



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Miikka-Markus Gröndahl

## Tietomallintamisen yleiset hyödyt Kruunusillat-hankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

23.9.2020

|  |   |
|--|---|
| Tekijä<br>Otsikko  | Miikka-Markus Gröndahl<br>Tietomallintamisen yleiset hyödyt Kruunusillat-hankkeessa |
| Sivumäärä<br>Aika  | 56 sivua<br>23.9.2020   |
| Tutkinto   | insinööri (YAMK)  |
| Tutkinto-ohjelma   | maanmittaustekniikka  |
| Ohjaajat   | tiimipäällikkö Ville Alajoki<br>yliopettaja Päivi Jäväjä                            |
| <p>Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia tietomallintamisen yleisiä hyötyjä Kruunusillat-hankkeelle ja selvittää olemassa olevia, sekä uusia toimintatapoja kuinka tietomallinnusta voitaisiin hyödyntää projektinjohdon työvälineenä Kruunusillat-hankkeessa. Hyötyjä pyritään tarkastelemaan koko hankkeen elinkaaren näkökulmasta; suunnittelusta, rakentamisen kautta omaisuuden hallintaan ja ylläpitoon.</p> <p>Työssä pohditaan myös, mitä toteumamalli juuri tässä hankkeessa tarkoittaa, ja kuinka toteumamallia voidaan hyödyntää projektinjohdon näkökulmasta hankkeen aikana.</p> <p>Työ pyrkii antamaan myös vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Millaisia lisävaatimuksia toteumamallin keruu vaatii YIV-ohjeiden lisäksi? Kuinka varmistetaan urakoitsijan ja tilaajan tietomallipohjainen osaaminen sekä yhteinen ymmärrys tietomallipohjaisen aineiston käytöstä laadukkaan lopputuloksen saamiseksi?</p> <p>Työn teoriaosuus käsittelee kattavasti tietomallipohjaisen hankkeen pääperiaatteet ja vaatimukset sekä selvittää, kuinka toteumamallin keruuta pystytään hyödyntämään urakan laadunvarmistukseen ja maksuerien maksamiseen.</p> <p>Työn tuloksena saadaan selvitys tietomallipohjaisen hankkeen hyödyistä Kruunusillat-hankkeelle. Lisäksi työ esittelee tavan kerätä toteumamalliaineistoa pilvipohjaiseen yhdistelmämalliohjelmaan sekä periaatteet, kuinka kerättyä aineistoa voidaan hyödyntää urakan laadunvarmistukseen ja maksuerien maksuun.</p> <p>Yhteenvedona voidaan todeta, että tietomallintamisen hyödyt hankkeelle ovat merkittäviä, ja olisi vaikeaa kuvitella, kuinka vastaavanlainen hanke voitaisiin toteuttaa nykyhetkellä ilman tietomallipohjaista yhteensovittamista.</p> |   |
| Avainsanat   | InfraBIM, tietomallintaminen, laadunvarmistus, tiedonhallinta                       |

|  |  |
|--|--|
| Author<br>Title  | Miikka-Markus Gröndahl<br>General benefits of BIM in Crown Bridges Project |
| Number of Pages<br>Date  | 56 pages<br>23 September 2020  |
| Degree   | Master of Engineering  |
| Degree Programme   | Land surveying   |
| Instructors  | Ville Alajoki Project leader<br>Päivi Jäväjä Principal lecturer            |
| <p>The purpose of this thesis was to study the benefits of building information modelling for the Crown Bridges project in Helsinki, and find out existing and new procedures for BIM to be used as a project management tool in the project. The whole project was considered. Furthermore, the meaning of an as-built model in this project, and the use of the model as a project management tool were discussed. Additionally, the requirements set by the upkeep of an as-built model were considered, as well as the methods of ensuring that the parties have adequate BIM know-how to accomplish high quality results.</p> <p>The thesis established the general principles and requirements for the BIM process and listed uses of an as-built model as a tool for quality assurance and for monitoring the part payments during the project.</p> <p>The thesis resulted in information about the benefits of BIM for the case project. Furthermore, data collection methods for as-built data into a combination model and the use of the information for quality assurance and monitoring the part payments were presented. The benefits of BIM for the project were shown to be remarkable, and a similar size project without the utilization of BIM is hard to imagine nowadays.</p> |  |
| Keywords   | BIM, quality assurance, as built model, data management                    |

# Sisällys

## Käsitteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 1.1   | Työn taustaa  | 1  |
| 1.2   | Työn tavoitteet   | 2  |
| 1.3   | Tutkimusmenetelmät  | 4  |
| 2     | Kruunusillat-raitiotiehanke   | 5  |
| 3     | Tietomallipohjainen infrarakentaminen                                   | 7  |
| 3.1   | Tietomallit infrarakentamisessa   | 7  |
| 3.2   | Yleiset inframallivaatimukset   | 9  |
| 4     | Tietomallit Kruunusillat-hankkeessa                                     | 10 |
| 4.1   | Yleistä   | 10 |
| 4.2   | Noudatettavat ohjeet  | 11 |
| 4.2.1 | Tiedonhallintasuunnitelma   | 12 |
| 4.2.2 | Koordinaatistot   | 13 |
| 4.2.3 | Tiedostoformaatit   | 14 |
| 4.2.4 | Nimikkeistö   | 14 |
| 4.3   | Mallintaminen Kruunusillat-hankkeessa                                   | 15 |
| 4.3.1 | Lähtötietomallit  | 15 |
| 4.3.2 | Suunnitelmamallit   | 16 |
| 4.3.3 | Tietomallikoordinaattorin tuottamat yhdistelmämallit                    | 17 |
| 4.3.4 | Esittelymalli   | 19 |
| 4.4   | Mallintamisen dokumentaatio   | 21 |
| 4.5   | Toteumamallit Kruunusillat-hankkeessa                                   | 23 |
| 4.5.1 | Toteumamallin sisältö   | 25 |
| 4.5.2 | Toteuman tarkkuusvaatimukset ja mallinnustavat                          | 29 |
| 5     | Tietomallin käyttö projektinjohdon työvälineenä                         | 31 |
| 5.1   | Tietomallintamisen yleiset hyödyt projektinjohdolle hankkeessa          | 32 |
| 5.2   | Tietomallintamisen hyödyt projektinjohdolle infrahankkeen eri vaiheissa | 33 |
| 6     | Tiedonhallinta  | 40 |
| 6.1   | Tiedonhallinta ja ohjelmistot   | 40 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6.2   | Metatietojen käyttö ja tiedostojen nimeäminen                  | 44 |
| 6.3   | Tietomallintamisen huomioiminen osana tiedonhallintaa          | 45 |
| 6.3.1 | Yhdistelmämalliohjelman hyödyntäminen Kruunusillat hankkeessa  | 47 |
| 6.3.2 | Toteumamallin keruu ja tarkastelu yhdistelmämalliohjelmistossa | 49 |
| 6.3.3 | Työmaavalvonta ja maksuerät                                    | 50 |
| 7     | Yhteenveto ja pohdinta   | 52 |
|       | Lähteet  | 56 |

## **Käsitteet**

### **Aineistoluettelo**

Taulukko, johon kootaan kaikki hankkeeseen kuuluva luovutettava aineisto. Selostaa myös, mistä aineistosta ja lähtötiedoista esim. yhdistelmämallit ja esittelymallit koostuvat. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 9.)

### **Digitaalinen luovutusaineisto**

Urakoitsijan luovuttama laadunvarmistusaineisto digitaalisena. Koostuu mm. laatudokumenteista, valokuvista, piirustuksista ja toteumamalleista. Todentaa rakentamisen laatua ja toimii lähtötietoina seuraaville hankkeille. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 9.)

### **Esittelymalli**

Pääsääntöisesti viestintää ja vuorovaikutusta varten laadittava visuaalinen malli hankealueen suunnitelmista (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 9).

### **Industry Foundation Classes (IFC)**

Avoin tiedonsiirtostandardi, joka on käytössä maailmanlaajuisesti rakentamisen tiedonsiirtoon. IFC:n toivotaan tulevaisuudessa kattavan myös infrakohteet. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 9.)

### **Inframalli**

Tietomalli infrakohteesta (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10).

### **Inframodel (IM)**

Avoin LANDXML- standardiin perustuva tiedonsiirtoformaatti infra-alan tiedonsiirtoon (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10).

### **Koneohjausaineisto (aik. koneohjausmalli)**

Työkoneissa hyödynnettävä mallipohjainen aineisto, jonka laatii yleensä urakoitsija malliaineiston pohjalta (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10).

### **Kontrollimittaus**

Tilaaajan tai työmaaorganisaation ulkopuolisen tahon suorittama laaduntarkkailun mittaustaus, jolla varmistetaan työmaan tarke- ja toteumamittausten luotettavuutta. Sidottava hankkeen mittausperustaan, sekä liitettävä mittaustarkkuuden todentavat dokumentit mittauksiin. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10.)

### **Lähtöaineisto**

Digitaalisessa muodossa olevat hankkeen lähtötiedot. Koostuvat eri lähteistä saadusta muokkaamattomasta raaka-aineesta sekä muista lähtötiedoista. Aineisto kootaan luettelomuotoon lähtöaineistoluetteloksi. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10.)

### **Lähtöaineistoluettelo**

Taulukkomuotoinen luettelo johon on kirjattu hankkeen kaikki lähtöaineistot, sekä metatiedot (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10).

### **Lähtöaineistoselostus**

Kuvaa lähtöaineiston raaka-aineelle tehdyt muokkaukset. Voi olla myös osa tietomalliselostusta. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10.)

### **Lähtötieto**

Hankkeen lähtötietojen raaka-aine jota on käsitelty ja tarpeen mukaan muokattu (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 10).

### **Mittausperusta**

Hankkeen käytössä oleva, erikseen rakennettava kiintopisteverkko, johon sidotaan hankkeen laaduntarkkailun ja rakentamisen mittaukset (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11).

## **Natiiviformaatti**

Ohjelmiston käyttämä tallennusmuoto, jonka tietosisältö voi olla laajempi kuin avoimessa formaatissa, mutta vaatii avautuakseen saman ohjelman, jolla tieto on luotu (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11).

## **Paikalleenmittausaineisto**

Rakentamisen mittauksiin tarvittava aineisto. Koostuu pistemäisistä ja linjamaisista koh-teista, sekä erilaisista malleista ja verkoista (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11.)

## **Raaka-aine**

Muokkaamaton lähtöaineisto (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11).

## **Suunnitelmamalli**

Suunnittelijan luoma malli, jossa esitetään suunnitelmaratkaisut. Suunnitelmavaiheissa tulee käyttää suunnitelmavaiheen termiä, esim. yleissuunnitelmamalli. (Yleiset inframal-livaatimukset YIV 2019: 11.)

## **Tarkastusmittaus**

Mittaus jolla varmistetaan työkoneautomaatiojärjestelmien paikannustarkkuuteen liitty-vää laatua (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11).

## **Tarkemittaus**

Erillinen mittalaiteella tehtävä rakentamisen mittaus, jolla varmistetaan esim. rakenteen laatua (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11).

## **Tiedonhallintasuunnitelma**

Kuvaa hankkeen tiedonhallintaa käytettävien ohjelmistojen, aineiston nimeämisen, tie-donkulun ja tietomallikäytäntöjen osalta (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 11).

## **Tietomalliselostus**



Kuvaa, kuinka mallinnus on toteutettu. Selostaa erityispiirteet ja ohjelmistot, joita käytetty mallin luomiseen. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 12.)

### **Toteumamalli**

Rakennetun ja valmistuneen kohteen malli, joka muodostuu päivitetystä rakennussuunnitelmamallista tai toteutusmallista, jonka mukaan kohde on toteutettu (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 12).

### **Toteumamittaus**

Laadunvarmistusmittaus, jolla todennetaan toteutuneen rakenteen kelpoisuutta suhteessa suunnitelmiin (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 12).

### **Toteutusaineisto**

Hankkeen toteutusta varten tarvittava aineisto. Koostuu urakoitsijan muokkaamasta suunnitelma-aineistosta, kuten koneohjausaineistosta, paikalleen mittausaineistosta ja työvaihemallinnuksista. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 12.)

### **Toteutusmalli**

Suunnittelijan luoman rakennussuunnitelmamallin pohjalta, pääurakoitsijan hyväksymätyön toteutukseen hyödynnettävä malli, jonka on mahdollista sisältää yksityiskohtaista tietoa hankkeesta, esim. kustannuksien, aikataulutiedon ja tuotetietojen osalta. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 12.)

### **Trimble Connect**

Pilvipalveluna toimiva yhdistelmämalliohjelma, jolla kootaan lähtötieto- ja osamallit yhteen tarkasteluja ja yhteensovittamista varten (Trimble 2019).

### **Yhdistelmämalli**

Lähtötiedoista ja osamalleista koostuva inframalli, jonka avulla voidaan tarkastella suunnitelmien ja eri tekniikkalajien yhteensopivuutta (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 13).

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn taustaa

YAMK-opinnäytetyö tehdään Helsingin kaupungin Kruunusillat-raitiotiehankeelle. Opinnäytetyön tekijä toimii hankkeessa projektipäällikkönä, jonka vastuualueeseen kuuluu hankkeen tiedonhallinta.

Kruunusillat-hanke on Helsingin kaupungin hanke, jonka tarkoituksena on liittää Laajasalo, Korkeasaari ja Kalasatama keskustaan noin 10 kilometrin pituisella pikaraitiotieyhteydellä. Hanke luo samalla uutta kaupunkikuvaa jalankulkijoille ja pyöräilijöille sekä tarjoaa näin ollen uuden merellisen yhteyden Helsingin keskustaan.

Hanke koostuu noin 10 kilometriä pitkästä raitiotieyhteydestä, joka alkaa Rautatientorilta ja päättyy Laajasaloon. Hankkeeseen kuuluu myös kolme uutta siltaa: Kruunuvuorensilta, Finkensilta ja Merihaansilta. Kruunuvuorensilta on valmistuttuaan Suomen pisin silta, noin 1 200 metriä.

Kruunusillat-hanke toteutetaan kahden urakkamuodon yhdistelmänä: Kalasataman ja Kruunuvuorenrannan väliset kaksi siltaa, eli Finkensilta ja Kruunuvuorensilta, sekä Korkeasaaren maarakennus toteutetaan kokonaisuurakkana. Yhteyden muu rakentaminen tehdään puolestaan allianssimallilla. Opinnäytetyö käsittelee hankkeen tilaa ennen allianssivaiheen alkamista 2020. (Kruunusillat hankesuunnitelma 2016:1-2, 6-15.)

Viime vuosien kehitys infrarakentamisessa on nostanut tuotantoa avustavan tekniikan suurempaan rooliin. Erityisesti tietomallinnus ja sen mukanaan tuomat hyödyt on huomattu niin Suomessa kuin myös maailmanlaajuisesti. Tämän johdosta myös Kruunusillatojen katusuunnittelu ja kadunrakennussuunnittelu, sekä silta- ja taitorakennesuunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti. Mallinnus tehdään suunnitteluvaiheen vaatimalla tarkkuudella.

Tietomallipohjaisten hankkeiden nopea yleistyminen ilman yleispätevää standardointia ja ohjeistusta on kuitenkin hankaloittanut hankkeiden tilaamista, yhteisiä pelisääntöjä, sekä tietomallipohjaisten hankkeiden täyden potentiaalin hyödyntämistä. Tietomallipohjaisten hankkeiden kirjo on laaja, ja osalla työmaista tietomallipohjaisten hankkeiden hyödyt jäävät vain koneohjausmallien hyödyntämiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, kuinka tietomallintamisen yleisiä hyötyjä voitaisiin jalkauttaa hankkeelle ja sen projektinjohdon päivittäiseen työhön. Lisäksi opinnäytetyö pyrkii kehittämään uusia keinoja, kuinka rakentamisen aikana kerättävää toteumamallia pystyttäisiin hyödyntämään urakan valvonnan apuvälineenä.

## 1.2 Työn tavoitteet

Kruunusillat-hanke toteutetaan tietomallipohjaisena hankkeena. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on vastata seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitä tietomallipohjaisten hankkeiden avulla kerättävällä toteumamallilla tarkoitetaan tässä hankkeessa ja kuinka toteumamallin keruu tulisi ohjeistaa, jotta se palvelisi hanketta erityisesti hankkeen projektinjohdon näkökulmasta? Kuinka toteumamallin keruuta voitaisiin sitoa maksuerien hyväksymisprosessiin ja rakenneosien laadunvarmistukseen erityisesti siltaurakan osalta?
  - Tässä hankkeessa tämä tarkoittaa kerättyä tietoa tietyistä rakenneosista, joka on rakennettu, mitattu ja tätä kautta saatu varmennus rakenteen laadunvarmistuksesta. Toteumamallin osat olisi ideaalitulanteessa mahdollista sitoa maksueriin, jolloin maksuerä tulisi maksettavaksi automaattisesti, kun toteumamalli vaaditusta kokonaisuudesta on valmistunut ja yhdessä hyväksytty.
2. Miten tietomallipohjaisen projektin hyödyt konkretisoituisivat hankkeen eri vaiheissa, aina yleissuunnittelusta rakentamiseen ja omaisuudenhallinnan piiriin? Kuinka toteuman keruuta tulee ohjeistaa, jotta sitä voidaan hyödyntää ilman ylimääräistä käsittelyä?

- Opinnäytetyötä tehdessä täytyy muistaa, ettei sen ole tarkoitus ratkaista kaikkia prosessin teknisiä ongelmia, vaan tavoite on pidettävä olennaisessa: myös pieni hyöty riittää, tärkeintä olisi koko prosessin ymmärtäminen, tiedon kulku läpi hankkeen, ja eri osapuolten vastuut.
3. Mitä erityispiirteitä ja ohjeistusta menestyvä tietomallipohjainen projekti vaatii tilaajalta, erityisesti tiedonhallinnan, käytettävien ohjelmistojen ja ohjeistuksien näkökulmasta?
- Alalla yleisesti käytössä olevat YIV-ohjeet ohjaavat hankkeita, mutta ovat vain yleisiä ohjeistuksia. Tilaajalta vaaditaan täsmennyksiä mitä juuri tässä projektissa tietomallinnukselta ja toteutumamallin keruulta halutaan.
4. Tavoitteena on selvittää, kuinka tietovirtojen siirto tilaajalta suunnittelijalle ja sitä kautta urakoitsijalle siirtyy? Tämän saavuttamiseksi olennaisia pohdintoja ovat:
- Millä tasolla tietomallintamista hyödynnetään urakassa?
  - Vastuiden määrittely, toimintatavat sekä tiedon jatkohyödynnettävyyden mahdollisuus.

Opinnäytetyössä tulee huomioida, että hanke kestää useita vuosia, mikä asettaa lisähaasteita tietomallinnukselle.

Työn kautta pyritään löytämään ratkaisuja, miten tietomallintamisella saadaan tuotettua mahdollisimman suuri lisäarvo hankkeelle. Työn tavoitteena on myös selkeyttää kuinka mallinnus ja toteuman keruu siirtyisi suoraviivaisemmin omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon käyttöön sekä eri rekisterien hyödynnettäväksi

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytettiin toimintatutkimusta. Toimintatutkimus on luonteeltaan yksi laadullisen tutkimuksen suuntauksista, jonka tarkoituksena on kehittää kohteena olevaa organisaatiota sen toimintatapoihin vaikuttamisen kautta. Olenaisena osana toimintatutkimusta on tutkijan itsensä osallistuminen organisaation toimintaan ja tutkittavaan kohteeseen.

Tutkimuksessa perehdyttiin myös aikaisempaan teoriapohjaan ja vastaavanlaisiin hankkeisiin, jotka muodostavat yhdessä perustan, jolta analyysit ja tulkinnat tehdään johtopäätelmissä ja pohdinnoissa.

Tavoitteena oli tehdä uusia havaintoja, sekä oppia myös menneistä tietomallipohjaisista infra- hankkeista, joiden pohjalta tehtiin päätelmiä, mitä edistää ja mitä välttää vastaisuudessa samankaltaisissa hankkeissa.

Tausta-apuna tiedonhankintaa varten laadittiin haastattelututkimus. Haastattelututkimus toteutui kahdessa osassa, joista ensimmäisen muodosti strukturoitu sähköpostihaastattelu, johon osallistui 7 vastaajaa. Kysely muodostui kolmesta kysymyksestä:

1. Mitä tietomallipohjaisten hankkeiden avulla kerättävällä toteumamallilla tarkoitetaan hankkeessa ja kuinka toteumamalin keruu tulisi ohjeistaa, jotta se palvelisi hanketta erityisesti hankkeen projektinjohdon näkökulmasta?
2. Kuvaille kuinka tietomallipohjaisen hankkeen hyötyjä saataisiin hyödynnettyä hankkeen eri vaiheissa, aina yleissuunnittelusta rakentamiseen ja omaisuudenhallinnan piiriin?
3. Mitä erityispiirteitä ja ohjeistusta menestyvä tietomallipohjainen projekti vaatii tiilajalta, erityisesti tiedonhallinnan, käytettävien ohjelmistojen ja ohjeistuksien näkökulmasta?

Vastausten perusteella halukkaille (1 kpl) järjestettiin vielä keskustelunomainen teema-haastattelu, jonka tarkoituksena oli selvittää tietomallipohjaisen hankkeen hyötyjä eri

osapuolten näkökulmasta sekä kerätä tietoa siitä, kuinka toteumamallin keruuta voitaisiin jatkossa hyödyntää entistä paremmin hankkeen ajankohtaisen tilanteen kertovan tilannekuvan ja tilannejohtamisen näkökulmasta.

## 2 Kruunusillat-raitiotiehanke

Kruunusillat-raitiotiehanke on yksi Helsingin kaupungin merkittävimpiä hankkeita, sekä liikenteellisesti, toiminnallisesti että kaupunkikuvallisesti. Hanke liittää Laajasalon, Korkeasaaren ja Kalasataman keskustaan pikaraitiotieyhteydellä ja luo samalla jalankulkijoille ja pyöräilijöille merellisen yhteyden Helsingin keskustaan. Nykyinen 11 kilometrin etäisyys Kruunuvuorenrannasta Itäväylän kautta Rautatieasemalle lyhenee noin 5,5 kilometriin.

Uusi yhteys vähentää ajoneuvoliikenteen kasvupainetta Laajasalontielle, Herttoniemessä ja Itäväylällä. Joukkoliikenne järjestelmän kannalta raitiotieyhteys myös helpottaa metron kapasiteettiongelmaan Kalasataman ja Kulosaaren välisellä osuudella. Kruunusillat-hanke edistää kestävästä liikkumisesta kasvattamalla kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen osuutta Helsingin kokonaisliikenteestä. Raitiotieyhteys Laajasaloon tulee olemaan yksi ensimmäisistä pikaraitiotieyhteyksistä Helsingissä.

Kruunusillat-hanke toteutetaan kahden urakkamuodon yhdistelmänä: Kalasataman ja Kruunuvuorenrannan väliset kaksi siltaa, eli Finkensilta ja Kruunuvuorensilta, sekä Korkeasaaren maarakennus toteutetaan kokonaisurakkana. Yhteyden muu rakentaminen tehdään puolestaan allianssimallilla. Rakentamispäätös hankkeesta saatiin elokuussa 2016. Opinnäytetyö käsittelee hankkeen tilaa ennen allianssivaiheen alkamista vuoden 2020 alussa. (Kruunusillat hankesuunnitelma 2016: 6–15.) Kuva 1 on havainnekuva Kruunuvuorensillasta, ja kuvassa 2 on esitetty arvioidut matka-ajat.



Kuva 1. Havainnekuva Kruunuvuorensillasta mereltä päin nähtynä. (Hankesuunnitelma 2016: 26).



Kuva 2. Raitiotieyhteyden reittikuvaus ja arvioidut matka-ajat (Kruunusillat hankesuunnitelma 2016: 13).

### 3 Tietomallipohjainen infrarakentaminen

#### 3.1 Tietomallit infrarakentamisessa

Tietomallipohjainen suunnittelu on viime vuosina saanut jalansijaa myös infra-alalla. Termiä on vaikeaa kuvata yksiselitteisesti, mutta yleisesti voidaan sanoa, että tietomallilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevan rakennelman kolmiulotteista esittämistä ominaisuustietoineen. Yhden mallin avulla pyritään ideaalitulanteessa hallinnoimaan rakennelman elinkaarta aina suunnittelusta toteutukseen ja ylläpidon kautta purkamiseen.

Näin ajatellen tietomalli ei ole vain osa suunnittelua tai toteutusta, vaan laajempi osa tiedonhallintaa ja uudenlainen alusta ja ajattelutapa koko projektin elinkaareksi (Kivelä 2019).



Infra-alalla tietomallintamisesta käytetään nimeä inframallintaminen, ja tietyn infrakohteen tietomallista termiä inframalli. Inframallintaminen käsittää myös olennaisena osana erilaiset paikkatietoaineistot (kaava-, ympäristötiedot jne.), jotka voidaan havainnollistaa myös kolmiulotteisesti. Mallinnus infra-alalla voidaan laajentaa yleisesti koskemaan hankkeen tiedonhallintaa. (Yleiset inframallivaatimukset 2019: 9.)

Inframallintamisella pyritään parantamaan hankkeen sisäistä tiedonsiirtoa aina suunnittelusta kunnossapitoon ja omaisuudenhallintaan, sillä puutteellisen tiedonsiirron on todettu olevan rakennushankkeissa suurin yksittäinen syy hukan syntyymiseen. Lisäksi menetelmällä saavutetaan säästöjä mm. materiaalimenekeissä. (Tietomalliviestinnän nykytila 2015.)

Inframallintaminen mahdollistaa mm.

1. Hankkeen tehokkaamman ja ajantasaisemman tiedonhallinnan.
2. Investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia sekä havainnollistamalla riskejä.
3. Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja kunnossapidon tavoiteseurantaa varten.
4. Eri tekniikkalajien yhteensovittamisen, tiedon jakaminen kaikkien osapuolten kesken koko hankkeen ajan.
5. Suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen.
6. Laadunvarmistuksen ja tiedonsiirron parantamisen.
7. Rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja kunnossapidon aikaisissa toiminnoissa.
8. Suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon tehostamisen sekä laadun parantamisen. (Yleiset inframallivaatimukset 2019: 14.)

Yleisesti voidaan todeta, että tietomallintaminen on prosessi, joka optimoi hankkeen tiedonhallintaa. Se korjaa katkonaista ja siiloutunutta tiedonkulkua, jossa eri osapuolet käyttävät eri järjestelmiä, jotka eivät keskustele keskenään.

Tietomallintamisella nopeutetaan näin ollen hankkeen läpivientiä. Suunnitelmat täydentyvät läpi hankkeen, dokumenteilla on toimiva ja saumaton versionhallinta, kaikki pääsevät käsiksi samaan tietoon, jolloin tiedon etsintään ja oikeellisuuden varmistamiseen menee vähemmän aikaa. (Kainuvaara 2019.)

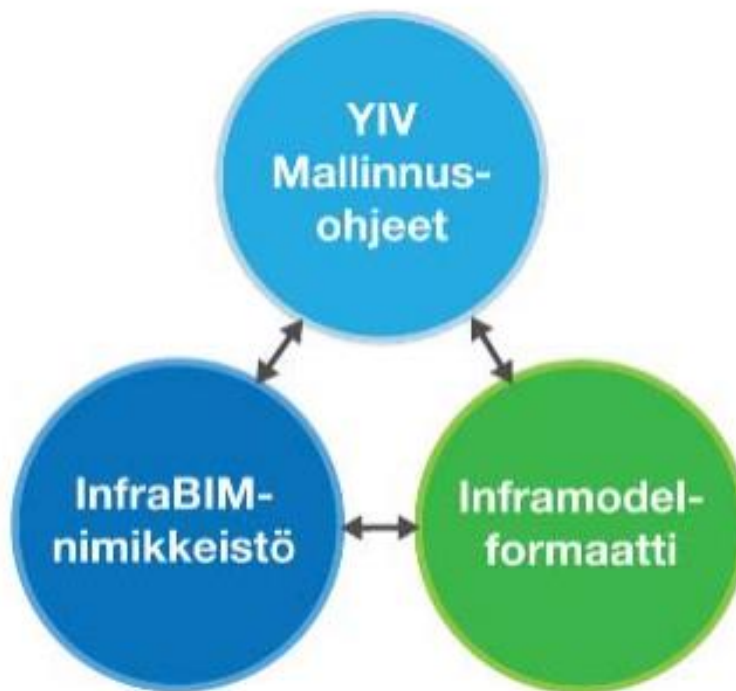
### 3.2 Yleiset inframallivaatimukset

Jotta tietomallipohjainen rakennusprosessi onnistuu, sen tiedonhallinnan ja toimivan yhteisyyden ehdottomina edellytyksinä on noudatettava alan yhtenäisiä tietomalliohjeita.

BuildingSMART Finland on suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palvelun tuottajien muodostama yhteistyöfoorumi, jossa mukana ovat omistajien lisäksi laajasti myös suunnittelijat, urakoitsijat, ohjelmistotalot, oppilaitokset ja korkeakoulut. Foorumin tarkoituksena on levittää tietoa tietomallinnuksesta sekä tukea toiminnassa olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa.

Tilajalla ja palveluiden tuottajalla täytyy olla yhtenäinen näkemys, mitä mallintamisella hankekohtaisesti tarkoitetaan. Tarpeen johdosta BuildingSMART Finland on laatinut kolmiosaisen ohjekokonaisuuden, joka muodostuu nimikkeistöstä, yleisistä inframallinnusvaatimuksista (YIV) sekä avoimista formaateista, jotka on esitetty kuvassa 3.

Ohjekokonaisuus toimii yleisenä teknisenä viiteasiakirjana infrahankinnoissa. Ohjeiden ensisijainen tarkoitus on ohjata ja yhdenmukaistaa inframallintamista, mutta myös kehittää alan tietomallinnuskäytäntöjä. (Janhunen ym. 2015: 8, 11.)



Kuva 3. Infra-alan kolmiosainen ohjekokonaisuus, joka muodostuu nimikkeistöstä, yleisistä inframallinnusvaatimuksista (YIV) sekä avoimista formaateista (YIV 2015:1).

## 4 Tietomallit Kruunusillat-hankkeessa

### 4.1 Yleistä

Kruunusiltojen katusuunnittelu ja kadunrakennussuunnittelu sekä silta- ja taitorakennesuunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti. Mallinnus tehdään suunnitteluvaiheen vaatimalla tarkkuudella.

Katusuunnitelmasta laaditaan myös perinteiset kaksiulotteiset suunnitelma-asiakirjat arkistoitaviksi, näiden on vastattava tietomallipohjaista-aineistoa.

Suunnittelualue sijaitsee kaupunkiympäristössä, jossa on nykyisin paljon maanpäällisiä ja alaisia rakenteita sekä vesialueella, johon suunnitellaan vaativia taitorakenteita. Mallintamisen tarkoituksena on Kruunusillat-hankesuunnitelman mukaan varmistaa eri

suunnitelmien yhteensovitus ja rakennettavuus sekä tukea päätöksentekoa esittelymalleja hyödyntämällä.

Katusuunnitelmavaiheessa havainnollistamisella on tärkeä merkitys. Tämä tarkoittaa mm. sitä, että esim. pysäkit, valaisimet tai muut näkyvät vastaavat varusteet ja kohteet esitetään katusuunnitelmamallissa tarkemmin kuin tavallisesti sekä koko hankealueesta laaditaan havainnollistava esittelymalli. (Kruunusillat hankesuunnitelma 2016: 26.)

#### 4.2 Noudatettavat ohjeet

Hankkeessa noudatetaan suunnittelun osalta Kruunusillat katu- ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohjetta. Ohjeessa on määritelty tarkemmin eri mallinnettavien osa-alueiden sisällöt ja tekniset vaatimukset. Ohjeiden päivittyessä noudatetaan päivittyvää ohjetta. Muut noudatettavat suunnittelua ohjaavat yleiset tietomalliohjeet ovat

- Kadunsuunnittelun inframalliohje, 1.9.2014 HKR
- Taitorakenteiden tietomallinnusohje, 1.8.2014 HKR
- Yleiset inframallivaatimukset 2015, osat, 6.5.2016 sekä osat, 10.2.2016 BuildingSMART Finland
- Siltojen tietomalliohje, 25.2.2014, Liikenneviraston julkaisu 6/2014
- Taitorakenteiden lähtötieto-ohje, 6.10.2014, Liikenneviraston julkaisu 21/2014

Tärkeimpänä näistä on HKR - Kadunsuunnittelun inframalliohje, jossa esitetään yleiset katusuunnitelman ja kadun rakennussuunnitelmien sisällön inframallivaatimukset perustuen YIV-ohjeisiin.

HKR – Taitorakenteiden tietomallinnusohje toimii ohjeena Helsingin kaupungin Rakennusviraston katu- ja puisto-osaston taitorakenteiden tietomallipohjaisen suunnittelun si-

sällön, laajuuden sekä rakenteen määrittelyissä. Ohje kuvaa toimintatavan, jota noudatetaan katu- ja puisto-osaston uudisrakentamishankkeissa siltojen ja taitorakenteiden osalta. (Kruunusillat tiedonhallintasuunnitelma 2019: 21.) Kuva 4 esittelee alueen suunnitelmien yhteensovitususta.



Kuva 4. Kruunusiltojen yhdistelmämalli, kuvakaappaus Navisworks freedom -ohjelmasta.

#### 4.2.1 Tiedonhallintasuunnitelma

Tietomallipohjaista aineistoa sisältävän hankkeen sisällön ymmärtämiseksi on luotava YIV-ohjeiden mukaan tietomallisuunnitelma. Tiedonhallintasuunnitelman tarkoituksena on antaa vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin: Kuinka hankkeessa on tarkoitus hyödyntää tietomalleja, mitä ohjelmistoja käytetään ja ketkä ovat vastuuhenkilöitä mallinnukseen liittyvissä asioissa?

Tiedonhallintasuunnitelma Kruunusillat-hankkeessa on laadittu YIV-ohjeiden (Yleiset inf-ramallivaatimukset) mukaisesti, jossa kuvataan mm. mallinnusprosessi, sen tavoitteet, laajuus ja tarkkuus sekä esitetään laadunvarmistuksen toimenpiteet.

Tiedonhallintasuunnitelmassa on esitetty seuraavat asiat:

- henkilö tietomallikoordinaattoriksi ja muut vastuhenkilöt sekä vastuut
- mallinnuksen ohjaus
- tietomalliselostuksen sisältö
- käytettävät ohjelmistot
- yhdistelmämallien kokoamisprosessi ja aikataulu
- mallien käyttö kokouksissa ja esittelyissä
- mallipohjainen tapa ja prosessi suunnitelmien kommentointiin ja
- mallintamisen vaiheet yhteen sovitettuna suunnitteluajataulun kanssa.

Suunnittelun aikana ylläpidetään lisäksi tietomalliselostusta, jossa kerrotaan mm. mallin sisältö, kattavuus, mallinnustapa, tarkkuustasot ja epävarmuustekijät. (Kruunusillat tiedonhallintasuunnitelma 2019: 17.)

#### 4.2.2 Koordinaatistot

Yhdistelmämallin ja hankkeen pääkoordinaatistona käytetään ETRS-GK25-tasokoordinaatistoa sekä N2000- korkeusjärjestelmää. Yksikkönä käytetään metrejä, taitorakenteita lukuun ottamatta, joissa käytetään millimetrejä. Yhteensovitus tehdään sovittujen koordinaatistopisteiden avulla. (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje 2016: 5.)

#### 4.2.3 Tiedostoformaatit

Hanke on monimuotoinen ja koostuu niin infra- kuin taitorakenteista. Hankkeessa pyritään hyödyntämään avoimia formaatteja aina kuin on mahdollista.

Inframodel-määrittelyn ja -sisällön mukaiset infrarakenteet tai -kohteet toimitetaan em. määrittelyn mukaisessa LandXML-formaatissa. Inframodel mahdollistaa laajemman ominaisuustietojen siirtymisen.

Kaikki aineistot toimitetaan myös natiiviformaatti-muodossa. Ne aineistot, joita ei voida toimittaa LandXML-formaatissa, toimitetaan ainoastaan dwg-muodossa. (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 19.)

Taitorakenteet mm. urakassa rakennettavat kolme siltaa Kruunusilta, Finkensilta ja Merihaansilta tuotetaan IFC-formaatissa. Muut em. ohjeessa muiksi rakenteiksi luokitellut kohteet kuten pysäkkikatokset ja valaisinpylväät toimitetaan ensisijaisesti IFC-formaatissa. (HKR taitorakenteiden tietomallinusuohje 2014.)

#### 4.2.4 Nimikkeistö

Nimikkeistönä käytetään YIV-ohjeiden mukaan InfraBIM-nimikkeistöä. Nimikkeen puuttuessa nimikkeistöstä hyödynnetään Inframodelissa määritettyjä ominaisuustietoja, joiden avulla pystytään tarkentamaan olemassa olevaa nimikettä. Tasojen ja blokkien nimet tulee perustua InfraBIM-nimikkeistöön. Nimikkeistön käytössä tulee huomioida määrelaskenta. (Kruunusillat tiedonhallintasuunnitelma 2019: 19–22.)

Taitorakenteiden numeroinnin osalta noudatetaan Liikenneviraston ohjetta 6/2014 Siltojen tietomalliohje sekä WSP:n Kruunusilloille tuottamaa numerointiohjetta: [KS siltojen numerointiohje.xlsx](#). (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 5).

### 4.3 Mallintaminen Kruunusillat-hankkeessa

Kruunusillat-hankkeessa luodaan läpi hankkeen mittava määrä erilaisia tietomalleja. Mallintamisen periaatteena onkin, että mallit kulkevat hankevaiheesta toiseen ja sama malli täydentyy koko suunnittelun läpi.

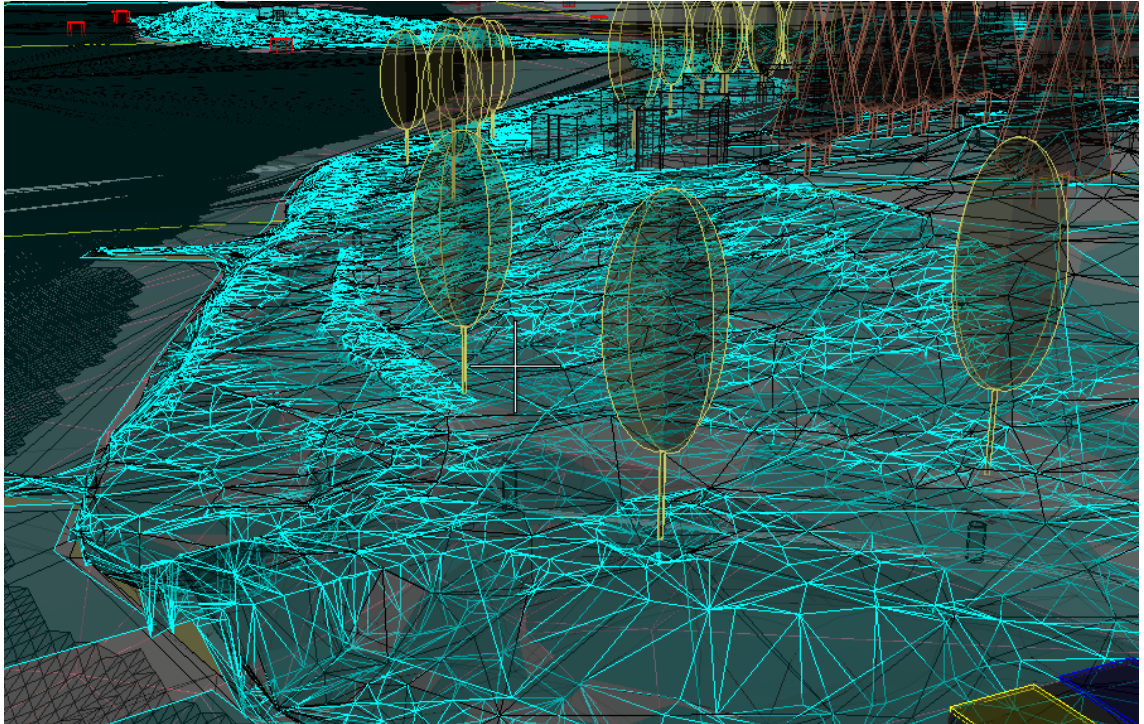
Tietomallipohjainen suunnittelu tarjoaa näin ollen tilaajalle paremman mahdollisuuden seurata mallipohjaista suunnittelua koko hankkeen ajan.

#### 4.3.1 Lähtötietomallit

Suunnittelun lähtöaineistona toimii kaikille avoin lähtötietomalli, joka päivittyy ja täydentyy suunnittelun aikana. Lähtötietomallissa esitetään kaikki nykyiset rakenteet mahdollisimman tarkasti saatavilla olevia aineistoja hyväksi käyttäen. Päivitykset lähtötietoihin tulee tehdä kuvan 5 mukaan suoraan lähtötietomalliin, jotta suunnitelmien tarkentuessa voidaan yhteensovittaminen laatia tarkemmalla tasolla.

Lähtötietomalleissa voidaan hyödyntää tarpeen mukaan myös Helsingin kaupungin avointa 3d-mallia. Tällä hetkellä aineiston pohjana on vuonna 2017 tuotettu kolmioverkkomalli, joka on myös avoimesti saatavilla osoitteesta [kartta.hel.fi/3d](http://kartta.hel.fi/3d) (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 7.)



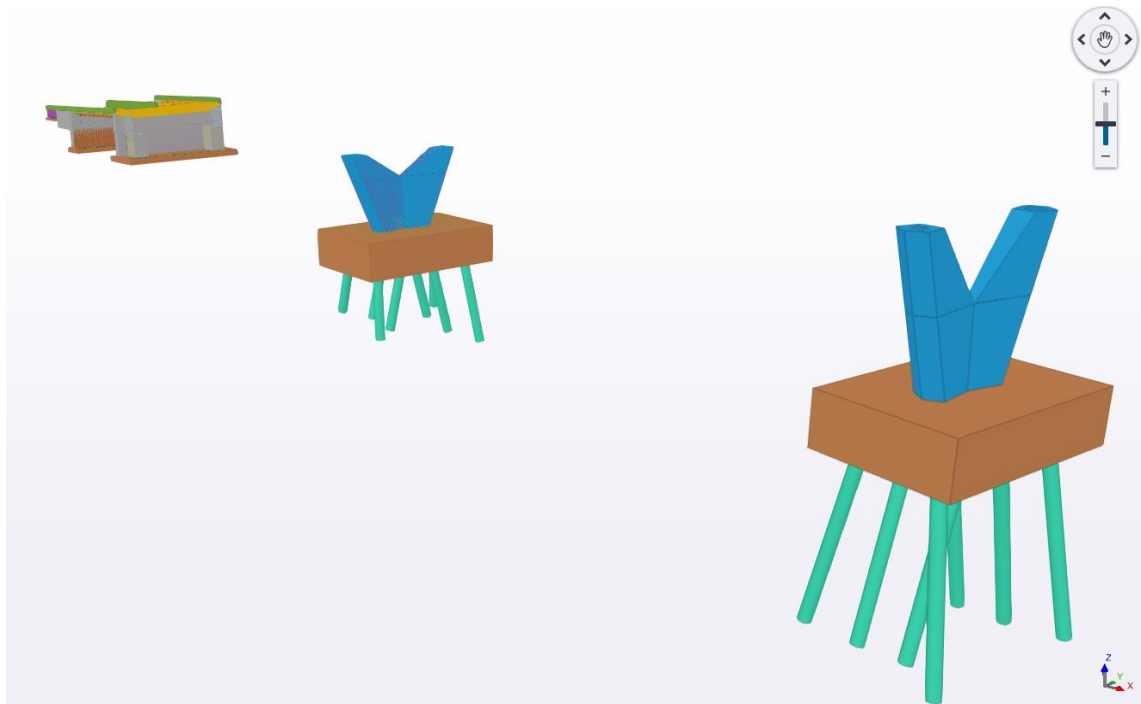


Kuva 5. Kruunusiltojen lähtötietomallia koottuna Bentley'n i-modeliin.

#### 4.3.2 Suunnitelmamallit

Kruunusillat-hanke on tarkoitus toteuttaa kokonaan tietomallipohjaisena, jolloin kaikki hankkeen suunnitelmat ovat luotu tietomallipohjaisesti. Perinteinen suunnitelma-aineisto (kaksiulotteiset kuvat) tuotetaan tapauskohtaisesti tukemaan tietomallipohjaista aineistoa. Suunnitelma aineiston luonti perustuu kuitenkin mallipohjaiseen toimintatapaan, eli malleista luodaan perinteinen suunnitelma-aineisto, jolloin se muodostuu ns. tietomallipohjaisen toimintavan sivutuotteena.

Hanke koostu eri tekniikkalajikohtaisista osamalleista, joita tuotetaan hankkeen eri vaiheissa. Hankkeen tässä vaiheessa (ennen allianssivaihetta 2020) eri tekniikkalajikohtaisia osamalleja on tehty raitiotieosuuden osalta esi- ja yleissuunnitteluvaiheeseen, ja Kruunuvuorensillan osalta aina rakennussuunnitelmavaiheeseen, kuvan 6 mukaisesti. Suunnitelmat täydentyvät ja valmistuvat raitiotieosuuden osalta allianssivaiheessa. (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 9.)



Kuva 6. Esimerkkikuva Kruunuvuorensillan osamallista esiteltynä Trimble Connectissa.

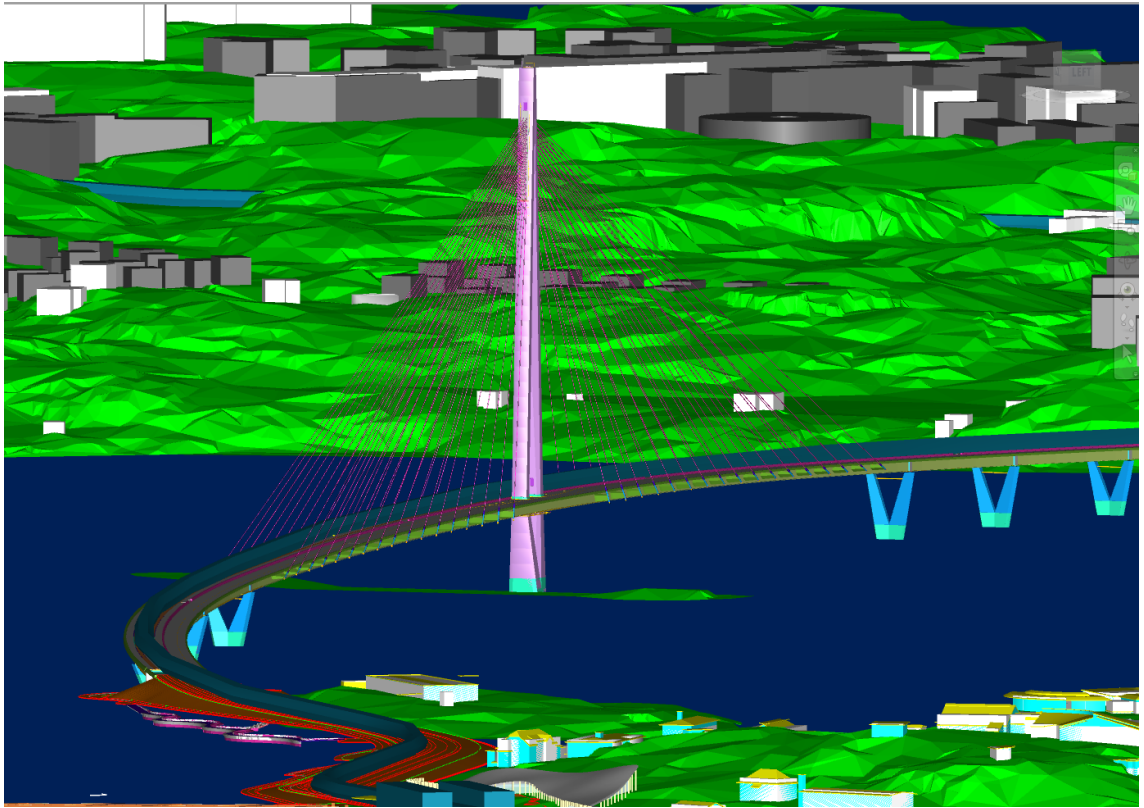
#### 4.3.3 Tietomallikoordinaattorin tuottamat yhdistelmämallit

Yhdistelmämallit, jotka esittelevät tietyn alueen osamallit kuva 7 ja 8, sekä alueen lähtötietomalli ovat hankkeen tietomallikoordinaattorin vastuulla. Tietomallikoordinaattori ei suunnittele näitä itse, vaan kokoaa eri mallit yhteen yhdistelmämallityökalulla.

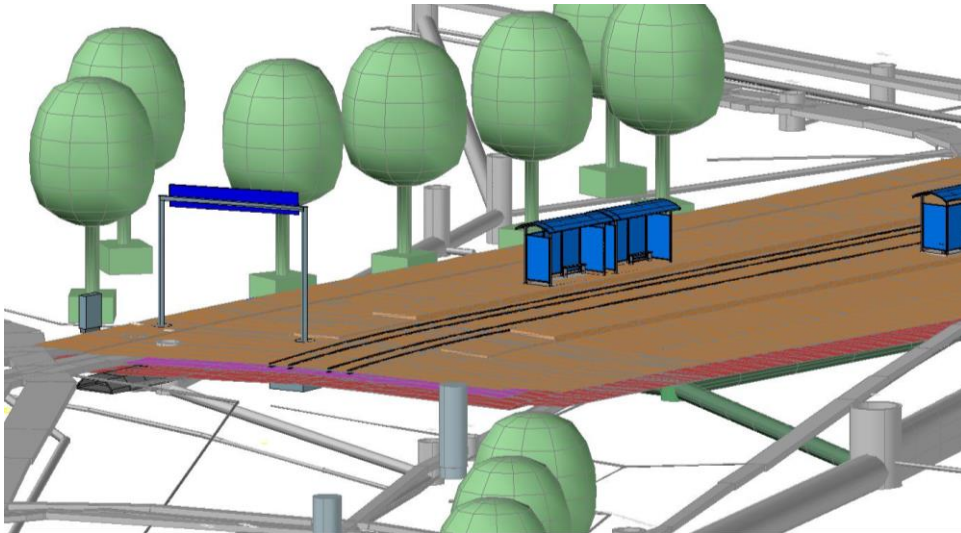
Yhdistelmämallia luodaan tarpeen mukaan, kun suunnittelutoimeksiantoja valmistuu ja halutaan varmistua suunnitelmien yhteensopivuudesta.

Yhdistelmämallityökaluna on käytetty hankkeen eri vaiheissa eri ohjelmia, sitä mukaa mitä ominaisuuksia ohjelmistot tarjoavat. Tämä on mahdollista avoimien formaattien käytöllä, jolla varmistetaan, ettei hanke ole missään vaiheessa ohjelmistoriippuvainen vaan pystyy hyödyntämään parhaita tarjolla olevia työkaluja.

Yhdistelmämallien luomisessa tärkeintä on rajapintojen tarkastelu, eri tekniikkalajien yhteensovitus, törmäystarkastelujen teko ja yleinen mallien laadunvarmistus. (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 9).



Kuva 7. Tekninen yhdistelmämalli Navisworks freedom -ohjelmasta.



Kuva 8. Katusuunnitelman yhdistelmämalli, kuva yhdistelmämalliohjelmasta Bentley I model.

#### 4.3.4 Esittelymalli

Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa, että tekniikkalajikohtaisten osamallien pohjalta voidaan helposti ja ilman mittavia lisäkustannuksia laatia esittelykäyttöön soveltuva esittelymalli täydentämällä suunnitelmia visuaalisilla ratkaisuilla. Esittelymalli on esitetty kuvassa 9.

Pääpaino esittelymallissa on osoitettujen ratkaisuiden visuaalisessa havainnollistamisessa. Vähimmäisvaatimuksena on suunnitelmassa osoitettujen rakenteiden, kuten kiveysten, esittäminen mahdollisimman hyvin todellisia materiaaleja vastaavilla tekstureilla.

Maanalaisista rakenteita ei yleensä esitetä esittelymallissa, ellei juuri niitä haluta havainnollistaa.

Esittelymallissa esitetään nykyistä ympäristöä sekä suunnitelma-aineistoa seuraavin tarkennuksin:

Nykyisen ympäristön osalta suunnittelualueelta mallinnetaan

- Liikennemerkkit, ajolangat, liikennevalot sekä ilmasähköjohdot.
- Nykyiset rakennukset vähintään harmaina 3D-laatikkomalleina. Voidaan hyödyntää kaupunkimallin teksturoituja rakennuksia tai mesh-mallia.

#### Suunnitelmista mallinnetaan

- Väylien ylin yhdistelmäpinta pintamateriaalien mukaisesti teksturoituna.
- Reunakivet, kiveykset, nurmetukset ym. pinnoitteet materiaalia kuvaavalla tekstuurilla.
- Puut, pensaat, ym. istutukset aitoa kasvia kuvaavalla objektilla (määräävänä tekijänä kasvin tilavuuden havainnollistuminen. Huom. kasvin lajia ei tarvitse tunnistaa mallista).
- Kalusteet, esim. pysäkkikatokset, kaiteet, aidat sekä valaisimet oikeannäköisinä 3D-elementteinä.
- Ajoratamaalaukset, suojatiemerkinnät, pysäköintiruudut, ym. pintojen merkinnät.
- Merkittävät ajoratojen yläpuoliset portaalit perustuksineen (pinnalle näkyviltä osin) sisältäen viitat, vähintään harmaina levyinä esitettynä.
- Sillat, tukimuurit, laiturit, ym. taitorakenteet rakenteiden ulkopinnat esittävinä elementteinä ja lopullista pinnan materiaalia kuvaavilla tekstuureilla.
- Mittalinjat, paaluluvut, aluejaot, kiinteistörajat, alueiden ja pysäkkien nimet sekä muut ei-fyysiset asiat esitetään vain erikseen sovittaessa.



Kuva 9. Esimerkki katusuunnitelman esittelymallista.

Esittelymallin tarkoitus on ensisijaisesti tuottaa visuaalista aineistoa päätöksenteon tueksi. Sillä pystytään tukemaan hankkeen suunnitteluratkaisujen esittämistä, ja se toimii myös hankkeen esittelymateriaalina kuntalaisille ja medialle.

Esittelymalli on saatavilla mm. hankkeen kotisivuilta, [www.kruunusillat.fi](http://www.kruunusillat.fi), josta löytyy myös interaktiivinen 3d-virtuaalimalli, joka mahdollistaa hankealueella liikkumisen. Esittelymallia päivitetään tarpeen mukaan, kun hankkeen suunnitelmaratkaisut valmistuvat. (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 7.)

#### 4.4 Mallintamisen dokumentaatio

Osamalleista luodaan suunnittelijoiden toimesta tietomalliselostus sekä tietomalliloki. Tietomalliselostuksessa kerrotaan tietomallin sisältö, laajuus, mallin laatimiseen käytetty ohjelmisto, luovutettavan tiedon formaatti sekä tiedon jäsentäminen. Tietomallilokiin kirjataan kaikki mallin sisältämät suunnitelmat, niiden sijainti, kuvaus, nimi ja mahdolliset erityispiirteet.

Suunnittelijat vastaavat oman tekniikka-alueensa mallien laadusta ja oikeellisuudesta sekä yhteensovituksesta. Pääsääntöisenä laadunvarmistuksen työkaluna käytetään itselle luovutuskorttia kuva 10, joka täytetään tietomallilokin yhteydessä. Itselleluovutus-kortin avulla suunnittelija tarkastaa tuottamansa suunnitelma-aineiston sekä tarpeen mukaan kommentoi sitä.

| Tiedosto   |            |        | Tarkastus  |        |           |      | Vastaus    |           |         |
|--|------------|--------|------------|--------|-----------|------|------------|-----------|---------|
| Tiedoston nimi   | Päivämäärä | Tekijä | Päivämäärä | Tekijä | Kommentti | Kuva | Päivämäärä | Kommentti | Tilanne |
| <b>Luovutettava aineisto</b>   |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Koko suunnitelma-aineisto (perinteinen ja tietomalliaineisto) on toimitettu  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Aineistosta löytyvät tarvittavat dokumentit: tietomalliselostus, lähötietomalliluettelo, tietomalliloki suunnitelmanalluettelo |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Kaikki malliluettelossa luetellut mallit löytyvät  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Yhdistelmämalli  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Itselle luovutus dokumentit  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Geometrialinjat  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| Lähtöaineisto  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| <b>Yleistä</b>   |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
| <b>Tiedostot</b>   |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |
|  |            |        |            |        |           |      |            |           |         |

Kuva 10. Esimerkkikuva itselleluovutuskortista.

Tarkastuksessa huomioidaan ainakin seuraavat asiat:

- Luovutusaineistolle on tehty itselle luovutus, ja kirjaukset löytyvät tietomallilokista jokaisen osamallin kohdalta.
- Piirustukset tuotetaan tietomalleista. Tietomallien sisältö vastaa suunnitelmapii-rustusten sisältöä yhteisiltä osilta. Tarkastuksessa tulee olla samaan aikaan käytettävissä myös vaadittu perinteinen kaksiulotteinen suunnitelma-aineisto.
- Yhdistelmämalliin on valmisteltu oleelliset näkymät tarkastamista varten ja merkittävät mitat on esitetty mallissa havainnollisesti sekä numeroina.

- Tarkastuksessa osamallit luetaan osittain tai kokonaan tarkastajan ohjelmaan. (Kruunusillat, katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje: 14.)

#### 4.5 Toteumamallit Kruunusillat-hankkeessa

Kruunusillat-hanke toteutetaan kahden urakkamuodon yhdistelmänä: Kalasataman ja Kruunuvuorenrannan väliset kaksi siltaa, eli Finkensilta ja Kruunuvuorensilta, sekä Korkeasaaren maarakennus toteutetaan kokonaisurakkana. Yhteyden muu rakentaminen tehdään puolestaan allianssimallilla.

Allianssiosuuden määritykset toteumamallin keruuseen määritellään allianssin toimesta hankkeen kehitysvaiheessa. Urakkamuodon joustavuuden ansiosta näitä määrityksiä voidaan päivittää ja tarpeen mukaan lisätä urakan aikana. Tarkoituksena on erityisesti kaupungin näkökulmasta kehittää toimintatapoja, joilla kerättyä toteumaa saataisiin hyödynnettyä suoraan kaupungin eri rekistereihin.

Erikseen kokonaisurakkana rakennettavien siltojen osalta toteumamalliin määritykset tulee olla määritettyinä hankkeen urakkaohjelmaan ennen urakan kilpailutusta.

Urakkaohjelmamääritykset toteumamallin keruuseen liittyen perustuvat YIV2019-ohjeeseen sekä Siltojen tietomalliohjeeseen 6/2014, joita täydennetään ohjeistuksella liittyen maksuerien maksukelpoisuuden osoittamiseen yhdistelmämalliohjelmassa.

Kerätyt ja luovutetut toteumamallit tulee sisältää lopullisen toteutuksen toteumamallit, tarkemittaukset, toteumamittaukset ja erityiset kartoitustiedot. Toteumamalliin voidaan tarpeen mukaan liittää myös muita laatua koskevia dokumentteja ja kuvia. Toteumamallin tietosisältö kootaan InfraBIM-nimikkeistöön perustuvaan hakemistorakenteeseen. (Kruunusillat tietomalliohje: 14–16.)

Toteumamallin keruun ohjeistuksen pääasiallisena käyttötarkoituksena on rakenteen geometrisen laadun ja vaatimusten mukaisen toteutuksen todentaminen tilaajalle, sekä omaisuuden hallinnan lähtötietona toimiminen tilaajan kunnossapitoprosessissa. (Liikenneviraston ohjeita 2017: 33, 34.)



YIV-ohjeiden mukaan toteumamallilla tarkoitetaan inframallia, joka kuvaa infrarakenteen tai -järjestelmän sellaisena kuin se on kohdekohtaisesti laatuvaatimukset huomioiden toteutettu. Toteumamalli kokoaa urakan rakentamisen mittaamisessa ja työkoneohjauksessa käytetyn ja kerätyn tietosisällön. (YIV 2019: 134.)

Kruunusillat-hankkeessa on tarve kerätä ja päivittää toteumamallia ajantasaisesti läpi rakentamisen. Toteumamallin keruun on tarkoitus tapahtua työmaamittauksin pilvipalveluna toimivaan yhteiskäyttöalustaan, joka mahdollistaa toteuman ajantasaisen tarkastelun hankkeen kaikkien osapuolten kesken.

Kruunusillat-hankkeessa toteumamallia pyritään lisäksi hyödyntämään hankkeen johtamisessa ja tilannekuvan muodostamisessa. Ajantasainen toteumamallin keruu ja ylläpito, antaa arvokasta tietoa hankkeen nykytilasta. Sen avulla pystytään seuraamaan lähes reaali-ajassa hankkeen valmistumisen edistymistä, toteutuneita kustannuksia sekä yleistä laaduntarkkailua.

Toteumamallin toivotaan korvaavan tulevaisuudessa urakassa kerättävän laatukansion. Näin ollen kaikki urakan laatuun viittaavat dokumentit ovat liitettynä rakennettuun kohteeseen. Tätä kautta tieto on mahdollista myös siirtää taitorakennerekisteriin ja muihin tilaajan rekistereihin, joiden avulla mm. omaisuudenhallinta, olemassa olevat rakenteet ja niihin tehdyt korjaustoimenpiteet näkyvät suoraan mallista.

Hankkeen jälkeen toteumamallin ja muiden tietomallien on tarkoitus siirtyä lähtötietoina seuraaville hankkeille. Lisäksi ne tarjoavat informaatiota hankkeesta raitiotieyhteyden käytön ja ylläpidon aikana. Tietomalli täydentyy läpi hankkeen, hankevaiheesta toiseen (kuva 11).

Allianssiosuuden eri tekniikkalajein kanssa käydään vielä ennen rakentamisvaiheen aloittamista yhteenveto, minkä takia toteumamallia kerätään ja kuinka kerättyä toteumaa pystytään hyödyntämään kaupungin rekistereissä. Tämän vaiheen huolellinen pohtiminen ja määrittäminen tarjoavat tilaajalle tulevaisuudessa hankkeesta paljon hyödynnettävää tietoa.



Kuva 11. Tietomallin hyödyntäminen läpi hankkeen (RTS InfraBim).

#### 4.5.1 Toteumamallin sisältö

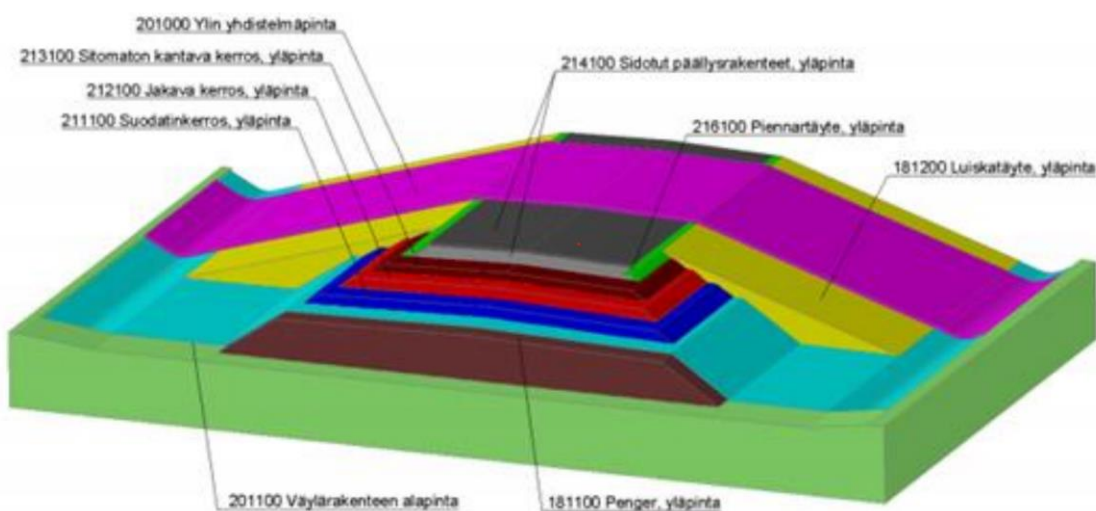
Jotta toteumamalli on kattava ja luotettava kuva hankkeesta, sitä kerätään ja päivitetään säännöllisesti koko hankkeen osalta, koko rakentamisvaiheen ajan.

#### Mallinnettavat kohteet

Tie-, katu- ja väylärakenteen toteumamalli Kruunusillat-hankkeessa koostuu seuraavista INFRA 2019 rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaisista rakennusosista:

- 1100 Olevat rakenteet ja rakennusosat
- 1200 Pilaantuneet maat
- 1300 Perustusrakenteet
- 1400 Pohjarakenteet
- 1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot
- 1700 Kallioleikkaukset ja -kaivannot
- 1800 Penkereet, maapadot ja täytöt
- 2000 Päälly- ja pintarakenteet
- 2100 Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset
- 2200 Reunatuet, kourut, askelmat ja eroosiosuojaukset
- 2300 Kasvillisuusrakenteet
- 2400 Ratojen päällysrakenteet
- 3100 Vesihuollon järjestelmät
- 3200 Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät
- 3300 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät
- 3400 Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät
- 3600 Imujätejärjestelmät (nämä rakennusosat puuttuvat liitteestä 3.1)

Rakennekerroksissa ja pengerrakenteissa mallinnetaan rakenneosan yläpinta; leikkaustyyppisissä rakenneosissa mallinnetaan alapinta kuva 12. Rakennekerrokset on esitetty tarkemmin InfraBIM-nimikkeistöohjeessa. Nimikkeen puuttuessa nimikkeistöstä hyödynnetään Inframodelissa määritettyjä ominaisuustietoja, joiden avulla pystytään tarkentamaan olemassa olevaa nimikettä. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 134–136.)



Kuva 12. Tierakenteeseen liittyviä nimikkeitä (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019).

Tähän asti hankkeessa on sovittu seuraavista lisäyksistä ja tarkennuksista InfraBIM-nimikkeistöön:

- Vietto- ja paineviemäreiden koodit ovat seuraavia jätevesiviemäreissä:
  - 311100 Jätevesiviemäriputket
  - 311110 Jätevesiviemäriputket (viettoviemäri)
  - 311120 Jätevesiviemäriputket (paineviemäri)
- Sekavesiviemäreille on lisätty omat koodit:
  - 316000 Sekavesiviemärit
  - 316100 Sekavesiviemäriputket
  - 316110 Sekavesiviemäriputket (viettoviemäri)
  - 316120 Sekavesiviemäriputket (paineviemäri)
  - 316200 Sekavesiviemärin tarkastuskaivot
  - 316800 Erityisrakenteet (sekavesiviemärit)

- Hulevesikaivon ("kadun kuivatuskaivo") koodina käytetään koodia 312200 "Hulevesiviemärien tarkastuskaivo". Kaivon kansityyppi määritetään attribuuttina (ritilä vai umpinainen), mikä määrittää, onko kyseessä tarkastuskaivo vai kuivatuskaivo.
- Imujätejärjestelmille on lisätty omat koodit:
 

|        |                     |
|--------|---------------------|
| 371000 | Imujätejärjestelmät |
| 371100 | Imujäteputket       |
| 371200 | Imujätekaivot       |

Viemäriputkien materiaali liitetään aina ominaisuustietona viemäriputkeen sen sijaan, että materiaalitieto kerrottaisiin nimikkeessä lisäerittelyin. Tasojen ja blokkien nimet tulee perustua InfraBIM-nimikkeistöön. Nimikkeistön käytössä tulee huomioida määrälaskenta.

- Raitiotien taiteviivat: Puuttuvien radan taiteviivojen osalta noudatetaan Liikenneviraston ohjetta 18/2017: Tie- ja ratakankkeiden maastotiedot – Mittausohje, jossa on esitetty seuraavat koodit radan osalta:

|     |  |
|-----|--|
| 280 | Rautatiekiskon selkä                                   |
| 281 | Raiteen keskilinja (sama kuin InfraBIM-nimikkeistössä) |
| 282 | Vaihteen etujatkos (piste)                             |
| 283 | Vaihteen takajatkos (piste)                            |
| 284 | Lankutuksen reuna tasoristeyksessä                     |
| 285 | Raidepuskin  |
| 286 | Laituri  |
| 287 | Km-pylväs (piste)                                      |
| 288 | Sähköratapylväs yleensä (keskipiste) (piste)           |
| 289 | Raiteen rajamerkki                                     |
| 290 | Muu radan rakenne (piste)                              |
| 291 | Raiteen sulku (piste)                                  |

Siltojen ja muiden taitorakenteiden numeroinnin osalta noudatetaan Liikenneviraston ohjetta 6/2014 Siltojen tietomalliohje sekä WSP:n Kruunusillat hankkeelle tuottamaa numerointiohjetta.

Materiaalitodistukset ja valokuvat voidaan liittää sillan tai infran rakenneosaan pilvipohjaisessa yhdistelmämalliohjelmistossa, kuten Trimble Connect, tai muussa tämän mahdollistamassa ohjelmistossa (tästä tarkemmin 6.3.3 Toteumamallin keruu ja tarkastelu yhdistelmämalliohjelmistossa).

Hankkeessa rakennettavat sillat ja taitorakenteet tulee lisäksi lisätä Väyläviraston taitorakennerekisteriin, joka on taitorakenteiden perustietovarasto. Se sisältää hallinnollisten ja rakenteellisten tietojen lisäksi mm. vaurio- ja kuntotietoa silloista, tunneleista, rautatie- rummuista, merimerkeistä, tie- ja yhteysaluslaitureista sekä kanavarakenteista.

Jatkossa järjestelmän tietosisältö tulee laajenemaan myös muihin taitorakenteisiin. Liikenneviraston omistamien kohteiden lisäksi rekisteristä löytyy myös kuntien omistamien rakenteiden tietoja. Tiedon syöttäminen taitorakennerekisteriin tapahtuu Liikenneviraston Taitorakenteiden tiedon käsittely ja dokumenttien toimittaminen arkistoon 36/2018 ohjeen mukaan. (Taitorakenteiden tiedon käsittely 2018.)

Opinnäytetyössä tulee huomioida, että hanke kestää useita vuosia, mikä asettaa lisähaasteita toteumamallin määrittämiselle. On todennäköistä, että ohjeistus ja tapa kerätä tietoa allianssiosuuden osalta tulee päivittymään hankkeen aikana.

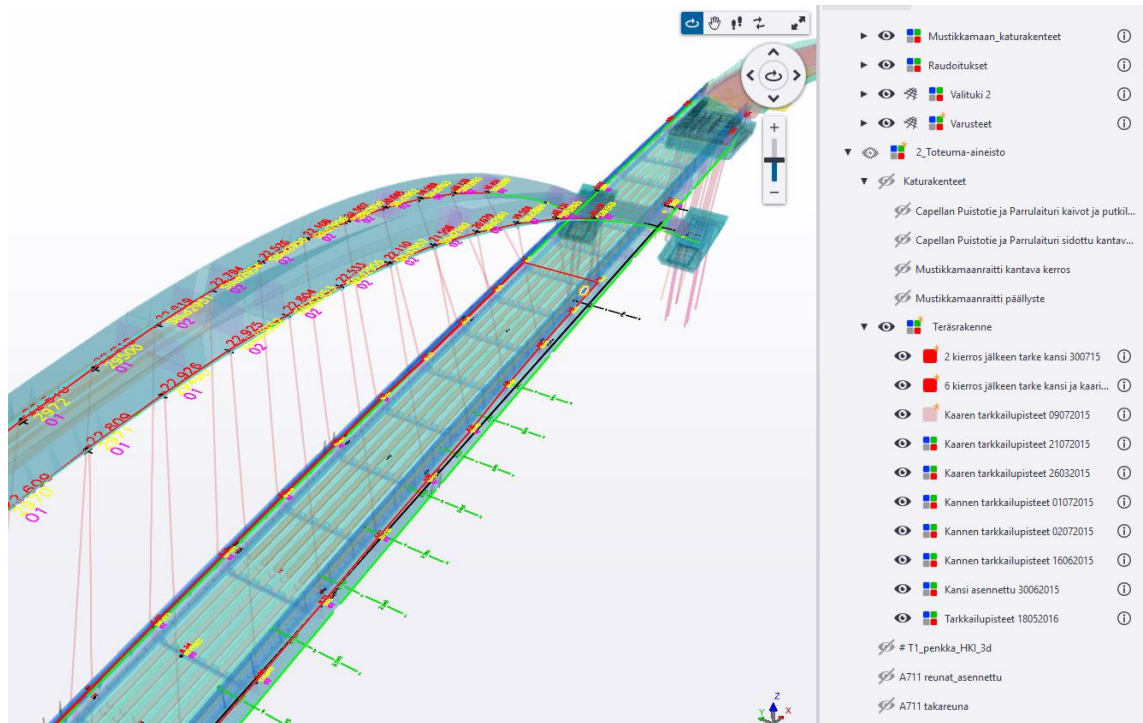
YIV-ohjeet ohjaavat hankkeen toteumamallin keruuta mutta ovat vain yleisiä vaatimuksia, joita voidaan tarpeen mukaan täydentää tai supistaa hankkeen parhaaksi.

#### 4.5.2 Toteuman tarkkuusvaatimukset ja mallinnustavat

Toteumamalli kuvaa nimensä mukaisesti valmistunutta, toteutunutta kohdetta. Sen tulee kattaa suunnitelmien ja toteutuksen lopullinen toteuma. Toteumamalliin tulee siis mallintaa suunnitelmista (toteutusmallista) poikkeavat rakennusosat.

Toteutusmallista muodostuu toteumamalli, kun sen kuvaama rakenne on tehty laatuvaatimusten mukaisesti. Kun rakentaminen toteutetaan toteutusmallia käyttäen ja rakennepinnat ovat vaaditussa tarkkuudessaan urakkakohtaisten laatuvaatimusten tai hyväksytyjen työvaihekohtaisten laatusuunnitelmien mukaisesti, voidaan toteutusmallia pitää toteumamallina. Jos toteutusmallia päivitetään rakentamisen aikana, niin toteumamalli on se toteutusmalli, jolla rakentaminen on toteutettu. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje 2017: 33, 34.)

Toteumamallista tulee laatia rakennusosiin jaoteltu hakemistorakenne, johon sisällytetään toteumamallit sekä tarkemittaus- ja toteumatiedot erillisinä tiedostoina kuten kuvassa 13 on esitetty.



Kuva 13. Isoisänsillan toteutusmalli Trimble Connectissa sekä siihen lisätyt tarkemittaukset pistemäisessä muodossa.

Toteumamallit tuotetaan YIV-ohjeiden mukaisesti inframodel- formaatissa sekä siltojen ja muiden taitorakenteiden osalta IFC-formaatissa. Rakenneosista tehtävät tarkemittaukset sisällytetään toteumamalliin, sisältäen erovektorit. Mikäli lopullinen toteuma poikkeaa vaaditusta tarkkuudesta, tulee rakenneosat mallintaa toteumamittausten pohjalta, niin että toteumamalli on toteutuksen mukainen. Nämä kohdat ja poikkeamien syyt tulee dokumentoida erikseen toteutumamalliselostukseen.

Mikäli toteutusmalli muodostaa suoraan toteumamallin, toteumamallitiedostot nimetään ja koodataan toteutusmallin ohjeistuksen mukaisesti.

Muuttuneet osat toteutusmallista mitataan maastossa ja koodataan (taiteviivat ja pinnat, sekä kaikki muu työmaan toimesta mitattu tieto) InfraBIM nimikkeistön ja Infra Rakentajakoodauksen mukaisesti. Toteutusmallin muuttuneet osat dokumentoidaan toteumamalliselostukseen. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 136-138.)

## Dokumentointi

Toteumamallin tueksi tulee luovuttaa toteumamalliselostus YIV 2019 ohjeen mukaan. Sisällön on oltava osa koko aineistoa kuvaavaa aineistoselostusta. Toteumamalliselostuksen tulee sisältää toteumamallia koskevat perus- ja tunnistetiedot:

- Rakennushankkeen nimi ja sijainti
- Toteumamallin laatija
- Ohjelmisto/ohjelmistot, jolla toteumamalli on tuotettu
- Toteumamallin poikkeamat toteutusmalliin perusteluineen
- Toteumamallin formaatti
- Käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- Toteumamallin tiedostojen nimet
- Toteumamallin sisällön kuvaus

(Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019: 136–138.)

## **5 Tietomallin käyttö projektinjohdon työvälineenä**

Tietomallintamisen hyödyt konkretisoituvat hankkeen suunnittelussa ja työmaan päivittäisessä toiminnassa mm. tarkasteluiden, simulointien ja koneohjauksen muodossa. Tietomallintamisella on myös lukuisia hyödyntämismahdollisuuksia tilaajalle mm. projektinjohdon työvälineenä ja mahdollisena työkaluna tilannekuvan luomiseen.

Määrittelemällä hankkeen mallintamisen taso ja ajantasaisuus, sekä tavoitteet heti hankkeeseen ryhdyttäessä voidaan hyötyjä maksimoida. (Kainuvaara 2019).



## 5.1 Tietomallintamisen yleiset hyödyt projektinjohdolle hankkeessa

Tietomallintamisella vaikutetaan hankkeen organisointiin, vaiheistukseen, aikatauluun, toimintatapoihin ja tiedonvaihtoon hankkeen eri vaiheissa. Infrahankkeen rakentamisaika vaihtelee yleensä 1 ja 10 vuoden välillä. Hankkeen vaikutukset ohjaavat maankäyttöä vielä vuosikymmenten, jopa vuosisatojen ajan. Tämän vuoksi tietomallintamisen hyötyjä pitää peilata myös hankkeen elinkaarta ajatellen.

Tietomallinnusta on tarkoitus hyödyntää koko hankkeen ajan, sekä suunnittelussa että rakentamisessa. Tietomallipohjaisella toimintatavalla luodaan näin ollen perusteet koko hankkeen elinkaaren tiedonhallinnalle.

Toimintavan konkreettisenä yleisenä hyötynä on hankkeen tiedonhallinnan yhtenäistäminen, olemassa olevan tiedon täydentyminen, avointen formaattien käyttö sekä tiedon avoimuus hankkeen kaikille osapuolille.

Hankkeen eri vaiheissa tietomallintamisen hyödyt tulevat yksityiskohtaisimmin esiin esimerkiksi yleissuunnitelmavaiheen vaihtoehtovertailuratkaisujen tai törmäystarkastelujen johdosta.

Tietomallintaminen tarjoaa näin ollen hyötyjä hankkeen projektinjohdolle hankkeen kaikissa vaiheissa, aina hankesuunnittelua varten tehdystä kuvan 14 esittelymallikuvasta urakan vastaanottoon.



Kuva 14. Havainnekuva Kruunuvuorenrannalta (Kruunusillat hankesuunnitelma 2016: 26).

## 5.2 Tietomallintamisen hyödyt projektinjohdolle infrahankkeen eri vaiheissa

Tie- ja ratahankkeiden suunnittelu ja rakentaminen on vaiheittain etenevä ja tarkentuva prosessi. Suunnittelutarkkuus ja päätöksenteko sovitetaan yhteen maankäytön suunnittelun kanssa.

Hankkeen eri vaiheet voidaan jakaa osiin:

- esiselvitys/hankesuunnittelu
- yleissuunnitelma
- tie- ja ratasuunnitelma
- rakennussuunnitelma
- rakentamisen valmistelu
- rakentaminen
- vastaanotto ja takuu aika
- ylläpito ja omaisuuden hallinta.

Kaikkia suunnitteluvaiheita ei aina tarvita ja vaiheita voidaan tarvittaessa yhdistää, mikäli hankkeen vaikutukset arvioidaan vähäisiksi. Suunnittelutyön taustalla tiehankkeissa on liikenne- ja tieolosuhteiden, sekä tien lähiympäristön olosuhteiden seuranta ja kehittämi-

sen ennakointi. Ratahankkeissa taustalla on liikennöitävyyden ylläpitäminen sekä rata-verkon kehittäminen. Kun suunnittelu koskee uutta tietä- tai rautatietä tai niiden parantamista, tulee suunnittelun perustua maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen kaavaan. (Väylä 2020.)

Kruunusillat-hanke on merkittävä hanke, jonka vuoksi eri hankevaiheita ei ole voitu yhdistää tai jättää pois. Tämän johdosta tietomallin hyödyntäminen on alkanutkin jo hankesuunnittelusta ja viranomaistoiminnasta ja jatkuu vaiheittain läpi hankkeen kuvan 15 mukaisesti.

### Hankesuunnittelu ja esiselvitys

Hankesuunnittelu tähtää hankepäätökseen, joka hankkeen osalta saatiin vuonna 2016. Kruunusillat-hankkeen hankesuunnittelun tehtäviä ovat olleet mm: hankkeen yhteensovittaminen kaavoihin, rakentamisen tavoitteiden kirjaaminen, ympäristövaikutusten arviointi, alueiden rakennusteknisen soveltuvuuden arviointi, tulevien ylläpitokustannuksien sekä alustavan aikataulun ja kustannusarvion luominen.

Päätöksenteon tueksi tietomallista on tässä hankevaiheessa saatu visuaalista helposti ymmärrettävää tietoa päättäjille sekä alustavia kustannusanalyyskejä hankkeen kustannuksista. Hankkeen avoimesti esillä oleva esittelymalli on tarjonnut lisäksi visuaalista kuvaa hankkeesta kaupunkilaisille ja päättäjille.

Tietomallipohjainen toimintatapa on tässä hankevaiheessa tehnyt päätöksenteosta hallitumpaa ja tiedonkulku on helpottunut eri toimijoiden välillä. Tämän johdosta esimerkiksi tiedostojen versionhallinta on parantunut, eikä eri osapuolilla ole eri vaiheessa olevia dokumentteja käytössä.

Tässä hankevaiheessa tietomallintamisella

- tuetaan projektin päätöksentekoprosesseja luomalla esittelymallista havainnollistavia kuvia. Käyttämällä tietomallista saatavaa kustannus ja määrälaskentadataa kustannusarviontiin, ja eri suunnitelmavaihtoehtojen arviointiin.

- tuetaan vuorovaikutusta simuloimalla ja havainnollistamalla suunnitelmia tilaajalle, päättäjille, käyttäjille ja muille sidosryhmille.
- tuetaan projektin kustannusanalyysijä ja -ohjausta.
- tuodaan havainnollistavia analyysijä, laskelmia ja materiaalia päätöksenteon tueksi.



Kuva 15. Tietomallintamisen hyödyt hankkeen eri vaiheissa Visio 2030 kaavion mukaan (Rasti-projekti 2019: 22).

### Suunnittelu ja rakennuttaminen

Hankepäätöksen jälkeen urakka on edennyt rakentamisprojektin rakennuttamiseen/käynnistämisvaiheeseen. Tässä hankevaiheessa päätetään mm. urakan toteuttamismuoto, kerätään hankkeen lähtötiedot, tehdään suunnittelunohjausta ja viimeistellään suunnitelmat. Ennen urakan kilpailutusta valmistellaan lisäksi hankekohtaiset urakka-asiakirjat, työselostukset ja urakkarajakartat.

Suunnittelun käynnistäminen tietomallipohjaisena urakkana helpottuu huomattavasti, mikäli kaupungilla on jo valmiiksi tietomallipohjaista aineistoa alueelta. Vanhat suunnitelmat toimivat lähtötietomallina, ja kaupunkimalli edesauttaa suunnitelmien hahmottamista kaupunkirakenteeseen. Lähtötietomalleina voidaan hyödyntää tarpeen mukaan myös Helsingin kaupungin avointa 3d-mallia. Tällä hetkellä Kruunusillat-hankkeen aineiston pohjana on vuonna 2017 tuotettu kolmioverkkomalli.

Rakennussuunnitelma vaiheessa tietomallipohjainen yhteensovittaminen on ollut ja tulee olemaan tehokas ja kustannusvapaa tapa mahdollisten ongelmakohtien löytämiseksi ja korjaamiseksi jo suunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa myös erilaisten suunnitelma-  
ratkaisujen vertailu on helpompaa, koska suunnitelmien visuaalinen tarkastelu ja mahdolliset simulaatiot on helpompi liittää osaksi jo olemassa olevaa kaupunkimallia.

Myös kustannusanalyysien ja ohjauksen teko on tätä kautta mahdollista saada tarkemmiksi, ja näin ollen urakan odotettavat kustannukset pystytään arvioimaan tietomallista tarkemmin.

Tietomallipohjaisuus mahdollistaa tässä vaiheessa suunnitelmien automatisoidun laadunvarmistuksen muiden tarkastuksien lisäksi. Suunnitteluratkaisut paranevat, kun kokonaisuus on paremmin havaittavissa. Tämän johdosta kohteen suunnittelu-aika lyhenee merkittävästi. (Kuusela 2019.)

#### Urakkakysely- ja tarjousvaihe

Urakkakysely- ja tarjousvaiheessa tietomallin hyödyt jakaantuvat niin urakoitsijalle kuin tilaajallekin. Urakoitsija pystyy hyödyntämään tietomallipohjaista aineistoa jo tarjousvaiheessa. Tietomallista suoraan saatavat määrät auttavat urakoitsijaa tarjoamaan urakan oikeaan hintaan ilman määräriskkejä hinnassa sekä myöhemmin tilaamaan oikean määrän materiaaleja oikeaan aikaan työmaalle.

Tilaajalle tulee tätä kautta jo tarjouslaskennassa mahdolliseksi saada tarjoukset edullisemmin. Määrälaskennan luotettavuuden ja nopeuden parantuessa kustannussäästöjä tapahtuu myös massansiirtojen hallinnan ja loppuselvityksien osalta.

## Rakentaminen

Rakentamisvaiheessa tietomallipohjainen toimintatapa tekee rakentamisesta laadukkaampaa, nopeampaa ja kustannustehokkaampaa.

Tietomallipohjaista aineistoa voidaan siirtää rakentamisvaiheessa mm. työkoneautomaation hyödynnettäväksi, eli siitä voidaan muokata koneohjausmalleja. Mallipohjaisen rakennustavan avulla hukkan määrä työmaalla pienenee, sillä määrät saadaan tarkasti suoraan mallista.

Aineisto voidaan simuloida ennen rakentamista ja rakentaa paremmalla todennäköisyydellä kerralla oikein. Lisäksi tuotemallin osat sisältävät paljon erilaista tietoa, jota voidaan käyttää toteutusvaiheessa monin eri tavoin, esimerkiksi geometriatietoja voidaan siirtää suoraan mittalaitteille.

Koneohjauksen avulla rakentamisesta tulee myös tehokkaampaa. Suunnitelmat päivittyvät digitaalisesti, kuvien toimitus työmaalle nopeutuu ja suunnitelmapäivitykset saadaan siirrettyä suoraan työkoneille minkä vuoksi esimerkiksi mittaamiseen käytettävä työaika vähenee.

Urakoitsija voi tätä kautta myös kerätä ja varmistaa laatua koneohjauksen avulla, jota tilaaja pystyy seuraamaan reaaliajassa tietomallipohjaisen yhteiskäyttöalustan kautta, esimerkiksi pilvipalvelu Infrakitin. Tietomallin avulla pystytään näin ollen rakentamaan, sekä tehokkaammin että entistä paremmin haluttua laatua, sillä toteutusmalli mahdollistaa laatukriteereiden määrittämisen yksiselitteisesti jo ennen rakentamisen aloitusta. Organisointi helpottuu ja työmäärä vähenee dokumenttien siirtyessä suoraan tietomalliin. (Kainuvaara 2019.)

Aktiivinen tietomallipohjainen työtapa edistää myös työturvallisuutta. Mallipohjainen työskentely mahdollistaa työmaan turvallisuussuunnitelmien, sekä työvaihesuunnitelmien linkittämisen suoraan malliin, joka helpottaa riskien hallintaa ja arviointia. Lisäksi aineistoa voidaan käyttää myös turvallisuusauditoiteihin. (Peippo 2015: 17-19.)

Tietomallintamisen avulla urakoitsijan on lisäksi mahdollista mm. täydentää suunnittelijan tekemään malliin muita toteutusvaiheessa tarvittavia tietoja, esim. telinerakenteita tai muita tilapäisjärjestelyitä tai rakennelmia, sekä tehdä mallin avulla työnohjausta.

Kokonaisuudessa nämä tietomallista saadut hyödyt vähentävät hankkeen henkilöstöressurssien tarvetta ja vaikuttavat kokonaiskustannuksiin. Aikaa ei mene enää samoissa määrin valmiin rakenteen sisällön selvittämiseen ja työmaamittauksiin.

Rakenteiden hoidon ja ylläpidon toimenpiteet voidaan tämän avulla määrittää varmemmin, sekä niiden toteutumista on helpompi seurata. Hoidon ja ylläpidon tason nousu edesauttaa rakenteiden säilymistä pidempään hyväkuntoisina.

Lisäksi urakan valvonta sekä laatudokumentoinnin taso pysyvät paremmin tilaajan hallinnassa. Maksuerien sitominen toteumamalliin auttaa hanketta pysymään ajan tasalla kustannuksien seurannassa. Tätä kautta toteuman ja maksuliikenteen seuraaminen helpottuu ja väärinkäsitykset vähenevät.

Tilaajan projektinjohto hyötyy tässä hankevaiheessa tietomallintamisesta sekä, suoraan että välillisesti. Hankkeen aikataulun seuranta ja tilannekuva on luetettavampi sekä laaduntarkkailu helpottuu. Tietomallipohjainen hanke pysyy helpommin hallittavana kokonaisuutena, kun sen tiedot löytyvät yhdestä paikasta, jolloin esim. sähköpostin määrä vähenee. (Kuusela 2019.)

Tässä hankevaiheessa tietomallintamisella

- edistetään suunnitelma- ja toteumatietojen jälleenkäyttöarvoa.
- valvotaan urakan laatua sekä rakenneosien valmistumista ja maksuerien laskutuskelpoisuutta mm. kerättävän toteumamallin avulla.
- havainnoidaan tilapäisiä liikennejärjestelyjä jalankulkijoille ja autoilijoille.
- tehdään perehdytyksiä työmaahan.

- suoritetaan työturvallisuusauditointeja, sekä riskien arviointeja mallipohjaisesti.
- simuloidaan valaistus ja tulvatarkasteluja.

Ajantasainen toteumamalli antaa yleiskuvan hankkeen tilasta. (Kruunusillat hankesuunnitelma: 23.)

Toteumamallin hyödyt ja sen käyttö eivät pääty urakan valmistumiseen. Urakan valmistuttua toteumamalli siirtyy ideaalitilanteessa suoraan omaisuudenhallinnan rekistereihin kuvan 16 mukaan, ja sitä pystytään tätä kautta hyödyntämään kunnossapidon ja tulevien hankkeiden tarpeisiin.

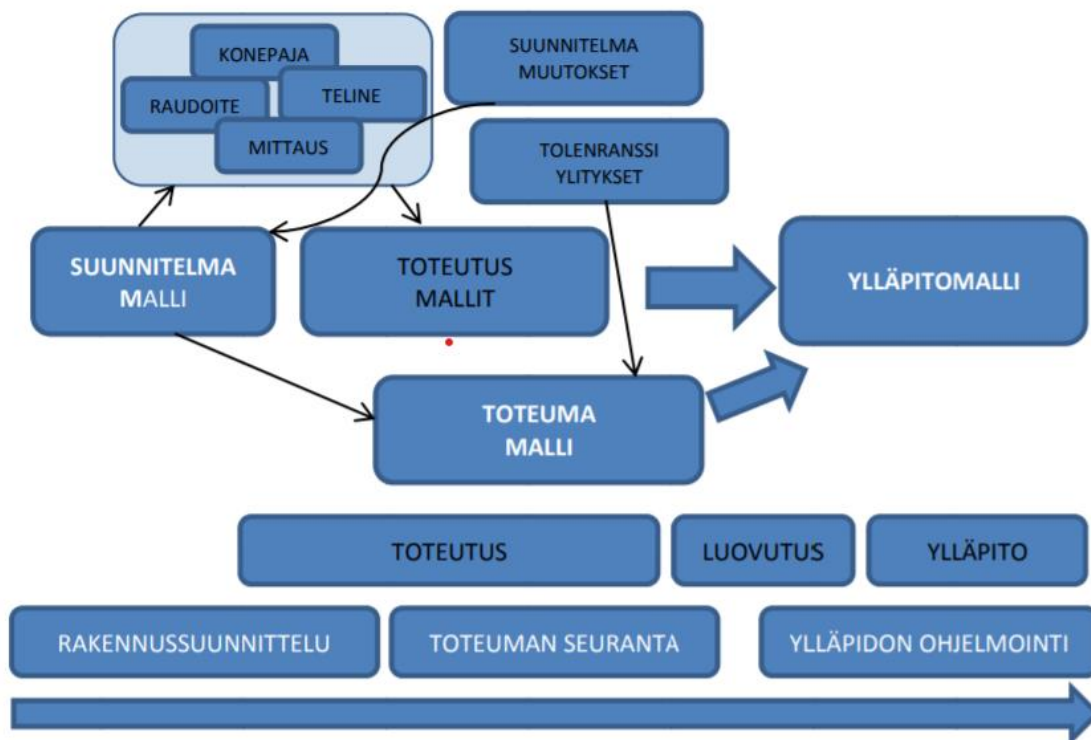
Hankkeen vastaanoton jälkeen tietomallien käyttöä on tarkoitus jatkaa raitiotieyhteyden käytön ja ylläpidon tukena sekä lähtötietona toimimisena seuraaviin investointeihin. Tietomalleja ja niistä erikseen muokattavia esittelymalleja pyritään käyttämään myös tulevien raitiotievaunukuljettajien koulutusmateriaalina erilaisissa simulaatioissa ja reittiin tutustumisessa.

Tietomallit pyritään liittämään myös huoltokirjaan, joka on rakenteesta eräänlainen omistajan käsikirja, johon kirjataan ylläpitoon ja omaisuudenhallintaan liittyviä asioita.

Tässä hankevaiheessa tietomallintamisella

- tuetaan projektin elinkaari- ja olosuhdeanalyysijä.
- valmistaudutaan kohteen käytön ja ylläpidon aikaisiin tietotarpeisiin.
- tuetaan lähtötietojen hallintaa (luetettavuus ja alkuperä).
- edistetään suunnitelma- ja toteumatietojen jälleenkäyttöarvoa.
- opastetaan ja tutustutetaan tulevia raitioliikenteen kuskeja reitille. (Kruunusillat hankesuunnitelma 2016: 26.)





Kuva 16. Periaatekuva mallien muodostumisesta rakennussuunnitelmasta ylläpitoon (Liikennevi-rasto 2014: 33).

## 6 Tiedonhallinta

### 6.1 Tiedonhallinta ja ohjelmistot

Tietomallipohjainen hanke vaatii ohjattua ja hyvin koordinoitua tiedonhallintaa, jonka mahdollistavat hankkeen käytössä olevat ohjelmistot ja ohjeistus. Vaikka ohjelmistojen kautta tehdäänkin työ, ne ovat vain työkaluja. Tärkeintä tietomallipohjaisessa työskente-lyssä onkin ymmärtää, että tietomallintaminen on osa tiedonhallintaa, jonka voi nähdä koostuvan kolmesta osasta:

#### 1. Järjestelmä

- Miten ja millä järjestelmillä tietoa hallitaan sekä käsitellään?

## 2. Prosessi

- Miten käytännöt, vastuut osaaminen ja toimintatavat on jalkautettu jokapäiväiseen tekemiseen?

## 3. Tieto

- Mistä formaateista tieto koostuu? Kuinka ajantasaista tieto on ja kuinka versionhallinnasta on huolehdittu?

Hankkeen tallennuksen perusvarastona on käytetty hankkeen tässä vaiheessa (ennen 2020) Bentleyyn ProjectWise-tiedonhallintajärjestelmää (PW) sekä tietomallien yhteiskäyttöalustana on kokeiltu eri yhdistelmämalliohjelmia kuten Trimble Connect-, Navisworks Freedom-, I model Bentley -ohjelmistoja.

Hanke pyrkii valitsemaan käytössä olevan yhdistelmämalliohjelman sekä muut ohjelmistot hankkeen tilanteen mukaan. Ohjelmistoversiot päivittyvät eri tahdissa, jolloin on tärkeää seurata, mikä ohjelmisto palvelee hankkeen tarpeita parhaiten juuri tässä hetkessä.

Sitowise Oy:n tuottama Louhi-karttapalvelu toimii hankkeen karttapohjaisena seurantavälineenä ja tietojenhaun apuna. Palvelun kautta kuvassa 17, käyttäjä näkee hanke-rajaukset ja pääsee linkkien kautta hankkeen tietovarastoon sekä kaupungin ylläpitämiin paikkatietopohjaisiin aineistoihin, kuten kaavoihin, kaavaluonnoksiin liikenne ja ympäristöselvityksiin. Karttapalvelu mahdollistaa myös suunnitelmien 2d- tarkastelun karttapohjalla sekä tätä kautta helpottaa hankkeen kokonaiskoordinoitua.



Kuva 17. Kuvakaappaus Kruunusillat Louhi Hanke-extranetista.

Olenainen osa hankkeen tiedonhallintaa on myös yksittäisten tehtävien aikatauluttaminen ja seuranta. Tätä olennaista tiedonhallinnan osa-aluetta Kruunusillat-hankkeessa on helpotettu käyttämällä kuvassa 18 esitettyä Gravicon Oy:n tuottamaa Modelspace-ohjelmistoa.

Tehtävienhallinnan seurannalla varmistetaan, että tietyt isot kokonaisuudet tulevat tehtyiksi ja niistä jää dokumentaatio, mitä on tehty, miksi ja milloin? Tätä kautta pyritään seuraamaan, mitkä osa-alueet vaativat enemmän resursseja, mikäli jokin työ ei ota valmistuakseen.

Lisäksi aikatauluttamalla tehtävät voidaan välttää tilanteita, joissa tehtävät kerääntyvät yhteen ajankohtaan, jolloin on mahdollista, ettei tehtävien suorittamiseen ole aina tarjolla riittävä määrä henkilöstöresursseja.

The screenshot displays the ModelSpace Cloud interface for task management. At the top, there's a navigation bar with 'modelSpace cloud' and 'Kruunusliiat - Yleinen'. Below it, there are tabs for 'Työpöytä', 'Tehtävät', and 'Tiedostot'. The main area shows a list of tasks with columns: 'Tila', 'Kiree', 'Suor.', 'Tunnus', 'Nimi', 'Kuvaus', 'Suorittaja', 'Suorittajan Osapuoli', 'Toimeksiantaja', 'Aloitus', 'Valmis', and 'Vaihe'. A task with ID 180150 is selected, and its details are shown in a modal window. The details include: 'Tunnus: 180150', 'Nimi: Kaupungin ICT-järjestelmien yhteistyö allianssin kanssa', 'Aloituspvm: 6.10.2018', 'Valmistuspvm: 30.9.2019', 'Vaihe: Yleinen', 'Suorittaja: osapuoli / Nro: miikka.grondahl@hel.fi', 'Toimeksiantaja: ville.alajoki@hel.fi', 'Vastuualue: Tiedonhallinta', 'Suunnitelma', and 'Tulos'. There are also buttons for 'Luo kopio' and 'Tallenna'.

Kuva 18. Tehtävienhallintatyökalu ModelSpace, kuvakaappaus

Toteutus- ja rakentamisvaiheessa hankkeeseen liittyvä rakentamista ohjaava materiaali, kuten suunnitelma- ja toteutusmalliaineisto sekä siihen liittyvät ohjeet on tarkoitus siirtää pilvipohjaiseen yhdistelmämallityökaluun, jonne taataan pääsyoikeudet hankkeen eri osapuolille.

Tämän avulla hankkeen tietomallipohjaista aineistoa voidaan hyödyntää monin eri tavoin päivittäisessä tekemisessä työmaalla. Toimintatapa mahdollistaa mm. koneohjausmallien hyödyntämisen, työmaapiirustuksien sekä mallien ja raudoituskuvien tarkastelun mobiililaitteilla ja laaduntarkailun dokumentoinnin esimerkiksi valokuvaamalla ja liittämällä dokumentaation suoraan haluttuun rakenneosaan.

Ohjelmistot ovat keskeinen osa tietomallipohjaisen projektin hallintaa. Tästä huolimatta tietomallipohjainen hanke ei saa olla ohjelmistoriippuvainen. Tärkeintä on luoda tiedonrikastumiselle ja tiedonkululle toimiva prosessi, toimintatavat ja vastuut, joita voidaan hyödyntää avoimissa formaateissa, ohjelmistoista riippumatta.

Tämän johdosta hankkeen tiedonhallinta on suunniteltu ja rakennettu siten, että siirtyminen toisiin tiedonhallintajärjestelmiin ja ohjelmistoihin on mahdollista. Avoimet formaatit

ja metatietojen käyttö dokumentteja luotaessa mahdollistavat tiedonsiirron järjestelmästä toiseen eri hankevaiheeseen siirryttäessä, näin haluttaessa.

## 6.2 Metatietojen käyttö ja tiedostojen nimeäminen

Kruunusillat-hanke on monivuotinen ja kattaa suuren määrän informaatiota ja erilaisia dokumentteja. Tiedonhaun helpottamiseksi dokumenttien nimeämiseen on laadittu ohje, joka helpottaa tiedonhakua. Olennaisin osa ohjetta on metatietojen täydentäminen ja käyttäminen.

Metatiedot kertovat perustietoja dokumenttien sisällöstä, esimerkiksi dokumenttityypin tai tekniikkalajin, mahdollistaen aineistojen nopean ja kattavan haun.

Dokumenteille tulee syöttää tallennuksen yhteydessä metatiedot. Metatiedot syötetään tiedoston tallentamisen yhteydessä. Metatietojen avulla projektipankkiin tallennettuja dokumentteja pystytään etsimään hakujen avulla.

Hankkeessa Projectwise-tietovarastossa käytettävät metatietokentät ovat

- Hanke (Kruunusillat)
- Alue (esim. Nihti–Korkeasaari)
- Aineiston pääluokka (vain lähtötiedot)
- Aineiston alaluokka (vain lähtötiedot)
- Dokumentin tyyppi (esim. DR Piirustus)
- Toimiala/organisaatio (esim. Siltatekniikka)
- Otsikko/kuvaus (ei pakollinen kenttä, voi kuvailla tarkemmin aineistosta)
- Tilatieto (esim. Työn alla)

- Revisio (esim. R01) ja revision päivämäärä
- Suunnitelmanumero ja alanumero (ei pakollinen kenttä)
- Tallentaja ja organisaatio (Tallentuu automaattisesti tallentajan mukaan)
- Suunnittelija (esim. Ramboll, pakollinen kenttä) ja suunnittelupäivämäärä
- Tarkastus, Tarkastaja ja Hyväksyjä (ei pakollisia kenttiä) + näiden päivämäärät
- Lisätietoja (ei pakollinen kenttä, mutta tähän kirjatulla termeillä voidaan tietoa hakea
- Tiedostoformaatti (esim. ifc tai .dgn), ohjelma tunnistaa usein automaattisesti

Pakollisia aina täytettäviä metatietokenttiä ovat alue, dokumenttityyppi, toimiala ja suunnittelija.

Kruunusillat-hankkeen järjestelmällisen ja johdonmukaisesti toteutetun tiedonhallinnan tavoitteina on

- nopeuttaa aineistojen hakua ja käsittelyä
- taata helppo ja luotettava pääsy aineistoihin kaikille hankkeen osapuolille
- pienentää koko Kruunusillat-hankkeen kustannuksia (Kruunusillat tiedonhallinta-suunnitelma: 4.)

### 6.3 Tietomallintamisen huomioiminen osana tiedonhallintaa

Tietomallintaminen on voimakkaasti muuttuva tekniikan ala, joka tarjoaa mahdollisuuksia rakentamisen tehostamiseen nyt ja lähitulevaisuudessa. Tietomallipohjainen suunnittelu

ja rakentamisen ohjaus ovat jo voimakkaasti käytössä. Tämän lisäksi tietomallit tulevat olemaan merkittävä osa työnmaan arkea aineisto, jolla hanke toteutetaan.

Jotta tietomallintamisen hyödyt hankkeessa saataisiin toteutumaan toivotulla tavalla, tulee tietomallinnusta kokonaisuudessaan tarkastella erityisesti tiedonhallinnan näkökulmasta. Tiedonhallinta ja tietovirrat saadaan toimimaan vain, mikäli kaikilla hankkeen osapuolilla olla samat toimintatavat käytössä hankkeen alusta hankkeen loppuun saakka.

Tämän mahdollistamiseksi tiedonhallinnan prosesseihin, tietovirtojen hallintaan ja tiedon standardointiin tarvitaan jatkuvaa osaamista ja henkilöitä, jotka osaavat sitoa kaiken tiedon yhteen kaikkien käytettäväksi.

Tietomallinnuksen osalta olennaisinta onkin, että mallinnuksen kaikki tiedot ovat avoimissa formaateissa tai muodossa, jossa niitä voidaan jatkojalostaa ja käyttää myös muissa järjestelmissä. Näin ajatellen tiedonhallinta ei pääty mallin luomiseen, vaan mallin luominen on vasta sen alku.

Tietomallipohjaisen toimintatavan yksittäinen tärkein asia onkin saada luotua ja kerättyä tietoa älykkäästi koneluettavaan muotoon, jota pystytään käyttämään ja hyödyntämään eri järjestelmien kautta eri tarkoituksiin mm.

suunnitteluvaiheessa

- törmäystarkastelut, yhteensovitukset
- suunnittelu ja suunnitelmien vaihtoehtovertailut
- esittelymallimateriaali

rakentamisvaiheessa

- koneohjaus ja suunnitelmien tarkastelu
- laaduntarkkailu ja laatudokumentaatio

ja urakan valmistuttua

- aineistoa suoraan tilaajan rekistereihin
- lähtötietona toimiminen seuraaviin hankkeisiin.

Pilkkoen tätä kautta asiat osiin voidaan todeta, että tietomallintaminen on tiedonhallinnan prosessi, joka optimoi erityisesti hankkeen tiedonkulkua ja liittää hankkeen eri osapuolet yhteen. Se korjaa katkonaista tiedonkulkua, jossa eri osapuolet käyttävät eri järjestelmiä, jotka eivät keskustele keskenään. Oikein rakennetun prosessin myötä sekä käyttämällä avoimia formaatteja pilveen tallennettu tieto on kaikkien käytettävissä ja tallentuu vain yhteen paikkaan.

Ottamalla huomioon koko tämä ketju ja sitoutumalla toimintatapoihin ja vastuisiin, tietomallintamisella nopeutetaan hankkeen käynnistystä, valmistumista ja siirtymistä omaisuudenhallintaan. Suunnitelmat täydentyvät tämän avulla läpi hankkeen, dokumenteilla on toimiva ja saumaton versionhallinta, kaikki pääsevät käsiksi samaan tietoon jolloin tiedon etsintään ja oikeellisuuden varmistamiseen menee vähemmän aikaa. (Salminen 2010.)

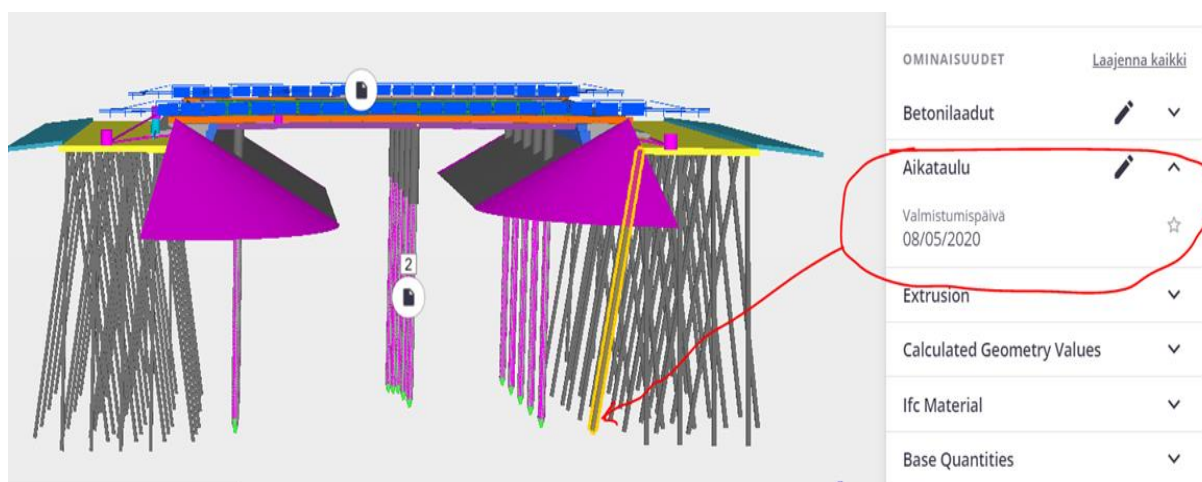
### 6.3.1 Yhdistelmämalliohjelman hyödyntäminen Kruunusillat hankkeessa

Mallipohjainen toimintatapa tarvitsee myös alustan, jolla suunnitelmia voi tarkastella, kommentoida jakaa ja säilyttää. Tätä varten on olemassa erilaisia, usein pilvipohjaisia, työkaluja, joita kutsutaan yhdistelmämalliohjelmiksi.

Yhdistelmämalliohjelman avulla pystytään havainnoimaan valmiita ja valmisteilla olevia malleja. Mallien taustalle voidaan lukea lähtötietoja, esimerkiksi Helsingin kaupungin 3D-mallia, jolloin suunnitelmista pystytään tarkastelemaan ja analysoimaan mm, miten ne sijoittuvat jo rakennettuun kaupunkirakenteeseen, tai mikä on suunnitelmien valmiusaste.



Yhdistelmämalliohjelman käyttö helpottaa työsuunnittelua, sekä antaa hankkeelle tietoa esimerkiksi tilannekuvan muodostamiseen. Valmiit mallit kertovat miltä alueelta suunnittelu on jo valmistunut, mikä alue kannattaa suunnitella mahdollisesti seuraavaksi ja minkä alueen suunnittelun voi esimerkiksi jättää myöhemmin tehtäväksi. Lisäksi osamalleille voidaan syöttää rakenneosan valmistumisen aikataulutietoa, jonka avulla hankkeen valmistumista voidaan seurata kuvan 19 mukaisesti.



Kuva 19. Havainnekuva yhdistelmämallista, osamalliin integroitu valmistuspäivä esitettynä Trimble Connectissa.

Kruunusillat-hankkeen käytössä on ollut hankkeen aikana eri yhdistelmämalliohjelmistoja. Vaatimuksena käytettävälle yhdistelmämalliohjelmalle ovat olleet sen kyky lukea infrarakentamisessa käytettävää Inframodel-tiedonsiirtoformaattia sekä IFC taitorakentamiformaattia. Lisäksi yhdistelmämalliohjelman tulee olla selkeäkäyttöinen ja mahdollistaa ns. valmiiden näkymien luominen malliin. Tärkeää on myös, että ohjelmisto pystyy näyttämään isojakin aineistoja sujuvasti.

Käytettävän ohjelmiston tulee olla käytettävissä mieluiten ajasta, paikasta ja laitteesta riippumatta. Palvelua tulee optimitilanteessa voida käyttää työnkulun eri vaiheissa, aina suunnittelusta rakentamiseen ja omaisuuden hallintaan.

Hankkeen yhdistelmämalliohjelmaksi pyritään valitsemaan aina paras saatavilla oleva työkalu. Ohjelmistot päivittyvät eri tahtiin, ja tärkeintä onkin, että koko suunnittelua ohjaavat avoimien tiedonsiirtoformaattien periaatteet, jolloin suunnitelma-aineisto on luettavissa muuttumattomana eri ohjelmistoihin.

### 6.3.2 Toteumamallin keruu ja tarkastelu yhdistelmämalliohjelmistossa

Kruunusillat-hankkeen toteumamallin keruu pyritään tekemään niin reaaliaikaisesti kuin mahdollista.

Tähän päästään hyödyntämällä koneautomaation kautta kerättävää toteumatietoa ja päivittäisiä työmaamittauksia, jotka hankkeen tietomallikoordinaattorit käsittelevät ja lisäävät pilvipalvelussa sijaitsevaan toteumamalliin hankkeen toteumamallin keruun ohjeistuksen mukaisesti. Tilaaja varmistaa ajantasaisen toteuman muodostumisen sitomalla maksuerien kelpoisuuden osoittamisen kerätyn toteuman kautta. Näin ollen maksuerän maksuperusteena on valmiin rakenneosan lisäksi sen toteumatiedon osoittaminen yhdistelmämalliohjelmassa

Kun toteutusmallin rakenneosa on valmis, mitattu ja koodattu YIV-ohjeiden ja Liikenneviraston 6/2014 siltaohjeen mukaan sekä siihen on liitetty mahdolliset tarvittavat laatutodistukset (toteumamalliin voidaan kerätä keskitetysti toteutuneet materiaalit rakenneosittain, materiaalitodistukset sekä tarkastus- ja olosuhderaportit ja laadun seurannan mitaustulokset/mittausraportit ja valokuvat), muodostuu toteutusmallista toteumamalli, ja se siirtyy tilaajan tarkastettavaksi.

Tilaaja voi tarkastaa muodostuneen toteuman samalta alustalta kuin mihin se on kerätty, jolloin vältytään erilliseltä tiedonsiirroilta ja kaikki rakenneosaan liittyvät dokumentit säilyvät yhdessä paikassa.

### 6.3.3 Työmaavalvonta ja maksuerät

Hankkeen kokonaisurakassa rakennettavat osat, mm. kaksi siltaa, muodostavat ison osan hankkeesta. Kokonaisuuden hallinnan avuksi on tarkoitus käyttää pilvipalveluna toimivaa yhdistelmämalliohjelmistoa myös kokonaisurakan maksuerien maksukelpoisuuden osoittamiseen.

Urakan maksuliikennettä, maksuerien maksukelpoisuutta ja rakenneosien valmiustasoa pyritään seuraamaan pilvipalvelun kautta reaaliajassa. Kun rakenneosa on valmistunut ja se on toleranssien mukainen, tilaajan edustaja tarkastaa ja hyväksyy valmistuneet rakenneosat yhdistelmämalliohjelmassa. Samalla toteutusmallista muodostuu toteumamalli ja rakenneosiin sidotut maksuerät voidaan maksaa urakoitsijalle.

Mikäli rakenteessa on toleranssiylityksiä, urakoitsija tai sovittaessa suunnittelija päivittää toteutusmallin mittaustarkkeiden pohjalta toteumamalliin, ja määrittää tilanteen mukaan urakoitsijalle tehtäväksi tulevat lisätoimenpiteet rakenteen varmistamiseksi.

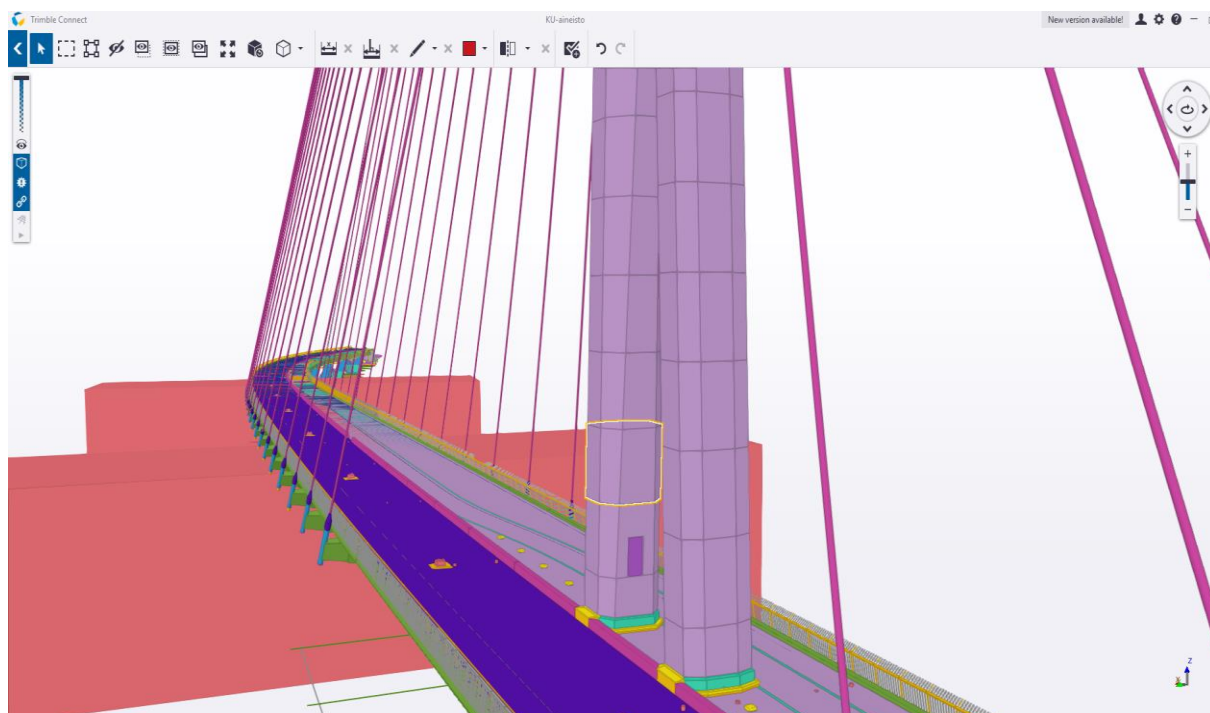
Toimintatavalla pyritään selkeyttämään urakan laadunvalvontaa. Suuri määrä paperidokumentteja voidaan jättää tällä menetelmällä tekemättä, ja tarvittava tieto on sidottu mallin rakenneosaan kuvan 20 mukaan. Sitä tarkastelemalla kaikki tarvittava tieto löytyy yhdestä paikasta. Näin ollen tulkintatavat rakenneosien valmiusasteista eivät enää aiheuta ristiriitoja mm. maksuerien maksukelpoisuudesta ja materiaalitodistusten puuttumisesta. Tämän avulla myös mahdollisten virheiden tunnistaminen helpottuu ja niihin muistetaan reagoida.

Mikäli suunnitelmiin on kommentoitavaa, merkitään kommentti suoraan suunnitelmaan yhdistelmämalliohjelmassa, minkä jälkeen se menee jakeluna suoraan suunnittelijoille pilvipalveluun.

Tällä menetelmällä voidaan huomiot yksiselitteisesti ja ilman viivettä viedä eteenpäin. Lisäksi kaikki kommentit kuvineen jäävät malliin muistiin, jolloin ne voidaan sisällyttää lopulliseen tilaajalle luovutettavaan toteumamalliin. Toteumamalliin sidottujen maksuerien kautta urakan maksuliikenne selkeytyy, sillä maksuerän hyväksymisperiaatteena on tällöin valmis rakennusosa kaikkine tarvittavine dokumentteineen. Näin ollen myös

kustannukset siirtyvät osaksi toteumamallia, ja mm. eri yksikköhintaisten määrien tarkastelu ja dokumentointi tulee läpinäkyväksi.

Tietomallipohjainen toimintatapa selkeyttää ja nopeuttaa myös suunnitelmien toimittamista työmaalle. Suunnitelmamuutosten ja revisioiden toimittaminen tapahtuu perinteisessä rakentamisessa paperikuvoin, jotka tilaajan edustaja toimittaa työmaalle. Tietomallipohjaisissa hankkeissa revisiot voidaan jakaa yhteiskäyttöalustan avulla urakoitsijalle reaaliajassa, jolloin suunnitelmien toimitustapa nopeutuu merkittävästi. Tämä vähentää merkittävästi kustannuksia mm. lisä- ja muutostöissä, kun työkoneiden ja työvoiman ns. työtätekemättömät ”ventta tunnit” jäävät pois tai vähintäänkin vähenevät huomattavasti, kun suunnitelmien saaminen työmaalle tapahtuu ilman viivettä.



Kuva 20. Esimerkkikuva Trimble Connectista, pylonin osien laatudokumentaatio.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää tietomallintamisen hyötyjä Kruunusillat-hankkeen eri vaiheissa sekä pohtia, mitä toteumamallilla tarkoitetaan tässä hankkeessa ja vaatiikosen keruu lisäohjeistusta YIV-2019 ja Siltojen inframalliohjeen lisäksi. Työssä selvitettiin myös tiedonvirtauksen prosessia, miten tieto rikastuu läpi hankkeen, kuinka vastuut tulee määrittää, jotta tietovirrat siirtyvät hankkeen käyttöön ja eri osapuolille parhaimmalla mahdollisella tavalla?

Työn tuloksena voidaan sanoa, että suurin hyöty tietomallintamisesta saadaan tiedonhallinnan kautta. Tietomallinnusta ei pidä lokeroida erilliseksi osaksi projektia, vaan se on osa koko hankkeen tiedonhallintaa. Sujuva tiedonhallinta sitoo kaiken tarvittavan tiedon yhteen paikkaan, josta se on helposti löydettävissä sekä avoimien tiedonsiirtoformaattien avulla luettavissa eri suunnitelmajärjestelmissä.

Tietomallintaminen tarjoaa projektinjohdolle konkreettisia hyötyjä hankkeen kaikissa eri vaiheissa. Päätöksenteko- ja esisuunnitteluvaiheessa hankkeen projektinjohto voi hyödyntää havainnekuvia suoraan esittelymallista. Vaihtoehtovertailujen esittäminen helpottuu tätä kautta huomattavasti, kun esittelymateriaali on visuaalisempaa ja suunnitteluratkaisut voi näyttää mallin kautta mistä tahansa kohdasta hankealuetta.

Asteittain tarkentuvassa suunnitelmaprosessissa tietomallipohjainen yhteensovittaminen on ollut ja tulee olemaan tehokas ja kustannusvapaa tapa mahdollisten ongelma-kohtien löytämiseen ja korjaamiseen. Mallinnus tehdään aina suunnitteluvaiheen vaatimalla tarkkuudella, minkä ansiosta erilaisten suunnitelmaratkaisujen vertailu on helpompaa, koska suunnitelmien visuaalinen tarkastelu ja mahdolliset simulaatiot on helpompi liittää osaksi jo olemassa olevaa kaupunkimallia jo suunnitelmien alkuvaiheessa.

Urakkakysely- ja tarjousvaiheen hyödyt konkretisoituvat tilaajalle epäsuorasti. Tietomallista suoraan saatavat määrät mahdollistavat urakoitsijan tarjoamaan urakan ilman määräriskejä hinnassa. Tämä johtaa suoraan halvempiin urakkahintoihin, ja tätä kautta tilaajan säästöihin.

Rakentamisvaiheessa tietomallintaminen tarjoaa mahdollisuuden tarkastella urakan reaaliaikaista toteumaa ja olla tätä kautta perillä urakan etenemisestä ja laadunvalvonnasta. Pilvessä sijaitsevaan yhdistelmämalliohjelmistoon kerättävä ajantasainen toteumamalli, jossa laatudokumentit, mittausdata ja valokuvat ovat sijoitettuina erikseen jokaiseen rakenneosaan, helpottaa laadunvalvonnan organisointia ja toteutusta huomattavasti.

YIV 2019-ohjeistuksessa ei ole suoraa ohjeistusta tai esimerkkiä siitä, kuinka kerättyä toteumatietoa pystyttäisiin hyödyntämään maksuerien todentamiseen. Havaintojen ja haastatteluiden pohjalta voidaan todeta, että toteumamallin sitominen maksueriin helpottaa urakan kustannusten seuranta ja samalla aikataulunhallintaa, antaen näin joka hetki ajantasaisen kuvan hankkeen etenemisestä. Sitomalla maksuerät toteumamalliin, tilaaja varmistaa, että toteumamallia päivitetään läpi hankkeen, jolloin vältetään rakennushankkeissa yleisesti tapahtuvista viime hetken laatuaineiston koonneista ja aineiston heikosta laadusta.

Tilaajan on oltava aktiivinen ja määritettävä haluttuja toimintatapoja tämän osalta urakaohjelmaan ennen urakan tarjousvaihetta. Tilaajan tehtävänä onkin tarjota parhaat lähtökohdat tietomallintamisen hyödyntämiseen rakentamisvaiheessa. Mikäli tarkentavia täsmennyksiä ei tehdä, riippuu pitkälti urakoitsijasta, kuinka mallinnusta urakan rakentamisvaiheessa hyödynnetään.

Tarkentavien määritysten avulla aikataulun ja kustannusten seurannan koordinointi helpottuu ja hankkeen aikataulu voidaan pitää realistisena, jolloin esimerkiksi tiedottaminen työvaiheista asukkaille on ajantasaista. Tämän toteuman kautta hankkeella on ajantasainen tilannekuva projektin tämänhetkisestä tilanteesta. Sen kautta tiedetään urakan rakentamisvaiheen kulloisetkin kustannukset sekä valmiusaste, jonka kautta voidaan arvioida, onko urakka todellisuudessa aikataulussa. Tämä helpottaa tiedonantoa eri sidosryhmäkeskusteluissa ja tiedottamisessa.

Hankkeen valmistuttua tietomallien on tarkoitus siirtyä omaisuudenhallinnan piiriin. Hanketta ohjaavilla YIV 2019 sekä Siltojen inframalliohjeen 2014/6 toimintavoilla varmistetaan, että toteutuneet suunnitelmat toimivat lähtötietoina seuraaville rakennettaville ura-

koille. Lisäksi avointen formaattien kautta kerättyä toteumatietoa pystytään hyödyntämään kaupungin eri rekistereihin, kuten katu-, puisto-, valaistus- ja johtotietorekistereihin. Taitorakenteet saadaan tätä prosessia hyödyntämällä toimitettua myös valtakunnalliseen taitorakennerekisteriin. Tilaajan halutessa yksityiskohtaisempaa toteumatietoa hankkeesta määritykset halutusta tiedosta on tehtävä hyvissä ajoin ennen urakan rakentamisvaihetta.

Tietomallipohjaisen hankkeen hyödyt ovat jo tässä vaiheessa hanketta mittavia. Haasteena on kuitenkin löytää tietomallia hyödyntäviä tahoja hankkeen eri vaiheissa, sillä alalle ei ole vielä syntynyt yleispäteviä käytäntöjä siitä, kuinka tiedot siirtyisivät hankevaiheesta toiseen ja ylläpitoon sujuvasti.

Jotta prosessin hyödyt saataisiin maksimoitua, tulisi tilaajan siirtyä tietomallipohjaiseen prosessiin heti hankkeen alkuvaiheessa sekä yhdenmukaistaa käytäntöjä ja tarjota luovutusaineistolle yhteinen paikka, jonne se on arkistoitavissa ja kaikkien saatavilla.

Ylätason vahva ohjaus edesauttaisi tietomallipohjaisen projektin käyttöönottoa hankkeen eri vaiheissa. Havaintojeni pohjalta uskallan todeta, että tietomallipohjaista rakentamista ja BIM-prosessin jalkauttamista vievät eteenpäin väärät henkilöt. Vastuu on usein siirretty työmaalle ja mittaushenkilöille. Hyötyjen, vastuiden ja prosessin toimivuuden varmistamiseksi ketjun pitäisi olla selkeä heti suunnittelutyötä tilattaessa.

Lupaavista pilottikohteista saadaan usein hyötyä, mutta tieto jää usein hyödyntämättä laajemmassa mittakaavassa. Pilottikohteiden toisinaan erinomaisestikin onnistuneet toteutumamallit eivät todellisuudessa päädy omaisuudenhallinnan piiriin vaan ovat projekti-pankkien säilöissä kenenkään niitä hyödyntämättä.

Tilaajalta puuttuu usein ymmärrys kokonaiskuvasta. Yksittäiset pilottikohteet eivät tarjoa kuin murto-osan hyödyistä; lähinnä koneautomaation hyödyntämisen työmaalla sekä esittelymallimateriaalin. Ongelmana on lisäksi, että jokaisesta kohteesta tehdään nyky-mallilla tietomalli ja perinteiset piirustukset arkistoon. Laadunvarmistus vaaditaan molemmilta ”asiakirjoilta”, jolloin suunnittelija tekee kaksinkertaisen työn. Mikäli tietomallit

voitaisiin tarkastaa tilaajan puolesta mallipohjaisesti, voitaisiin suunnittelun tarkastukseen käyttää enemmän aikaa ja kehittää lisäksi tehokkaampia työkaluja digitaalisten mallien tarkastukseen.

Määrittelemällä vastuut sekä koko ketjun toiminta alusta loppuun ja tekemällä asiat prosessinmukaisesti standardoituna hyödyt konkretisoituisivat. Tällä hetkellä, jopa saman tilaajan eri hankkeissa toimitaan täysin eri tavoin hankkeesta riippuen, mikä aiheuttaa hämmennystä ja hukkaa toimintatavoissa.

Jotta ala ottaisi harppauksen eteenpäin ja tietomallipohjaisen rakentamisen hyödyt saataisiin optimoitua, vaadittaisiin tilaajilta, eli valtiolta ja kunnilta vahvaa ylätason päätöstä siirtyä tietomallipohjaiseen rakentamiseen kaikissa urakoissa. Helsingin kaupunki on pyrkinyt vastaamaan tähän ”digitaalisella kaksosella”, jonka visiona on, että kaikki kaupungin rakennushankkeet esitellään tulevaisuudessa 3D-kaupunkimallissa, ja näin ollen mallinnetaan.

Kaikesta huolimatta tietomallintamisen hyödyt hankkeessa ovat huomattavat ja olisi vaikeaa kuvitella, että vastaavanlainen hanke toteutettaisiin nykyaikana ilman tietomallipohjaista yhteensovitusta.

Hanke kestää useita vuosia, mikä asettaa lisähaasteita tietomallinnukselle. Tietomallinnukseen liittyvä osaaminen ja teknologia tulee laajentumaan voimakkaasti hankkeen aikana. Tämä tuo mukanaan uusia mahdollisuuksia, mutta vaatii toisaalta vahvaa ja selkeää ohjausta.

Hankkeessa arvioidaan jatkuvasti, miten tietomallintamisella saadaan tuotettua projektille mahdollisimman suuri lisäarvo ja miten mallinnus edistää hankkeen kokonaistavoitteiden saavuttamista päivittäisessä tekemisessä, kuin myös sen valmistuttua ja kunnossapidossa.



## Lähteet

Aaltola, J. & Valli, R. 2007. Ikkunoita tutkimusmetodeihin. Helsinki: WS Bookwell.

Building information modelling. 2010. Verkkoaineisto. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL. <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus/bim-2010.html>. Luettu 1.10.2019.

Dubois, A. & Gadde, L-E. 2002. Systematic combining: an abductive approach to case research. *Journal of Business Research*, vol 55.

Hankkeiden suunnitteluvaiheet. 2020. Verkkoaineisto. Väylä. <https://vayla.fi/hankkeiden-suunnittelu/hankkeiden-suunnittelun-vaiheet>. Luettu 28.4.2020.

Hirsjärvi, Sirkka, Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula. 2013. Tutki ja kirjoita, 15. painos Helsinki Tammi.

Inframallit. 2017. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit#.WvNslk1f1D9>. Luettu 23.5.2019.

InfraRYL. 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat Rakennustietosäätiö RTS. 2006. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Janhunen, N., Pienimäki, M. & Parantala, S. 2019. Mallinnusohjeet\_OSA4. Yleiset inframallivaatimukset YIV2019. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnus\\_hankkeen\\_eri\\_vaiheissa\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf). Luettu 4.2.2019.

Kainuvaara, Jari. 2019. Tietomalliasiantuntija, Novatron Oy. Haastattelu 6.8.2019.

Kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva Inframodel on avoin menetelmä infratietojen siirtoon. 2019. Verkkoaineisto. BuildingsmartFinland tietomallintamisen yhteistyöfoorumi 2019. <https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel>. Luettu 23.10.2019.

Kemppainen, L. & Liukas J. 2015. Sito Oy. Mallinnusohjeet\_OSA2. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA2\\_Yleiset\\_Vaatimukset\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf). Luettu 4.2.2019.

Kivelä, Jukka. 2019. Verkkoaineisto. Dokumenttipohjainen tiedonhallinta. 1.9.2019. Civilpoint Oy. <https://civilpoint.fi/2019/01/blogi-7-askelta-kohti-tehokasta-tiedonhallintaa>. Luettu 8.9.2019.

Kruunusillat – hankesuunnitelma. 2016. Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala.

Kruunusillat katusuunnittelun ja kadunrakennussuunnittelun tietomalliohje. 2016. Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala.

Kruunusillat suunnittelun tietomalliohje. 2019. Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala.

Kruunusillat tiedonhallintasuunnitelma. 2017. Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala.

Kuusela, Kimmo. 2019. Suunnittelija, Destia Oy. Haastattelu 21.11.2019.

Liukas, J. & Kemppainen, L. 2014. Sito Oy. Mallinnusohjeet\_Osa 2. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 versio 1.0 – osa 2. Verkkoaineisto. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA2\\_Yleiset\\_Vaatimukset\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf). Luettu 14.2.2019.

Niskanen, J. 2015. Mallinnusohjeet\_OSA1 Tietomallipohjainen hanke. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 versio 1.0 – Osa1. Verkkoaineisto. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Tietomallipohjainen\\_hanke\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf). Luettu 14.2.2019.

Palviainen, Petteri. 2014. Destia Oy. InfraBIM Mallinnusohjeet Osa 11.3 Väylärakenteen toteumamallin vaatimukset- ja ohjeet.

Peippo, Elina. 2015. Tietomallin hyödyntäminen infrahankkeen laadunvalvonnassa – Isoisänsillan rakennuttaminen Helsingin Kalasatamaan. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi. 2019. Verkkoaineisto. Rasti-projekti. <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1.pdf>. Luettu 16.9.2019.

Salminen, J. 2010. BIMiin asetettu liikaa odotuksia. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. 4.10.2010. <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/bimiin-asetettu-liikaa-odotuksia/>. Luettu 26.7.2019.

Siltojen tietomalliohje. 2014/6. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2014-06\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf). Luettu 9.5.2019.

Standardit. 2018. Verkkoaineisto. Building SMART Finland. <https://buildingsmart.fi/standardit/> 2.4.2018. Luettu 4.2.2019.

Taitorakenteiden mallinnusohje. 2014. Verkkoaineisto. HKR. [https://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet\\_tietomallinnusohje.pdf](https://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet_tietomallinnusohje.pdf). Luettu 16.5.2019.

Taitorakenteiden tietojen käsittely. 2018. Verkkoaineisto. Väylä. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-36\\_taitorakenteiden\\_tiedon\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-36_taitorakenteiden_tiedon_web.pdf). Luettu 9.7.2020.

Taitorakenteiden tietomalliohje. 2014. Verkkoaineisto Helsingin kaupungin rakennusvirasto, katu- ja puisto-osasto. <http://www.hel.fi/www/hkr/fi/julkaisut/ohjeet-suunnittelijoille/ohjeet-suunnittelijoille>. Luettu 4.5.2019.

Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf). Luettu 12.5.2019.

Tietomallinnus. 2019. Verkkoaineisto. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL. <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>. Luettu 12.5.2019.

Tietomalliviestinnän nykytila. 2015. Verkkoaineisto. Väylä. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalliviestinta#.XVU6RiMzZaR>. Luettu 4.3.2019.

Trimble Connect. 2019. Verkkoaineisto. Trimble Solutions Oy. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>. Luettu 26.7.2019.

Yleiset inframallivaatimukset YIV. 2019. Verkkoaineisto. Building SMART Finland. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019\\_1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf). Luettu 12.5.2019.