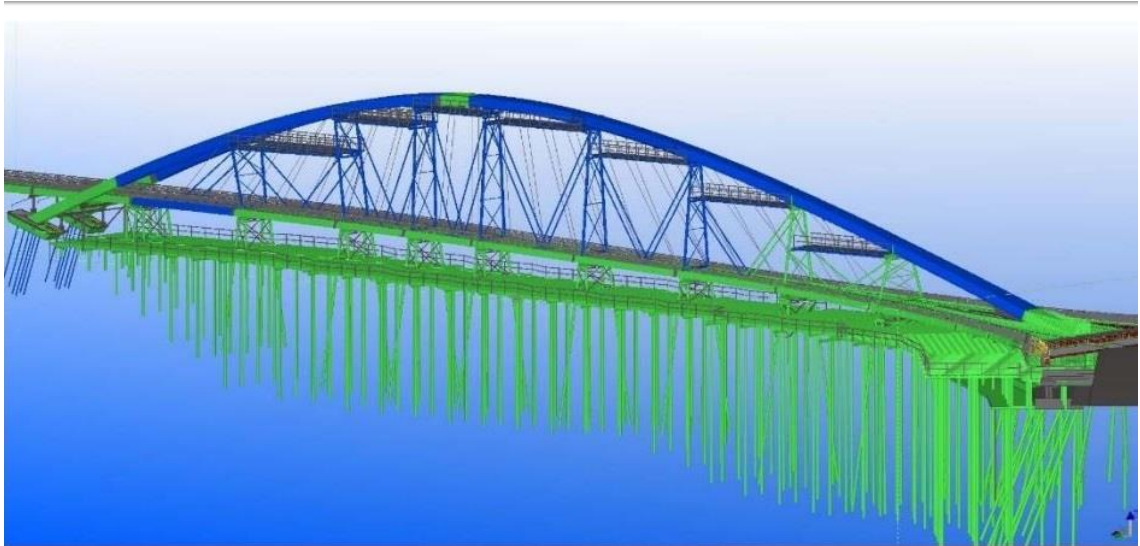
Pääomakustannuksiin voidaan huomioida komponentin ostamisesta ja asennuksesta aiheutuvat kustannukset, niihin liittyvät käyttökustannukset sekä uudisrakentamisen tai

korjaamisen kustannukset. Laskelmia voidaan tehdä mallin rakennusosiin liittyvien tietojen ja niihin liittyvien osatietojen perusteella. Tämä informaatio antaa helpon tavan ekstrapoloida hankkeen määristä tiettyjä osia ja lisätä niihin hinta-arvion, jolloin saavutetaan kokonaiskustannukset. [23.]

Mallia hyödyntävän kustannuslähtöisen lähestymistavan etuina on kustannuksien hahmottaminen 3D-muodossa ja hankkeeseen liitettyjen komponenttien tai järjestelmien automaattinen laskenta. Sopimuksen selkeän arvon ymmärtämisellä sekä oletettavasti käytettävissä olevien 4D-aikataulutietojen perusteella voidaan helposti seurata ennakoitua ja todellista toteumatietoa projektin aikana. Tämä mahdollistaa säännöllisen kustannusraportoinnin ja budjetoinnin, jotta voidaan varmistaa tehokas toteutuminen ja itse hankkeen pysyminen budjetissaan. [26.]

Kustannuslaskelmien tarkkuus riippuu luonnollisesti useiden tiimien tuottamista tietojen tarkkuudesta, koska jos tiedot ovat epätarkkoja, niin ovat myös kaikki siihen perustuvat laskelmat. Tässä suhteessa mallipohjainen määrälaskennan kustannuksien määrittely ei eroa perinteisestä määrälaskennasta. Tästä syystä määrälaskennan roolin tärkeys ei ole pelkästään tietojen tarkkuuden tarkastamisessa vaan myös tiedon puutteiden tulkinnaissa ja täyttämässä, koska projektin monia elementtejä esitetään edelleen vielä 2D pohjaisesti tai ei ollenkaan. [28.]

Mallipohjaisessa aineistossa tulee huomioida kolmenlaisia määriä. Ensimmäisenä on todellisiin mallikomponentteihin perustuvat määrät (näkyvissä olevat yksityiskohdat), joita voi tutkia mallin kautta. Toisena tulee määrät, jotka voidaan johtaa rakennusosista (kuten ikkunoita ympäröivät laudoitukset), jotka eivät aina ole näkyvissä. Kolmas on mallintamattomat määrät, joita on esimerkiksi tilapäiset työt, rakennusliitokset jne. Jos rakennusvaihetta ei ole mallinnettu, suunnittelumalli näyttää graafisesti pelkät suunnittelumäärät, eikä tarvittavia rakentamisessa vaadittuja todellisia määriä. Kuvassa 14. näkyy mallinnettuna väliaikaiset sillan työskentelytasot, joita ei ole toistaiseksi tarjouspyynnön materiaaleissa mallinnettu, mutta ne tulee ottaa urakkatarjouksen hinnoittelussa huomioon. [29.]



Kuva 14. Isoisänsillan tietomalli missä on mallinnettuna väliaikaiset tuet. [30.]

4.3 6D Kunnossapito

Rakennusteollisuudessa keskitytään perinteisesti rakentamisesta syntyviin pääomakustannuksiin. Näiden varojen käytön ymmärtämisen siirtäminen käsittämään hankkeen elinkaareissa kunnossapitovaiheeseen, jossa käytetään suurin osa hankkeen varoista, mahdollistaa etukäteen parempien päätösten tekemisen kustannusten ja kestäväen kehityksen näkökulmasta. Tämä on 6D-mallin perusidea. [23.]

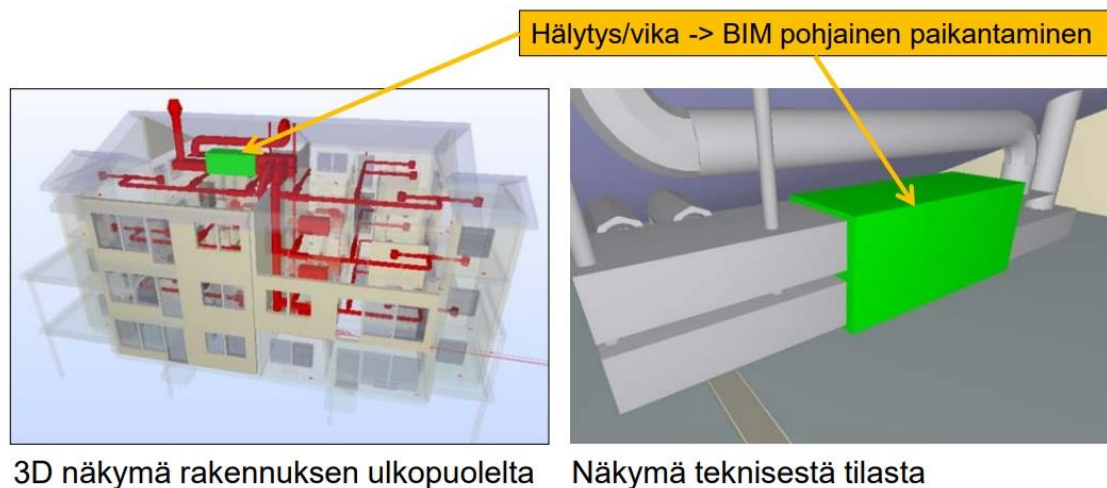
6D-malli sisältää informaation, jolla tuetaan toimitilajohtamisen hallintaa ja toimintaa, jotta saavutetaan parempia liiketoimintoja. Näihin tietoihin voidaan sisällyttää tietoja komponentin valmistajasta, milloin se on asennettu, minkälaista huoltoa se milloinkin vaatii ja yksityiskohtaista tietoa siitä, miten tuote on määritettävä ja käytettävä, jotta saavutetaan optimaalinen suorituskyky, energiatehokkuus sekä käyttöiän että käytöstä poistamisen tietojen osalta. [23.]

Tämäntyyppisten yksityiskohtien lisääminen tietomalliin mahdollistaa päätösten tekemisen suunnitteluprosessin aikana. Esimerkiksi rakennusosan suunniteltu käyttöikä on 5 vuotta, mutta se voidaan vaihtaa malliin, jonka odotetaan kestävän 10 vuotta, jos päätös tukee taloudellista tai toiminnallista tarkoitusta; isompi hankintakustannus, mutta pienemmät elinkaaren kustannukset=pienemmät kokonaiskustannukset. Näin toimimalla

suunnittelijat pystyvät tutkimaan suuren määrän vaihtoehtoisten rakenneosien käyttämistä hankkeen elinkaaren aikana ja hahmottamaan nopeasti niiden vaikutuksista kustannuksiin. Tällainen tieto kuitenkin vasta sitten lisää arvoa, kun se luovutetaan loppukäyttäjälle. [26.]

Kunnossapitomalli tarjoaa helposti saatavilla ja ymmärrettävissä olevan tavan ekstrapoloida tietoa. Perinteisesti paperitiedostoihin upotetut tiedot ovat graafisesta mallista helposti tulkittavissa. Tällainen lähestymistapa on todella omiaan tulevaisuudessa, kun tilavastaava pystyy suunnittelemaan potentiaaliset huoltotoimenpiteet vuosiksi eteenpäin ja kehittämään rakennuksen käytön pohjalta kulutusprofiilin joka kertoo, kun korjaukset saavuttavat epätaloudellisen ajankohdan tai kun olemassa olevat järjestelmät ovat tehottomia. Tällainen suunnittelu ja proaktiivinen lähestymistapa tarjoaa reaktiivisemmän suunnan merkittävät edut, jotka eivät ole kustannuksien osalta vähäisiä. [31.]

Ihanteellisesti tietomalli kehittyisi lisää käyttövaiheessa, kun siihen lisätään tiedot päivitetystä korjauksista ja vaihdetuista osista. Vielä parempi olisi, että malliin syötetään lukemattomia määriä käyttötietoja ja diagnostiikkaa (kuva 15.) jolla pystytään parantamaan päätöksentekoa edelleen. [31.]



Kuva 15. Kuvassa on esitetty ajatus, kuinka diagnostiikka pystyisi hyödyntämään tietomallia sekä vian paikantamista sijainnin mukaisesti. [32.]

4.4 nD Tekoäly

Kuudennen dimension jälkeisistä sisällöistä ei tämän työn puitteissa löytynyt yhteisesti sovittua linjausta, mutta sen voidaan ajatella kattavan kaikki muut tietomalliin lisätyn informaation mikä poikkeaa työssä edellisissä kohdissa mainituista. Periaate tasolla jokaiselle tietomalliin lisättävälle ominaisuudelle määriteltäisiin oma dimensionsa, johon voidaan luokitella esimerkiksi rakennusten energia-analyysit, työmaan työturvallisuuden simulointi, teollisen internetin hyödyntäminen tai vaikka tekoälyn lisääminen tietomalliin; 7D, 8D, 9D, 10D ja niin edelleen. Dimensioiden määrän lisäämistä tietomalliin voisi jatkaa loputtomiin, kun käyttöön kehitetään uusia tapoja ja lopulta päädyttäisiin alkuaineiden jaksollisen järjestelmän taulukkoa vastaavaan tilanteeseen. [33.]

Tätä voidaan pitää rakennusalalla neljännen teollisen vallankumouksen alun jatkona, kun päämääränä on väistämättä tekoälyn hyödyntäminen. Jatkuvasti uusien yksittäisten dimensioiden lisääminen ei kuitenkaan ole järkevää ja sen sijaan pitäisikin puhua ”Infinity BIM:stä”, mikä voidaan kääntää suomeksi äärettömyyden BIM:ksi. Käytännössä tarkoitetaan teknologiaa, mikä tehokkaasti hallitsee tietomalleissa olevaa informaatiota ja kääntää sen käytettävissä olevaan muotoon. [33.]

5 Tarjouslaskentavaiheen vaatimukset

Markkinaorientoituneessa urakointimaailmassa toimivan yrityksen kustannustehokas tarjouslaskenta on elintärkeässä roolissa, jotta tarjouskilpailuissa voitetaan urakoita. Töiden saaminen ja lopulta liikevoiton muodostuminen perustuu pitkälti tarjouslaskentavaiheessa määriteltyihin raameihin. Pysyäkseen kilpailukykyisenä ja ravintoketjun kärjessä, tulee yrityksen hyödyntää olemassa olevia teknologioita mahdollisimman tehokkaasti, olla mukana kehittämässä alaa, sekä mahdollistaa sisäistä innovointia [34.].

Tässä kappaleessa tehtävä tarjouslaskennan terävöittämisen kehyksen raamien tutkiminen voidaan ositella kolmeen lukuun:

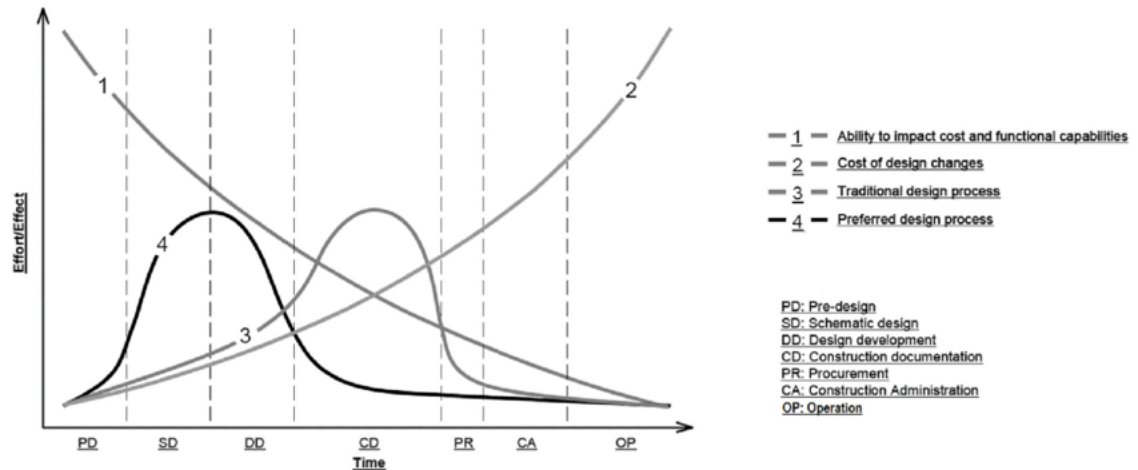
- 5.1. Mallipohjainen toimintatapa ja VDC
- 5.2. Tarjouspyyntöaineiston mallipohjaiset käyttökohteet
- 5.3. Edellisiä kohtia tukevien sovelluksien käyttäminen.

5.1 Virtuaalinen suunnittelu ja rakentaminen

”Hiirellä on paljon helpompi korjata, kuin Hilti:llä.”

-Tuntematon LinkedIn:ssä

Edellä mainittu sitaatti kuvastaa erittäin hyvin sitä, kuinka suunnitelmamuutokset ovat helpompaa sekä huomattavasti halvempaa toteuttaa hankkeen suunnitteluvaiheessa piirustuspöydällä, koska lähtökohtaisesti suunnittelu on rakentamista halvempaa [35.]. Siirrettäessä rakentamisen aikaisia kustannuksia suunnitteluvaiheeseen (kuva 16.) siten, että rakentamisen aikana ei tulisi hanketta viivyttyviä ja hintaa nostavia kriittisiä suunnitelmamuutoksia, päästään tilanteeseen jossa vältytään kalliilta muutostöiltä rakentamisen aikana. [36.] Näin toimimalla mahdollistetaan myös hankkeelle pienempi läpimenoaika sekä kustannukset. [37.]



Kuva 16. MacLeamyn käyrä, jolla kuvataan kustannuksien määräytymistä hankkeen eri vaiheiden suhteen ja kuinka suunnittelulla niihin voidaan vaikuttaa. 1. Käyrä kuvaa mahdollisuutta vaikuttaa kustannuksiin. 2. Käyrä kuvaa suunnitelmamuutoksien vaikutusta hintaan. 3. Käyrällä kuvataan perinteisen suunnittelun kustannuksien syntymistä ja 4. käyrä kertoo, kuinka kustannukset syntyvät ideaalisessa suunnittelussa. [37.]

Visuaalinen rakenteiden esittäminen on keskiössä, kun puhutaan tietomalleista. Tietomallinnuksella puolestaan tarkoitetaan datan ja informaation hallintaa. Mallinnukseen ja malleihin pohjautuvasta simuloinnista käytetään termiä VDC. Kirjainyhdistelmä tulee englanninkielestä sanoista Virtual Design and Construction ja se on suomeksi käännettyä virtuaalinen suunnittelu ja rakentaminen. Se on BIM:stä “poikkeava ja uudenlainen” toimintatapa ja prosessi hankkeen rakennettavuuden simuloimiseen teknologiaa hyödyntämällä. Teknologia itsessään ei kuitenkaan ole VDC:n tarkoitus, vaan sillä mahdollistetaan uudenlaisen prosessin hyödyntäminen, jolla pystytään tukemaan päätösten tekemistä ennen rakentamisen aloittamista. [38.]

Toimintatavan ideana on hankkeen rakennettavuuden analysoiminen simuloimalla rakentaminen ennen kuin mitään on vielä fyysisesti tehty työmaalla. Tämä perustuu 4D ja 5D malleja hyödyntävään simulaatioihin ja niiden analysoimiseen. Tehokkain tapa on käyttää valmiita mallinnettuja elementtejä, koska ne ovat VDC:n työkulussa kulmakivi [39, s.27]. Simulaatioilla analysoidaan työvaiheiden, kustannuksien ja aikataulun riskien suhteita ja määräytymistä toisiinsa ja tunnistetaan ne, jolloin esityksen pohjalta on esimerkiksi helpompi määrittellä hankkeessa määräytyvät mahdolliset riskit. Määrittelemällä virtuaalimallin simulaatio tarpeeksi pieniksi rakennusosiksi ja tekemällä riittävän tarkka aikatauluanalyysi, pystytään arvioimaan hankkeen toteuttaminen paremmin ja näin saadaan aikaiseksi tiukempi tarjous, mikä edistää yrityksen kannattavuutta. [1.]

Simuloimalla hankkeen rakennettavuus useamman kerran ja eri variaatioilla saadaan minimoitua sekä helpommin tiedostettua rakentamisen riskejä ja lisäksi löydetään mahdollisesti halvempi tapa toteuttamiseksi. Tällainen toimintatapa avaa täysin uusia ovia hankkeiden toteutuksen suunnitteluun, kun pystytään tarkastelemaan hankkeen kustannuksia aikataulun sekä rakennusosien funktiona. Tämä mahdollistaa tarjousvaiheessa esimerkiksi kertomaan tilaajalle vaihtoehtoisen halvemman rakennustavan mikä poikkeaa tilaajan näkemyksestä. [40.]

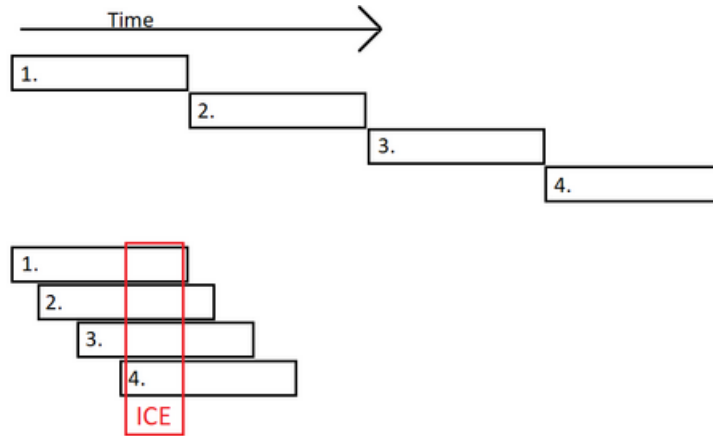
VDC:n hyödyntäminen ei vaadi tietomallipohjaista hanketta, vaan se pystytään rakentamaan 2D-suunnitelmien pohjalta ja tämän jälkeen suorittamaan erilaisia simulaatioita rakennetun virtuaalimallin perusteella. Tällainen toimintamalli ei kuitenkaan ole tehokkain mahdollinen. Virtuaalimallin rakentamisessa pystytään kuitenkin käyttämään paljon samoja lähtötietojen osalta mitä BIM. [41.]

VDC:n käyttäminen tukee Lean-filosofiaa, koska sillä pyritään vähentämään rakennus-alalla eri vaiheiden aikana syntyvää informaation hukkaa. Pystytään ennalta näkemään tulevat työvaiheet, jolloin arvuuttelu vähenee, kun se on jo kertaalleen suunniteltu ja siihen on varauduttu. Tällaisen ennakoimisen toteuttaminen ilman apuvälineitä hankalaa. Näyttämällä konkreettisesti suunniteltu työnkulku muille, ollaan varmoja siitä, että kaikilla on sama näkemys aiheesta. Tämä puolestaan auttaa muiden ideoiden julkituomista, kun se suunnitellaan yhdessä kaikkien hankkeeseen osallistuvien osapuolien kanssa. Näitä asioita esiintuomalla löydetään sujuvaa rakentamista haittaavat tekijät ja pystytään varustautumaan urakan rajoitteisiin ja parhaassa tapauksessa ennaltaehkäisemään niiden tapahtuminen jo ennen rakentamista. [42.]

VDC:n toimintatapaan liittyy myös paljon ICE (englanniksi Integrated Concurrent Engineering), joka voidaan suomentaa integroiduksi työpajaksi. Se on tapa organisoida suunnitteluryhmä, joka mahdollistaa eri sidosryhmille integroidun osallistumisen samanaikaiseen nopeasti kehittyvään ja etenevään projektiin suunnitteluun. [43.] ICE:n päätehtäväksi voidaan määritellä olevan projektin materiaalin monitieteellistä ongelmanratkaisua ja laadun varmistamisen kokoamista. [44.]

Kuvassa 17. on kuvattuna kaksi ääripään janaa suunnitteluprosessin toteutuksen tapojen erilaisuudesta. Ensimmäisessä tehtävät seuraavat toisiaan eikä päällekkäisyyttä synny. Tämä on hidasta, yksinkertaista ja halpaa. Toinen tapa on itse ICE, mikä on toimintatavaltaan nopeampi, tarjoaa suuremman laadukkuuden ja pienemmät projektin

kustannukset, mutta on myös vaativaa toteuttaa onnistuneesti. Tällä tavoin toimimalla saadaan lyhennettyä eri tekniikkalajien sovituksen hitaus, kun vaadittava informaatio on melkein heti tiedossa ja saadaan tehtyä päätöksiä ajallisesti erittäin nopeasti. [45.]



Kuva 17. ICE:n kaksi ääripään periaattetta kuvattuna. [46.]

ICE:n menetelmän periaatetta voidaan hyvin hyödyntää tarjouslaskennassa isommissa hankkeissa, jossa laskentaprosessiin osallistuu useita eri tekniikkalajien osajia. Sen hyödyt kuitenkin korostuvat hankkeissa, joissa rakentamista edeltää eri osapuolet ko-koava yhteinen kehitysvaihe, kuten allianssi- ja STk-hankkeissa, mutta jossain määrin myös ST-urakkamuodossa.

5.2 Tarjouslaskennan osa-alueet

Jokainen urakka on erilainen, koska vastaan ei tule kahta täysin samanlaista hanketta. Jokaisessa hankkeessa tulee kuitenkin tehdä täysin samat asiat. Määrälaskenta, työn-suunnittelu, työmaan aluesuunnitelma, kustannussuunnittelu/ -laskenta ja työturvallisuus-miettiminen. Seuraavaksi perehdytään mitä näistä osa-alueista on hyödynnettävissä mallipohjaisella toimintatavalla.

Määrälaskenta

Määrälaskenta pohjautuu vain numeroihin, eikä siten tarjoa mallin tavalla graafista ulos-antia. Tällöin on myös hankala hahmottaa määrien suuruusluokkia ilman kokemusta

suhteessa hankkeen kokoon nähden. Laskettuja määriä tai tilaajan toimittamaa määräluetteloä käytetään perusteena työmaan johtamiseen ja hankkeen hinnan laskemiseen menekkien, resurssien ja käytettyjen työtuntien kautta.

Mallista tehtävä määrälaskenta yleensä vähentää inhimillisten virheiden määrää ja nopeuttaa laskentavaihetta, kun sitä verrataan perinteiseen 2D-suunnitelmiin pohjautuvaan laskentatapaan, koska mekaanisesti tapahtuva laskeminen vähenee, kun määräluettelo saadaan tuotettua mallista nappia painamalla [39: 2.]. Toisaalta tämä luo mallintamisen tarkkuudelle tiettyjä mallinnusvaatimuksia ja enemmän työtä suunnitteluvaiheessa.

Työnsuunnittelu

Aikataulusuunnittelu toteutetaan tarjouslaskentavaiheessa perinteisesti resurssipohjaisena aikajanakaaviona tai paikka-aikakaaviona ja näin ollen on hyvin karkea näkemys hankkeen läpimenosta. Näin toimimalla hankkeen tarkempi osittelu jää vähäiselle huomiolle eikä siten ole kaikista tarkin ja kustannustehokkain näkemys toteutuksesta. Perinteisemmällä aikataulukaaaviolla pystytään tekemään tarkkojakin aikataulutuksia, mutta sen visuaalisuus ja informatiivisuus ovat paljon vähäisempiä verrattaessa sitä vaihteittain tapahtuvaan pala palalta rakentuvaan 4D aikataulumalliin. Tällainen toimintamalli avaa täysin uudenlaisen tavan suunnitella työmaan kulkua ja toteutusta.

Työnsuunnittelun aikana mallilla tehtävä työvaiheiden törmäystarkastelu edes auttaa työn virtauksen suunnittelua, kun nähdään eri työvaiheiden päällekkäisyydet ja vaikutukset niiden keskinäisiin suhteisiin. Näin simuloitavaa törmäystarkastelua ei kuitenkaan pidä sekoittaa suunnitelma-aineiston törmäystarkasteluun, mikä suoritetaan aikaisemmin suunnitelmavaiheessa. Toki, jos näin ei ole, pystytään tarjousvaiheessa huomioimaan huomattavat päällekkäiset suunnitelmat ja niistä aiheutuvat muutokset ja ottamaan ne mahdollisesti huomioon riskien tai suunnitelmamuutoksien muodossa hinnoittelussa.

Jos aikataulua päivitetään hankkeen etenemisen mukaisesti, valmistuneen aikataulumallin tietoa pystytään hyödyntämään jälkilaskennassa vertailemalla suunniteltua aika-simulaatiota ja toteutunutta aikataulumallia.

Työmaan aluesuunnitelma

Virtuaalisesti tehtävään työmaan aluesuunnitelmaan pystytään päivittämään rakennustyömaan silloinen rakentamisen hetken tilanne. Näin toimimalla on helppo näyttää esimerkiksi ulkopuolisille työmaan tilanne, missä on vaarallisia paikkoja kulkea, missä tehdään meluvia tai muuten haitallisia töitä. Lisäksi aluesuunnitelmaan yhdistettäessä aikataulumalli, pysyy hankkeen tilanne ajantasaisena koko rakentamisen ajan.

Mallipohjaisen aluesuunnitelman merkitys ja visuaalisuus kasvavat merkittävästi, kun siitä voidaan renderöidä jopa fotorealistinen malli, jota voidaan käyttää hankkeen esittämiseen eri osapuolille ja sidosryhmille. Näyttämällä mahdollisimman todenmukainen esitys tulevasta, voitaisiin toteutuksen aikana parhaassa tapauksessa kokea déjà vu-tunne.

Kustannussuunnittelu/-laskenta

Kustannus- ja määrämallilla tehty hankkeen budjetointi edesauttaa hankkeen kustannuksien seuraamista, kun mallista nähdään viikkotasolla kustannuksien syntyminen, kun ne sidotaan aikataulumalliin. Myös raportointi helpottuu, kun kuukausittainen raportointi suoritetaan aikataulun kanssa yhdessä. Nämä yhdessä perustuvat kustannus- ja määrämallilla tehtäviin simulaatioihin, joilla pystytään havainnollistamaan kustannuksien syntymistä ajan sekä rakennusosien kustannuksien syntymisen suhteen.

Työturvallisuus

Työmaalla tehtävä perehdytys helpottuu, kun työmaan sen hetkinen tilanne nähdään mallista yhdellä vilkaisulla ja näin ennaltaehkäistään työtaturmia, kun on tiedossa etukäteen työmaan tilanne ja vaarapaikat. Tiedettäessä mitä tapahtuu missäkin ja/tai tiedostetaan työmaan vaara-alueet, pystytään ne kertomaan jo perehdytysvaiheessa ja näin ennaltaehkäisemään työtaturmien inhimillisiä virheitä. Työturvallisuuden suunnittelu tarjousvaiheessa, esimerkiksi vaiheistukset ja ns. työteknisesti vaarallisten alueiden rajaaminen. Työmaasuunnitelma ja siihen lisätty aikataulu toimivat tässä erittäin tärkeässä roolissa.

Mallien pohjalta pystytään rakentamaan useilla eri pelimoottoreilla toimivia pelejä, joissa pystytään kulkemaan tietomallin sisällä ja käyttämään sitä hankekohtaisena työmaan työturvallisuuden perehdytyksenä.

Hankkeeseen/projektiin orientoituminen

Virtuaalimalli helpottaa hankkeeseen osallistuvien henkilöiden perehdytystä, koska virtuaalisesti rakennettu ja ylläpidetty työmaa kertoo etukäteen mitä tulevan pitää ja näin helpottaa työmaahan orientoitumista ja viimekädessä työvaiheen suorittamista. Tämä myös sitouttaa aliurakoitsijat alusta alkaen, kun he tietävät mitä tekevät milloinkin, missä ja minkälaisessa ympäristössä. Tämä helpottaa myös työnjohtajien työnseurantaa, kun malli toimii seurannan ohjenuorana. Isompien hankkeiden esittely on visuaalisuuden takia jouhevaa esimerkiksi yrityksen johtoportaalle.

Työnaikaiset liikennejärjestelyt

Visuaalisella kolmiulotteisella mallilla edesautetaan työn aikaisten liikennejärjestelyjen tekemistä ja helpotetaan työvaiheiden suunnittelua sekä jaksottamista, kun nähdään kolmiulotteisena liikennejärjestelyjen laajuus. Yhdistämällä malliin keskimääräinen vuorokausiliikenteen simulointi saadaan todella tehokas työkalu työnaikaisien liikennejärjestelyjen tekemiseen ja kokonaisuuden hahmottamiseen.

5.3 Virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen ohjelmistot

Luvuissa 5.1. ja 5.2. mainitut menetelmät ja aineiston asettamat vaatimukset toimivat pohjana ohjelmistojen käyttämiselle tarjouslaskennan eri osa-alueissa. Näiden vaatimusten perusteella suoritettiin kartoitus ohjelmista, joilla on internetistä kerätyn informaation perusteella potentiaalia vastata tarjouslaskennan kehittämisen mallipohjaisen toimintatavan tarpeisiin.

Kartoituksen haasteena oli löytää ohjelmistot, jotka tukevat mallien käyttöä tarjouslaskennassa sekä pystyvät palvelemaan yrityksen rakentamisen liiketoiminnan eri osa-alueita mahdollisimman laajasti ja monipuolisesti. Tämä oli erityisen hankalaa, koska näitä hyödyntävien ominaisuuksien mainostaminen joidenkin ohjelmistotoimittajien verkkosivuilla oli hyvin vähäistä tai olematonta ja se teki ominaisuuksien kartoittamisesta paikoitellen erittäin hankalaa. Hankaluudesta huolimatta saatiin hyvä näkemys ohjelmistoista ja vertailun helpottamiseksi niistä laadittiin erillinen taulukko liite 4. Työssä tutkittaviksi ohjelmistoiksi valikoitui seuraavat:

1. Autodesk AutoCAD, Civil 3D, Navisworks Freedom/Manage ja Infracore
2. Trimble BC HCE ja SketchUp
3. Bentley Navigator
4. Viasys VDC
5. RiB-Software iTwo 5D
6. Dassault Systemes Dalmia.

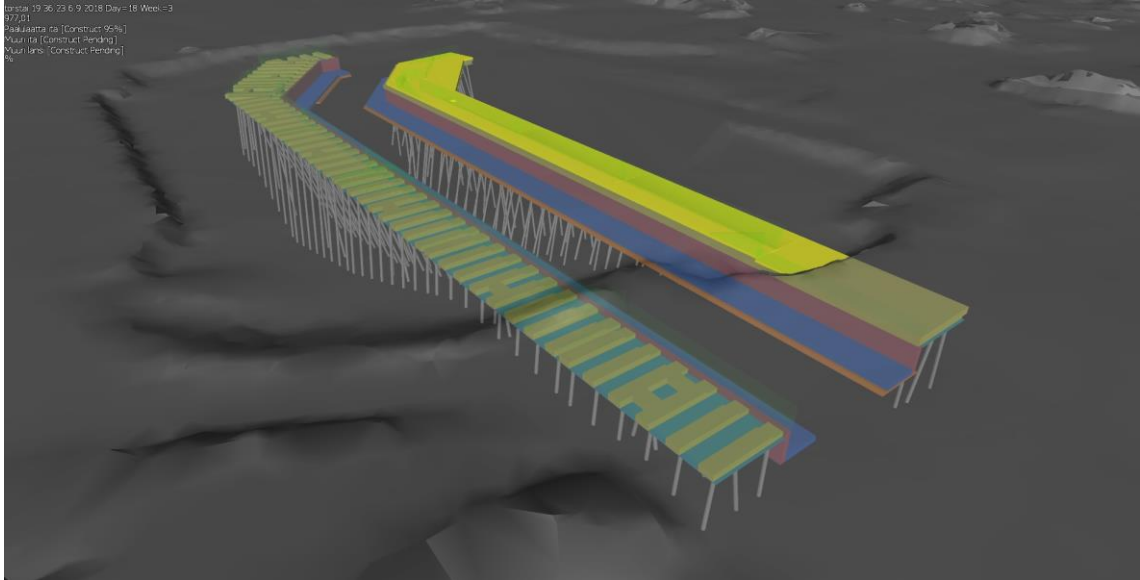
Näistä ohjelmista 4D ja 5D simuloimisen mahdollistavia ovat Autodesk Navisworks, Bentley Navigator, Viasys VDC, RiB-softwaren iTwo 5D sekä Dassault Systemsin Dalmia. Näiden pilotointiin ohjelmistotuottajista ainakin Autodesk, Viasys ja Bentley tarjoavat suoraan lisenssin ohjelmistojensa kokeilemiseksi. Muut listassa mainitut ohjelmat eivät mahdollista 4D/5D simulointeja, mutta tukevat tarjouslaskennassa käytettävää aineistoa. Esimerkiksi Trimblen SketchUp:illa pysytään tekemään muun muassa yksityiskohtainen työmaan aluesuunnitelma ja BC HCE mahdollistaa perinteisen PDF-muotoisen aineiston hyödyntämisen digitaalisessa ympäristössä. Infracore:lla puolestaan pysytään tekemään työmaan aluesuunnitelma, mutta kokeilujen perusteella ohjelman tuottaman sisällön lähtökohtainen tarkkuus ei ole riittävä mikä nähdään kuvassa 18. Ohjelmalla on kuitenkin paljon potentiaalia ja sen hyödyntäminen vaatisi jatkotutkimuksia.



Kuva 18. Kuva sijoittuu Helsingin keskustaan, vanhaan kirkkopuistoon. Etualalla nähtävä puisto on todellisuudessa tasainen, eikä korkeuskäyrien todellinen vaihtelu ole kuvan korkeuskäyrien osoittamaa 20 metriä. Rakennuksien korkotasojen ero todelliseen on suuri, eikä näin ole todenmukainen.

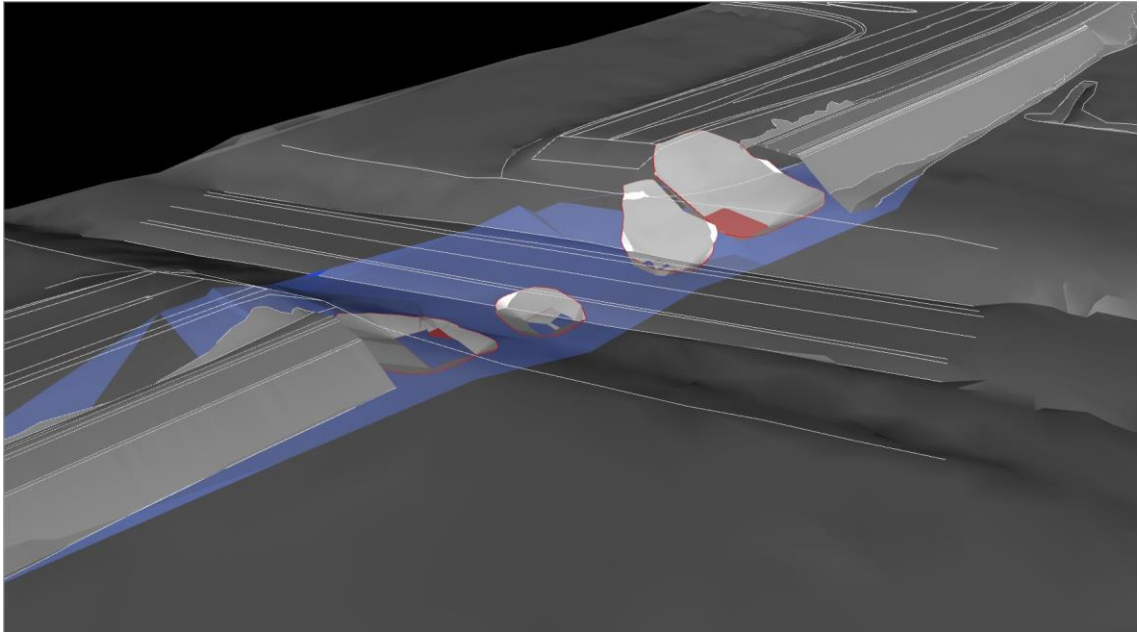
VDC-ohjelmistojen suurin hyöty on 4D-mallinnuksen käyttämisessä sen tuoman lisätyn visuaalisuuden muodossa, kun saadaan esitettyä toteutettavan hankkeen ajateltu rakennusjärjestys ja simuloitua ajateltua etenemistä ajan suhteen. Tämä on esitetty kuvassa

19. Näin toimimalla pystytään ennakoimaan rakentamisen epäkohtia ja varautumaan niihin. Työn aikaisessa pilotoinnissa kuitenkin huomattiin, että tilaajan toimittaman materiaalin jalostaminen omaa yhdistelmämallin käyttöä ja 4D-mallia varten ei ole täysin ongelmaton.



Kuva 19. Vasemmassa yläkulmassa ilmoitettu sen hetkinen työvaihe, valmiusaste ja kustannukset. Vaaleanvihreällä kuvassa rakenteilla oleva rakennusosa.

Tilaajan toimittaman tarjouspyyntöaineiston .xml-tiedostot ovat mahdollista muuttaa .dwg-muotoon, mutta niiden lisääminen Bimsight:iin muutoksen jälkeen yhdistelmämalliksi ei onnistunut tuntemattoman syyn takia ja siihen ei ollut mahdollisuutta perehtyä tämän työn puitteissa. Navisworks ohjelmassa ne kuitenkin toimivat ja pystyttiin muodostamaan yhdistelmämalli (kuva 20.) ja sen pohjalta suorittamaan 4D-mallin simulointi. Tilaajan toimittamat IFC-mallit toimivat molemmissa ohjelmissa moitteetta. 4D-mallin simuloinnin ongelma Navisworks ohjelmassa oli malliaineiston laajuus. IFC-mallit ovat usein hyvin tarkkaan mallinnettu ja sen takia koostuu monen eri osan kokonaisuudesta. Väylämallit puolestaan koostuvat pintamalleista ja käsittää täten yleensä kokonaisen kadun osuuden hankkeesta. Tämä asettaa vaatimuksia aineiston käyttämiselle aikataulun vaiheistuksessa, kun jos väylä pitää jakaa paaluväleittäin useampaan vaiheeseen ja toisaalta IFC-mallin useat eri osat muodostavat yleensä yhden vaiheen. Mallin jakaminen vaiheisiin ei siten ole suoraviivaista ja helppoa, vaan on paljon aikaa vievää ja sisältää paljon mekaanista työtä.



Kuva 20. Tilaajan aineistosta koottu yhdistelmämalli, jonka pohjalta pystyttiin tekemään hankkeen 4D-simulointi.

Mallipohjainen määrälaskenta perustuu mallinnettujen pintojen/geometrian taiteviivojen väliseen tilavuuden laskemiseen, oli sitten kyseessä taitorakenteen tilavuus tai vaikka kallionpinnan ja nykyisen maanpinnan välinen ero. Infrakit ohjelmalla pystytään laskemaan mallin pohjalta paaluväleittäin massoja, kun aineisto on IM-formaatin mukainen, mutta sen käyttämiseen ei syvennytty tämän työn puitteissa tämän enempää. Taitorakenteiden osalta määrät voidaan tuottaa esimerkiksi Navisworks:llä, mutta silloin mallin tarkkuus ja rakennusosien määritellyt metatiedot ovat määräävänä tekijänä. Vaihtoehtoisesti määrärien tuottamiseksi voidaan käyttää ohjelmaa, jolla tiedosto on tuotettu sen natiivimuodossa.

Mallipohjainen määrälaskenta kulkee 5D-mallin käyttämisen kanssa käsikädessä, koska aikataulut perustuu hankkeen määrätietoihin ja sitä kautta koneiden resurssointiin kapasiteettien kautta. Aikataulua ei pystytä tekemään ilman, että hankkeelle on olemassa juuri yksinomaan sille määritellyt määrätiedot. Tämä määrätieto pitää kuitenkin olla jaoteltuna lohkoihin hankkeen sisällä, jotta hankkeen aikataulutuksesta pystytään tekemään järkevä ja looginen. Se miten tällainen lohkojako tehdään, vaatii tarkempaa tutkimusta osaltaan siitä, että onko se tehtävissä tarjouslaskennan aikana vai onko sen tekeminen järkevämpää tarjouspyyntöaineistoon suunnitteluvaiheessa.

Viasys VDC ohjelmistolla pystyy tekemään määrälaskentaa, mutta ohjelmiston syvällisempään kokeiluun ei ollut mahdollisuutta perehtyä tämän työn aikana. Ohjelmistotuottajista Bentley Systems, Dassault Systemes sekä RiB-Softwarelta ei saatu ketään henkilöä kiinni kuka olisi voinut auttaa tarkemmin ohjelmistojen kanssa ja kertoa niistä enemmän, jolloin niiden käyttöön ja itse ohjelmiin ei ollut minkäänlaista mahdollisuutta perehtyä tämän työn puitteissa.

Ohjelmistojen laitevaatimuksiin perehdyttäessä havaittiin, että niissä on hyvin paljon samankaltaisia vaatimuksia. Liitteessä 3. on esitetty tässä työssä tutkittujen ohjelmien vaatimuksia niiltä osin, kun tietoa löytyi. Nämä vaatimukset toimivat pohjana kappaleessa 6 esitetyille laitteiston vaatimuksille. Useimmat 3D-mallit pyörivät lähtötasoisilla nykyaikaisilla laitteistoilla ja katselukin onnistuu suhteellisen isoista malleista, mutta mallin koon kasvaessa, kasvaa myös samassa suhteessa laitteistovaatimuksetkin. Nyrkkisääntönä voisi sanoa, että jos mallien kanssa työskentelee päivittäin, tietokoneeseen tarvitaan erillinen näytönohjain, sekä useampi ytiminen prosessori. Tämä on tärkeää huomioida siinä vaiheessa, kun mietitään mallipohjaisen toiminnan roolia, jottei laitteistovaatimukset ole estämässä tehokasta mallintamista ja hidastamassa työntekoa.

6 Mallipohjaisen toiminnan haastattelukysely

Neljäs teollinen vallankumous tulee muuttamaan työtekemistä ja yhteen hiileen puhaltamalla saavutetaan parempia tuloksia, siksi tämän työn tekemisen kannalta ja myös alan eteenpäin viemiseksi on oleellista haastatella rakennusalan eri osa-alueiden asiantuntijoita ja kartoittaa heidän näkemyksiään mallipohjaisen toiminnan nykytilanteesta ja lähitulevaisuudesta. Haastatteluun valittiin henkilöitä työn tilaajayrityksestä niin suunnittelusta kuin toteutuksesta, mutta myös tilaajia usean eri instituution edustajista keillä on kokemusta mallipohjaisesta toiminnasta sekä tämän lisäksi ohjelmistotoimittajien edustajia. Näin toimimalla saatiin mahdollisimman todenmukainen kuva alan tilanteesta.

Koska haastattelukyselyyn vastaajien edustus alalta oli niin laaja, täysin samaa pohjaa ei pystynyt käyttämään jokaisessa haastatteluissa. Tämä johti siihen, että perusrunko oli kaikille sama, mutta haastateltavasta riippuen sisältöä piti muuttaa sen mukaisesti, kenelle haastattelu on kohdistettu. Kaikille esitetyt samat kysymykset ovat esitetty liitteessä 2. Näiden lisäksi esitettiin tarkentavia kysymyksiä tapauskohtaisesti.

Haastattelun vastaajien otannaksi haarukoitiin 30 potentiaalista henkilöä ja otanta perustui yrityksen sisäiseen näkemykseen henkilöiden osallisuudesta mallipohjaiseen toimintaan. Työn tekemisen ajankäytön vuoksi haastattelukyselyn tiedustelu lähetettiin sähköpostitse lopulta 22:lle henkilölle, joista saatiin 15 vastausta sähköpostiin. 15 vastauksesta 10 kanssa saatiin sovittua tapaaminen joko kasvotusten tai Skypellä. Ohjelmistotoimittajien kanssa tapaaminen kasvokkain oli paras toimintatapa, koska silloin ohjelmistojen esitleminen tapahtuisi kaikista luontevimmin ja vuorovaikuttaminen on helpompaa. Haastattelumuodoksi valittiin teemahaastattelu aiheen monimuotoisuuden vuoksi, eikä nähty tarpeelliseksi luoda syvempää näkemystä tietyistä aiheista ja lähtökohdaksi syntyikin alan näkemyksien yhteen kerääminen.

6.1 Haastattelukysely

Nykytilan isoimmaksi ongelmaksi nähtiin ohjelmistojen kehitys ja siihen liittyvä oman osaamisen päivittäminen uusien ohjelmistojen tai niiden ominaisuuksien kehittymisen ja julkaisuiden mukana. Toisena isona ongelmana nähtiin osaamisen puute. Tilaaja ei välttämättä tiedetä mitä pitäisi tilata mallipohjaisesti ja suunnittelijat eivät välttämättä osaa

tehdä mallipohjaisia suunnitelmia tai suunnittelun osaamisen taso vaihtelee erittäin paljon. Yhtenä yleisenä alan ongelmana nähtiin eri vaiheiden siiloutuneisuus ja se, kuinka sama yhdessä vaiheessa määritelty tieto ei kulje yhtä tietorikkaana seuraavaan vaiheeseen. Suunnitelmat ja mallit nähdään kahtena eriasiana, kun malleista tulisi tehdä tarvittaessa suunnitelmat, eikä päinvastoin. Ongelmiksi koettiin myös yleinen tiedottomuus sekä vastarinta.

Ongelmista huolimatta mallipohjaisessa toiminnassa nähtiin paljon hyötyjä, kun sitä verrataan perinteiseen toimintaan. Yleisesti mallipohjainen toiminta mahdollistaa yhtenäisemmän toiminnan, yhteisiä toimintatapoja ja laadukkaampaa toimintaa. Mallipohjaisen toiminnan hyödyistä puhuttaessa esimerkiksi ehdotettiin pientä lumipalloa, joka heitetään lumiseen mäkeen ja alaspäin rullatessaan kasvaa kasvamistaan. Eli mitä enemmän sitä käytetään ja mitä useampi osapuoli liittyy joukkoon, sitä suuremmat hyödyt sen käytöstä saadaan kautta linjan. Mallipohjaiset suunnitelmat nähdään myöskin laadukkaampina, mikä edesauttaa laadukkaamman lopputuotteen tekemisessä, kun mallilla tieto siirtyy fiksummin ja sitä voidaan käyttää pohjana sopimuksen tekemiselle. Kustannussäästöjen saavuttaminen on myös mainitsemisen arvoinen seikka.

Nykytilassaan mallipohjaiseen toimintaan sisältyy paljon potentiaalia. Ideaalitulanteessa suunnittelijan toimittama aineisto olisi mahdollista tarkastuksen jälkeen sellaisenaan ajaa suoraan kaivuriin. Isoja hyötyjä saavutetaan myöskin tuotannon ohjauksessa, kun masanseuranta helpottuu, työnohjaus tehostuu ja pystytään tekemään tarkempi aikataulutus. Potentiaalia on myös ongelmien ratkomisessa ennen kuin kone seisoo työmaalla ja laaja-alaisemmassa käytössä, kun nykyisellään aineiston käyttö on hyvin pistemäistä. Yksittäisillä projekteilla voidaan mallipohjaisessa toiminnassa olla hyvin pitkällä eivätkä parhaat käytännöt ole vielä jalkautuneet alalle yleisesti.

Kuten sanottu, jotkin ja tietyt yksittäiset projektit ovat edelläkävijöitä mallipohjaisessa toiminnassa ja tämä korostuu erityisesti isommilla hankkeilla missä käyttöä pusketaan eteenpäin määrätietoisesti. Käyttämisen myötä hyödyiksi on havaittu parempi laatu, tehokkaampi toiminta, kasvanut asiakastyytyväisyys ja parempi lopputulos.

Lähitulevaisuuden ongelmaksi nähtiin vastarinta, työn jokapäiväiseen leipätyöhön puuttuminen ja yleisesti muutoksen näkeminen hankalana. Tekniikan kehittyessä ongelmaksi nousi myös näkemys kehityksessä mukana pysymisestä ja uuden oppimisen haasteelli-

suudesta. Osaamista tulee pitää säännöllisesti yllä kouluttautumalla ja siksi usein palataan vanhaan ja tuttuun toimintatapaan. Isoimpana ongelmana kuitenkin nähtiin tiedon siirtoon, sen määrän kasvamiseen ja tallentamiseen vastuisiin liittyvät ongelmat: tiedon määrä tulee kasvamaan paljon ja sen myötä tulisi herätä myös sen tallentamiseen liittyviin kysymyksiin. Kuka tallentaa, mitä tallennetaan, mihin tallennetaan, miten tallennetaan ja kenen vastuulla tämä kaikki on. Lähitulevaisuuden ongelmina nähtiin samoja asioita mitä nykytilassakin ilmenee. Sen lisäksi kuntien mallipohjainen kehittäminen kapealla organisaatiolla ei ole tehokkainta mahdollista ja kaikkien tilaajaorganisaatioiden tulisi sitoutua mallipohjaiseen toimintaan.

Hyötyinä lähitulevaisuudessa nähtiin sama lumipalloefekti, kuin nykytilassa ja niiden konkretisoituminen vielä laajemmin, kun hyödyt kertaantuvat laaja-alaisemman käytön myötä. Mallipohjaisen toiminnan nähtiin pysyvän myös tulevaisuudessa ja kehittyvän ajan saatossa.

Potentiaaliksi nähtiin mallipohjaisen aineiston laaja-alaisempi hyödyntäminen kautta linjan, esimerkiksi massalaskennan ja aikataulutuksen osalta. Mallipohjainen toiminta mahdollistaa myös vielä tehokkaampaa rakentamista ja kasvanutta laatua, kun hankkeet saadaan ohjattua parempaan lopputulokseen. Ihanteellisessa tilanteessa tieto siirtyy eheänä, tietorikkaana sekä yhtenäisenä. Tieto ei siis häviäisi vaiheiden välillä. Mallipohjainen toiminta on muuttanut toimintatapaa ja tulee vielä muuttamaan paljon edelleen, koska se sisältää paljon potentiaalia kautta linjan. Perinteisen toiminnan aikaan ei ole enää palaamista, koska infrastruktuuri toteuttamiseksi on jo olemassa, vanhasta ja perinteisestä toimintatavasta pitää vain oppia pois.

Mahdollisiksi käyttökohteiksi nostettiin mallin avulla laskentatavasta riippumatta yksiselitteisen määrätiedon saaminen riippumatta siitä, onko se IFC tai IM muotoisena ja malleja tulisi hyödyntää laaja-alaisemmin esimerkiksi toteutusvaihtoehtojen vertailussa, työmaan reaaliaikaisessa seurannassa ja viikkotaulujen automatisoinnissa. Aineiston jakaminen voisi tapahtua Trimble Connectin ja/tai Infrakit:n pilvipalveluiden kautta, tilaajien tulisi tilata mallipohjaista aineistoa ja aineisto olisi saatavissa mallipohjaisena.

Mallipohjaisessa prosessissa on paljon vaihtelevuutta eri toimijoiden välillä. Käytännön eroja löytyy tilaajan, urakoitsijan sekä suunnittelijoidenkin puolelta. Yleisten inframallivaatimuksien noudattaminen on vaihtelevaa: osa toimintatapaa tai se tiedostetaan, mutta ei noudateta tai siitä ei ole välttämättä kuultukaan. Nykyisellään YIV nähtiin kapea-

alaisena ja vaatisi lisää näkemystä aiheesta eri toimijoiden kesken. Prosessista kysyttäessä nostettiin muutosvastarinta suureksi ongelmaksi, mutta toisaalta ohjelmistot ja osaaminen kehittyvät siitä huolimatta. Mallipohjainen suunnittelu nähtiin kalliimmaksi, mutta sen käyttäminen vähentää muutoksien toteamista ja vähentää turhia lisätöitä, kun niiden toteaminen on helpompaa. Prosessi nähdään asennelähtöisenä ja vaatii päätöksen käyttämiseen. Suomessa on hyvät valmiudet käytölle, koska lähtötaso on koulutuksen osalta korkealla. Verrattaessa esimerkiksi Yhdysvaltoihin missä koulutustaso on matalampi ja vaatii siten enemmän koulutusta lähtökohtaisesti.

Haastateltavien asenteet mallipohjaiseen toimintaan olivat erittäin myönteisiä ja heidän mukaan asenteet alalla ovat muuttumassa ja kehittymässä koko ajan positiivisempaan suuntaan. Muutosvastarintaa pidettiin kuitenkin suuren ongelmana, koska muutoksen johtaminen kauttalinjan on työläintä ja asenteet henkilöityvät helposti tai kohdistuvat tiettyyn firmaan. Kylmiltään mallipohjaiseen toimintaan mukaan lähteminen nähtiin olevan iso kynnys ja sen takia usein tehdään kuten ennenkin. Tästä johtuen ei välttämättä nähdä mallipohjaisen toiminnan laajempaa käyttöä esimerkiksi mittamiehen hyödyntämisestä, vaikkei työmaalla olisikaan käytössä koneohjausta. Kysymyksenä esitettiin, että jos tilaajat eivät sitoudu mallipohjaiseen prosessiin ja tilaa mallipohjaisia suunnitelmia, niin muuttuvatko silloin tilauskäytäntönsä?

Mallipohjaisten työkalujen hyödyntämisessä nähtiin kynnyksenä laitteistojen sekä ohjelmistojen hinnat sekä niihin vaadittava koulutus. Ohjelmistojen osalta tähän esitettiin kuitenkin hyväksi todettua käyttöaikaan perustuvan maksun edesauttavan uusien ohjelmien käyttöönottoa ja laitteistojen osalta ehdotettiin virtuaalisen työpöydän käyttämistä, mikä madaltaa laitteistojen hankintaan liittyvää kynnystä. Käyttöä rajoittavaksi tekijäksi mainittiin ICT:n liittyvä byrokratia, mutta käyttö on yleistymään päin. Mitä isot edellä, niin sitä myös pienet perässä. Alalla yleisessä käytössä mainittiin olevan 3D Win, Trimble Connect ja Infrakit.

Mallipohjaisen aikataulun käyttäminen ei ole alalla täysin uutta, mutta käyttökokemukset siihen liittyen ovat erittäin vähäisiä. Käyttökokemuksiksi mainittiin testi Finavian lentokentällä 2015 ja Liikenneviraston toteuttama 6D-mallinnus pilotti 2015. Tämän lisäksi kokemukset rajautuivat nähtyihin videoihin. Tällainen mallin hyödyntäminen nähtiin kuitenkin hyvänä ja olisi varmasti tarpeellinen tulevaisuudessa.

Tekoälyn hyödyntämisessä nähtiin olevan paljon potentiaalia ja erilaisia mahdollisuuksia. Sen käytön nähtiin lisääntyvän ja hyödyiksi mainittiin mekaanisen työn väheneminen, visuaalinen muutoksen näkeminen ja määrälaskennan tehostuminen. Tällä hetkellä sen käyttö nähtiin lähinnä keinoälyn hyödyntämisenä, joka on sääntöpohjaista toimintaa, jossa kone tekee raakatyön ja mekaaninen toiminta vähenee.

6.2 Tulokset

Haastateltaviksi saatujen henkilöiden edustus alalta oli laaja, koska otanta käsitti urakoinnin, suunnittelun, ohjelmistokehityksen sekä tilaajaorganisaatioiden edustajien näkemyksiä ja mielipiteitä. Haastattelulla pystyttiin täten muodostamaan mahdollisimman laaja-alainen kuva tämän hetken näkemyksistä. Totta kai haastatteluun osallistuvien määrä alaan nähden on pieni, eikä siten ole de facto koko alan toiminnasta, mutta voisi toimia suuntaa antavana esimerkkinä lähdettäessä tekemään tarkempaa tutkimusta jostain tietyistä osa-alueista ja antoi hyvää näkemystä työn tekijälle mallipohjaisesta toiminnasta sen nykytilassa ja lähitulevaisuudessa.

Pelkästään osa aiheeseen liittyvistä sähköpostivastauksista ja vastaamatta jättäminen kertoivat nykytilanteesta paljon. Useat sähköpostiin vastanneista totesivat viestissään, etteivät ole oikea henkilö heidän organisaatiossaan vastaamaan haastatteluun tai asia on heille vielä niin uusi, etteivät mielestään pysty antamaan haastatteluun mitään sisältöä. Tämä on sikäli mielenkiintoinen tulos, koska otantaan pyrittiin etsimään juuri niitä henkilöitä kenellä olisi kokemusta aiheesta. Siksi voidaankin todeta, että koska mielletty tietotaito haastattelun lähtökohdaksi ei täysin kohdannut todellisuutta, on ala kehitysvaiheen murroksessa: kokeillaan, testataan uutta ja kasvatetaan kokemusta.

Otannan haastateltavista henkilöistä löytyi myös täysin toinen ääripää, missä mallipohjainen toiminta on arkipäiväistä ja sitä ajetaan määrätietoisesti jatkuvasti eteenpäin. Tämän tuloksen perusteella voidaan edellisen lisäksi todeta, että mallipohjainen toiminta on vielä paikoitellen lähtökohdiltaan nykytilassaan infra-alalla niin uutta, ettei sitä pystytä käyttämään kautta linjan eri osapuolien välillä kaikista tehokkaimmalla tavalla, esimerkiksi aikataulutuksessa tai kustannuksien määrittämiseksi.

Haastattelujen perusteella rakennusala ja erityisesti infra-ala elää nykytilassa aikamoisessa teknologian murroksessa. Ohjelmistot kehittyvät jatkuvasti ja niiden uusiin ominaisuuksien hallitsemiseksi vaaditaan koulutusta ja jatkuvaa kehittymistä. Mallipohjainen osaaminen on merkittävä osa kehityksestä. Tämän lisäksi siirryttäessä täysin uudenlaiseen toimintamalliin, on sielläkin vastassa uuden oppiminen, kun pitää sisäistää tiedonhallinta ja sen merkitys täysin uudella tavalla. Tiedonhallinnan merkitys tulee kasvamaan, kun tietomäärä tulee kasvamaan valtavasti ja sen myötä nousee ongelmia tiedontallentamisen ja jatkohyödyntämisen osalta. Aineiston järjestelmällinen hyödyntäminen puolestaan edes ajaa tekoälyn käytön valjastamiseksi ja lopulta lähitulevaisuuden yhdeksi mullistavimmista työkaluista. Alan yleinen muutosvistarinnan asenne näyttää isoa roolia kehityksen eteenpäin ajamisessa, koska uuden oppimisen aiheuttaman toimintatavan ja ajattelumallin muutoksen sisäistäminen ei ole ihmisen perusluonteen mukaista. Muutoksen johtaminen kauttalinjan on työläintä, mutta tuomalla esiin konkreettisia esimerkkejä saavutettavista hyödyistä edelläkävijöiden toimesta saadaan yhä enemmän muutettua asenteita myönteisemmiksi ja helpotettua koko alan kehityksen eteenpäin viemistä.

Alalla näkyvä perinteinen siiloutunut toimintamalli järjestelmää vastaan pyörivästä ratasta on rikkoutumassa ja sen muuttuessa kaikkia osapuolia hyödyttäväksi osaksi yhteistä tietojärjestelmäympäristöä on osaamisen ohella iso kaikkia hyödyttävä tekijä. Huomattavissa on myös pois siirtyminen uuden monipuolisemman toiminnan tuoman hyödyn näkemyksien kyseenalaistamisesta ja toteamisesta, kun ajatusmaailmat siirtyvät yhä enemmän näkemykseen; miten tuota voisi hyödyntää paremmin, tehokkaammin, laadukkaammin sekä erittäin todennäköisesti myös pitkässä juoksussa halvemmalla.

Muutoksen jalkauttaminen on lopulta kiinni vain tahtotilasta ja sen käyttöönotto ei vaadi muuta kuin päätöksen, koska sitä tukeva infrastruktuuri on jo olemassa. Mallipohjainen toiminta näyttää kuitenkin tulleen jäädäkseen pysyvästi, jonka käyttämisen mahdollisuuksille vain taivas on rajana.

7 Yhteenveto

Työssä tutkittiin Destiaan saapuneiden tarjouspyyntöihin sisältyneiden mallien nykytilaa, tarjouspyyntöaineistojen hyödynnettävyyttä, mallien hyödynnettävyyttä tarjouslaskennan eri osa-alueissa sekä minkälaisia muutoksia mallipohjainen toiminta aiheuttaa tarjouslaskennan prosessiin. Työn aikana saatiin esitutkimisella, kirjallisuuteen perehtymisellä ja haastatteluja suorittamalla erittäin hyvä ja suhteellisen laaja kuva infra-alan tämän hetken tilanteesta ja käsitys alan ohjelmistoista sekä niiden toiminnoista. Ensimmäisessä kappaleessa esitettiin kysymyksiin saatiin vastauksia, mutta tulokset vaihtelivat ohjelmistojen, aineiston ja ihmisten yhteen pelaamisen kanssa.

Haastattelun suorittaminen eri osapuolille oli erittäin mielenkiintoinen ja silmiä avaava kokemus. Tämä siksi, että melko laajan haastattelukierroksen tekeminen leipätyön ohella ei välttämättä olisi mahdollista samanlaisessa laajuudessa, kuin nyt eikä siten antaisi kattavaa ja laaja-alaista näkemystä mallipohjaisen toiminnan ongelmista, hyödyistä ja siitä mihin sen kanssa ollaan menossa, sekä siitä mihin sen käyttämisellä pitäisi pyrkiä.

Työn aikana testattiin noin puolet kaavaillusta ohjelmistoista ja ohjelmistojen kattavuuden takia kaikkiin ei ollut mahdollista perehtyä niin syvällisesti kuin oli projektin alussa toivonut. Tämän lisäksi joihinkin ohjelmistotoimittajiin oli erittäin vaikea saada työtä hyödyttävää kontaktia, jolloin näiden ohjelmistojen ominaisuuksien osalta ei pystynyt saamaan riittävän tarkkaa näkemystä soveltuvuuden määrittämiseksi.

7.1 Ehdotukset jatkokehityskohteiksi

Tutkimuksen aikana esille nousi useita potentiaalisia kohteita jatkotutkimukselle ja kehitysideoiksi. Ilmi tulleet kehitysehdotukset:

- VDC:n tuoman toimintatavan muutoksen jalkauttaminen yrityksessä. Mietittäisiin sen merkitystä yrityksen strategiaan ja aloitettaisiin työstäminen ehdotuksen mukaisen toimintatavan eteenpäin viemiseksi.
- Ohjelmistojen pilotointi projektilla. Työn ehdotuksen pohjalta otettaisiin ohjelmistoja testikäyttöön käytännössä siihen soveltuvalla projektilla ja tutkittaisiin niiden käyttöönottoa ja siinä ilmenneitä seikkoja.

- Virtuaalilasien tuoman visuaalisuuden hyödyn tutkiminen työvaiheiden ja 4D mallin kanssa käytännön kokeiluilla.
- VDC suunnittelunohjauksen tukena. Tutkittaisiin kuinka VDC:tä pystyisi hyödyntämään työnaikaisessa suunnittelunohjauksessa.
- Kunnossapitomallin (6D) syvällisempi tutkinta. Kartoitettaisiin mitä vaatimuksia kunnossapitomallille on, sen käyttökohteet, miten tulisi käyttää ja mitä hyötyjä sekä mikä on sen potentiaali.
- Voidaanko käyttää tilaajan tarjouspyyntömateriaalista poikkeavaa materiaalia ja saavutetaanko sillä mitään hyötyä. Esimerkiksi CityGML (3D kaupunkimalli) ja laserkeilausdatan hyödyntäminen normaalin aineiston lisäksi.
- Tekoälyn hyödyntäminen tarjouslaskennassa. Tulevaisuudessa korkean potentiaalinen omaava teknologia. Sen käyttöönottamisen vaatimuksien tutkiminen.
- ERP ja BIM yhteensovituksen tutkiminen, eli mitä hyötyjä siitä olisi saatavissa ja miten järjestelmät käytännössä toimisi.

7.2 Pohdinta

Rakentaminen on yksi vanhimmista ammateista minkä toiminta ei tule luonteeltaan muuttumaan teknologisten innovaatioiden ja kehityksen mukana: rakennelmat täytyy edelleen suunnitella ja ne pitää lopulta myös rakentaa. Se kuinka näitä asioita tullaan tulevaisuudessa käsittelemään, tulee muuttumaan ja luultavasti erittäin radikaalisti. Vanhat työkalut, sekä -menetelmät jäävät yksipuolisuutensa takia uusien tehokkuuden varjoon, kun tulevaisuudessa tarvitsee suunnitella ja rakentaa entistä monimutkaisempia rakennelmia.

Nyt on erittäin jännittävä aika olla mukana rakentamassa ja suunnittelemassa rakennuksia sekä kaupunkeja, kun rakennusalallakin siirrytään yhä enemmän digitalisaation pariin ja valjastetaan sen tuomat hyödyt jokapäiväisen työntekeymisen tehostamiseksi. Nämä puolestaan aiheuttavat muutoksia toimenkuviin ja -tapoihin. Näistä toiset muuttuvat

enemmän ja toiset vähemmän, mutta se on varmaa, että yhdessä toimimalla saavutetaan enemmän, kuin omassa siilossaan yksin toimimalla.

Mallipohjaisen toiminnan nykytilaa voidaan hyvin verrata junaan mikä on jo hyvässä vauhdissa, mutta vasta matkansa alkupäässä. Mitä aikaisemmalla asemalla hyppää kyytiin, sitä aikaisemmassa vaiheessa mallipohjaisen toiminnan kasvaviin hyötyihin pääsee käsiksi. Toiminta on hakemassa vielä paikkaansa, koska se on kuitenkin paikoitellen vielä niin lapsenkengissä, mutta alalla on huomattavissa positiivisen muutoksen merkit. Kehitystyötä on tapahtunut paljon yhteisen toiminnan kehittämiseksi ja siinä Suomi kuuluu yhdeksi maailman edelläkävijöistä.

Maan alta tulee aina yllätyksiä, joita ei voida määritellä täysin etukäteen; esimerkiksi todellinen kallionpinta, pilaantuneiden maiden todellinen määrä, vanhat rakenteet, maalaajien muutokset yms., mutta jos suunnittelu tehdään mahdollisimman hyvin, ei hankkeessa tällöin ole määräriskiä sen osalta, kun suunnitelmat on tehty riittävällä todenmukaisuudella ja laajuudella. Tämä korostaa suunnittelijoiden tekemien suunnitelmien laadukkuutta, mutta se on oikeutettua, koska loppupelissä puhutaan yhteiskunnan varoista. Tilaajan ei tulisi hyväksyä perinteisistä suunnitelmista lähtien tapahtuvaa puutteellista suunnittelua. Panostamalla hyvään mallipohjaiseen suunnitteluun, säästetään hankkeen kokonaiskustannuksissa ja saadaan loppukäyttäjälle, joita me infrarakentajat itsekin olemme, parempaa laatua.

Määrälaskenta on isoin työllistävä tekijä tarjouslaskentavaiheessa ja tämän lisäksi sen pohjalle perustuu hankkeen kaikki muu suunnittelu; aikataulu, työvaiheet, työnaikaiset liikennejärjestelyt jne. Tämä mahdollistaisi urakoitsijoille enemmän aikaa itse työsuunnitteluun, kun määrät olisivat tiedossa riittävän todenmukaisina ja tarpeeksi ajoissa. Tämä peilaisi suoraan tilaajalle toimitettavien urakkatarjouksien pienemmässä hinnassa yhden riskin poistuessa.

Virtuaalinen suunnittelu ja rakentaminen on vain pala mallipohjaisen toiminnan piirakasta ja BIM:in hyödyntäminen on vain niin hyvää kuin sen heikoin lenkki. Sen hyödyntämisessä on kuitenkin paljon mahdollisuuksia, varsinkin kun puhutaan suunnitelmien rakennettavuuden, työn vaiheistuksen ja liikenteen yhteensovittamisesta. Suunnittelemalla hanke paremmin pystytään tehostamaan toimintaa ja vähentämään syntyviä kustannuksia. Parhaimmillaan tämä tarkoittaisi enemmän töitä koko alalle, kun yksittäisen hankkeen kustannukset pienenevät ja tilaajalla on siten enemmän rahaa käytettävissä muihin

tärkeisiin hankkeisiin. Liikenneviraston vuoden 2018 yhteenlasketun budjetin tavoite hankkeille on 2 miljardia euroa ja jos näiden hankkeiden yhteenlasketut kokonaiskustannukset pienenevät 5%, tarkoittaa se 100 miljoonan euron säästöä, joka pystyttäisiin käyttämään esimerkiksi korjausvelan pienentämiseen ja 10% säästöllä voitaisiin puhua korjausvelan nousun kääntämisestä.

Lähteet

- 1 Lipman, Jara. 2018. 5D BIM: How it will help the construction industry. Verkkoaineisto. Geniebelt. <<https://geniebelt.com/blog/5d-bim-in-construction>>. 22.5.2018. Luettu 22.10.2018.
- 2 Agarwal, Rajat; Chandrasekaran, Shankar; Sridhar, Mukund. 2016. Imagining construction's digital future. Verkkoaineisto. McKinsey. <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>>. Luettu 22.10.2018.
- 3 Goubau, Thomas. What is BIM? What are its benefits to the construction industry?. Verkkoaineisto. Aproplan. <<https://www.aproplan.com/blog/quality-management-plan-construction/what-is-bim-what-are-its-benefits-to-the-construction-industry>>. Luettu 22.10.2018.
- 4 Laukkanen, Jussi. 2017. Kuinka koneohjaus auttaa maarakennuksen käytännön töissä?. Verkkoaineisto. <<https://www.koneviesti.fi/artikkelit/kuinka-koneohjaus-auttaa-maarakennuksen-k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6n-t%C3%B6iss%C3%A4-1.174489>>. 12.1.2017. Luettu 22.10.2018.
- 5 Fritz, Lonnie; Noon, Timothy. 2017. Comparison report: Caterpillar jobsite information study. Caterpillar. <<http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20170808-63339-19734>>. 2017. Luettu 22.10.2018.
- 6 Laatikainen, Tuula. 2018. Olkiluoto 3 on maailman 2. kallein rakennus – Svenska Yle: Kheopsin pyramidin rakentaminen kesti muutaman vuoden enemmän. Verkkoaineisto. <<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/olkiluoto-3-on-maailman-2-kallein-rakennus-svenska-yle-kheopsin-pyramidin-rakentaminen-kesti-muutaman-vuoden-enemman-6706672>>. 15.3.2018. Luettu 22.10.2018.
- 7 Mölsä, Seppo. 2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua?. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>>. 4.9.2017. Luettu 31.10.2018.
- 8 Herrala, Olli. 2018. Rakentamisen tuottavuudelle selitys – Professori. ”Työajasta vain 30 prosenttia tuottavaan työhön”. Verkkoaineisto. <<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/rakentamisen-surkealle-tuottavuudelle-selitys--professori-tyoajasta-vain-30-prosenttia-tuottavaan-tyohon/EH-hGSBJh>>. 1.4.2018. Luettu 22.10.2018.
- 9 Destia vuosikertomus. 2017. Verkkoaineisto. <https://www.destia.fi/media/vuosikertomus-2017/destia_vuosikertomus_2017.pdf>. 2017. Luettu 22.10.2018.

- 10 Mikä on tietomalli?. 2016. Verkkoaineisto. <<https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-#.W1b2W9lzZaQ>>. 26.4.2016. Luettu 22.10.2018
- 11 The national BIM report. 2018. Verkkoaineisto. The NBS. <<https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018>>. 10.5.2018. Luettu 22.10.2018.
- 12 Perttula, Tiina. 2016. Inframallintamisen mahdollisuudet. Verkkoaineisto. <<http://docplayer.fi/17817471-Inframallintamisen-mahdollisuudet.html>>. 25.4.2016. Luettu 22.10.2018.
- 13 Tiainen, Anttoni. 2018. Tarjouspäällikkö, Destia Oy, Vantaa. Haastattelu 2.11.2018.
- 14 Kuin kaksi marjaa (Tietomalli vs. tietomalli). 2015. Verkkoaineisto. <<https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/kuin-kaksi-marjaa-tietomalli-vs.tietomalli-#.W1b2UtlzZaQ>>. 10.11.2015. Luettu 22.10.2018.
- 15 Mills, Fred. 2015. What is common data environment?. Verkkoaineisto. The B1m. <<https://www.theb1m.com/video/what-is-a-common-data-environment>>. 15.7.2015. Luettu 22.10.2018.
- 16 Determine the info management & CDE strategy. Verkkoaineisto. Scottish Futures Trust. <<https://bimportal.scottish-futurestrust.org.uk/level2/stage/1/task/2/determine-the-info-management-cde-strategy>>. Luettu 31.10.2018.
- 17 Summary of IFC releases. Verkkoaineisto. Buildingsmart-tech. <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/summary>>. Luettu 22.10.2018.
- 18 Liebich, Thomas. IFC for infrastructure. Verkkoaineisto. Buildingsmart. <<https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=File.download&id=1601>>. Luettu 22.10.2018.
- 19 Inframodel-tiedonsiirtoformaatti. Verkkoaineisto. <<https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel/>>. Luettu 22.10.2018.
- 20 Liukas, Juha; Virtanen, Juuso. 2015. Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 3 Lähtötiedot. Verkkoaineisto. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf>. 5.5.2015. Luettu 22.10.2018.
- 21 Janhunen, Niko; Pienimäki, Markku; Parantala, Seppo. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 osa 4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. Verkkoaineisto. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf>. 5.5.2015. Luettu 22.10.2018.

- 22 Luoma, Sami. 2015 Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 osa 10. 2015. Verkkoaineisto. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnolistaminen_250216.pdf>. 23.2.2016. Luettu 22.10.2018
- 23 McPartland, Richard. 2017. BIM dimensions – 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained. Verkkoaineisto. The NBS. <<https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained#6d>>. 10.7.2017. Luettu 22.10.2018.
- 24 5D BIM/VDC. Verkkoaineisto. Sigma Estimates. <<https://sigmaestimates.com/products/integrations-and-apps/bim-5d-vdc/>>. Luettu 31.10.2018.
- 25 I-95 New Haven – Contract E 4D Simulation. Verkkoaineisto. Vimeo Pro. <<https://vimeopro.com/projectviz/virtual-design-and-construction/video/70488255>>. Luettu 31.10.2018
- 25 Jacobi, Jim. 2011. 4D BIM or simulation-based modeling. Verkkoaineisto. Structuremag. <<https://www.structuremag.org/wp-content/uploads/2014/08/C-InSights-Jacobi-April111.pdf>>. 2011. Luettu 22.10.2018.
- 26 BIM for beginners. Verkkoaineisto. The B1M. <<https://www.theb1m.com/BIM-For-Beginners>>. Luettu 22.10.2018
- 27 Presidio Parkway – 4D Project delivery. Verkkoaineisto. Vimeo Pro. <<https://vimeopro.com/projectviz/virtual-design-and-construction/video/70488363>>. Luettu 31.10.2018.
- 28 Smith, Peter. 2016. Project cost management with 5D BIM. Verkkoaineisto. Researchgate. <https://www.researchgate.net/publication/305718374_Project_Cost_Management_with_5D_BIM>. 2016. Luettu 22.10.2018.
- 29 Geoff, George. 2017. Understanding the estimating possibilities of 5D BIM with Sage. Verkkoaineisto. Builtworlds. <<https://builtworlds.com/news/understanding-the-estimating-possibilities-of-5d-bim-with-sages-walter-davis/>>. 24.5.2017. Luettu 22.10.2018.
- 30 Alajoki, Ville. 2013. Case Isoisänsilta: Tietomalli rakentamisen ja ylläpidon taustalla. Verkkoaineisto. <http://www.rakli.fi/media/tapahtumien-aineistot/tietomallintamisen-opit-infran-tilaamisessa-ja-hyodyntamisessa-3.6.2015/20150603_case_isoisan_silta_alajoki_hkr.pdf>. 3.6.2013. Luettu 31.10.2018.
- 31 Nical, Aleksander; Wodyński, Wojciech. 2016. Enhancing facility management through BIM 6D. Verkkoaineisto. Researchgate. <https://www.researchgate.net/publication/311360960_Enhancing_Facility_Management_through_BIM_6D>. 2016. Luettu 22.10.2018

- 32 Piira, Kalevi. 2015. 3D/4D/5D-mallien hyödyntäminen älyrakennuksen käytössä ja ylläpidossa. Verkkoaineisto. <<http://www.ril.fi/kirjakauppa/attachment/download/ff5084c4a7bf9cb0f71ab5492e0b1a68>>. 30.9.2015. Luettu 31.10.2018.
- 33 News: AGACAD introduces concept of 'Infinity BIM'. 2017. Verkkoaineisto. AECmag. <<https://www.aecmag.com/technology-mainmenu-35/1287-news-agacad-introduces-concept-of-infinity-bim>>. 10.3.2017. Luettu 22.10.2018
- 34 Fuchs, Steffen; Nowicke, James; Strube, Gernot. 2017. Navigating the digital future: The disruption of capital projects. Verkkoaineisto. McKinsey. <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/navigating-the-digital-future-the-disruption-of-capital-projects>>. 2017. Luettu 22.10.2018.
- 35 Tervahauta, Teemu; Kivimäki, Matti. 2014. Infra-alan kehitys ja tietomallinnus (BIM). Verkkoaineisto. <<http://koneohjaus.blogspot.com/2014/08/infra-alan-kehitys-ja-tietomallinnus-bim.html>>. 22.8.2014. Luettu 22.10.2018.
- 36 Crosby, Benjamin. 2016. Moving from BIM to VDC: Trade modeling. Verkkoaineisto. LinkedIn. <<https://www.linkedin.com/pulse/moving-from-bim-vdc-trade-modeling-benjamin-crosby>>. 6.11.2016. Luettu 22.10.2018.
- 37 Sireeni, Jarkko. 2013. Cost savings by using advanced VDC tools and processes, case studies from Europe. Verkkoaineisto. Florida Department of Transportation. <http://www.fdot.gov/design/training/design-expo/2013/Presentations/SireeniJarkko-Cost_Savings_by_Using_Advanced_VDC_Tools_and_Processes-Case_Studies_from_Europe.pdf>. 18.6.2013. Luettu 22.10.2018.
- 38 Fischer, Martin. 2017. From BIM to VDC to the digitalization of construction. Verkkoaineisto. Veidekke. <<http://veidekke.se/incoming/article24193.ece/binary/M%20Fischer%20-%20From%20BIM%20to%20VDC%20to%20the%20Digitalization%20of%20Construction.pdf>>. 2017. Luettu 22.10.2018.
- 39 Andersson, Lennart; Cranbourne, Cheryle; Farrel, Kyla; Moshkovich, Oleg. 2016. Implementing Virtual Design & Construction Using BIM. New York: Routledge, s. 27, 33.
- 40 Urban VDC – the beginning of VDC and integrating project delivery. 2018. Verkkoaineisto. MT Højgaard. <http://mth.com/-/media/MTH/Viden/Publicationer/Whitepapers/Opdaterede-whitepapers-maj-2018/Urban-VDC---the-Beginning-of-VDC-and-Integrating-Project-Delivery_May2018.pdf>. 2018. Luettu 22.10.2018.

- 41 Elgohari, Tamer. 2016. How to create your 4D simulation without having a BIM 3D model. Verkkoaineisto. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/how-create-your-4d-simulation-without-having-bim-3d-model-elgohari/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_profile_view_base_post_details%3BJnKwTH25RBe2IYAwZyqjlg%3D%3D>. 26.1.2016. Luettu 22.10.2018.
- 42 Fischer, Martin. 2011. Virtual design and construction. Verkkoaineisto. ProsjektNorge. <<http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/358/vdcfischervdc-1-.pdf>>. Luettu 22.10.2018.
- 43 VDC Program – Glossary of Terms. Verkkoaineisto. Stanford. <<https://cife.stanford.edu/events/cifeppi-vdc-certificate-program/vdc-program-glossary-terms>>. Luettu 22.10.2018.
- 44 Total solution. 2010. Verkkoaineisto. Ramirent. <<https://www.ramirent.no/totalsolution.aspx>>. Luettu 22.10.2018.
- 45 Kunz, John. The origins, status and promise of virtual design and construction. Verkkoaineisto. Stanford. <web.stanford.edu/~kunz/Notes/JKSP14Tuesday.pptx>. Luettu 22.10.2018.
- 46 Integrated Concurrent Engineering. Verkkoaineisto. Technical University of Denmark. <http://apppm.man.dtu.dk/index.php/Integrated_Concurrent_Engineering>. 27.2.2018. Luettu 31.10.2018.

Haastattelujen kysymykset

1. Esittely
 - a. Nimi
 - b. Työtehtävä ja toimenkuva

2. Mallipohjaisen toiminnan lähtökohdat
 - a. Mistä lähtien aloitettu
 - b. Miten tultu nykytilaan

3. Millaisena näet mallipohjaisen toiminnan nykytilan:
 - a. Ongelmat
 - b. Hyödyt
 - c. Potentiaalin
 - d. Mihin käytetään

4. Millaisena näet mallipohjaisen toiminnan (lähi)tulevaisuuden:
 - a. Ongelmat
 - b. Hyödyt
 - c. Potentiaalin
 - d. Mihin tulisi käyttää

5. Kuvaile mallipohjaisten käytäntöjen:
 - a. Prosessia
 - b. Tiedonsiirtoa
 - c. Pilvipalvelujen hyödyntämistä
 - d. Asenteita (Tilaaaja, urakoitsija, suunnittelija)

6. Mallipohjaiset työkalut
 - a. Mitä ohjelmistoja käytössä
 - b. Mitä tulisi olla käytössä
 - c. Ajatuksia/ideoita
 - d. Kokemuksia mallipohjaisesta aikataulusta

7. Tekoälyn hyödyntämisen
 - a. Kokemukset
 - b. Mahdollisuudet
 - c. Ajatuksia

8. Osapuolikohtaiset, tarkentavat kysymykset

- a. Ohjelmistotoimittaja
 - i. Ohjelmistotarjonta
 - ii. Ohjelmistojen vaatimukset
 - iii. Käyttötuki ja koulutus
 - iv. Hinnat

- b. Tilaaja
 - i. Ohjelmistot
 - ii. Organisaatio
 - iii. Urakoitsijan näkökulman kertominen

- c. Suunnittelu
 - i. Prosessi
 - ii. Lähtötiedot
 - iii. Työnaikaisten vaiheiden mallinnus

- d. Urakointi
 - i. Koneohjausmallit ja -prosessi
 - ii. Mallipohjainen laadunvalvonta

Ohjelmistoverailu

Yritys	Ohjelma	Kokeilujakso	Pilvipalvelu	Suosittelut laitteistovaatimukset	Muuta	Hinta
Autodesk	Navisworks	30pv	BIM 360	CPU: Multicore, väh. 3+ Ghz	Revit käyttää jopa 16 corea renderöinneissä	AEC Paketti
	Revit	30pv	BIM 360	RAM: Min 16Gb		3 636,05 €
	Infraworks	30pv	BIM 360	GPU: Directx, Shader Model 5, 4GB	Vähintään työasema tason näytönohjain	
	Civil 3D	30pv	BIM 360	10Gb kovalevytilaa		
	ReCap	30pv	BIM 360			
	AutoCAD	30pv	BIM 360			
Bentley	Navigator?	30pv	ProjectWise	?		?
Trimble	HCE	30pv	Connect	7/8 gen intel, 16gb ram, 4gb gpu		?
	SketchUp	30pv			Paljon erilaisia maksullisia ja ilmaisia lisäosia saatavilla	636 €
Dassault Systemes	Dalmia?	?	?	?		?
Viasys	VDC	30pv	Enterprise	7/8 gen intel, 16gb ram, 4gb gpu	Nykyisin Magnet	2 800 €
RiB-Software	iTwo 5D?	?	?	?	BIM+ERP?	?