



Mikko Virtanen

# Tietomallin hyödyntäminen maa- ja infrarakentamisen tarjouslaskennassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

4.5.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Mikko Virtanen
Otsikko:	Tietomallin hyödyntäminen maa- ja infrarakentamisen tarjouslaskennassa
Sivumäärä:	37 sivua + 1 liite
Aika:	4.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat:	Lehtori Anu Ilander Yksikönpäällikkö Tommi Kaija

---

Tietomalleista on puhuttu rakennusalalla pitkään. Niitä hyödynnetään laajasti etenkin talonrakennuspuolella, jossa niiden käyttö on huomattavasti yleisempää kuin maanrakennuksessa. Tietomallinnusta kehitetään jatkuvasti, ja sen yleistymistä koko rakennusalalle pidetään vääjäämättömänä. Tietomalleista saatavan hyödyn määrä vaihtelee suuresti. Niin suunnittelu- kuin urakointipuolella tarvitaan lisää asiantunte-  
musta ja osaamista, jotta malleista saatava hyöty vakiintuisi osaksi tietomallipohjaista rakentamista.

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin, miten toimeksiantajayritys voisi parantaa ymmärrystään tietomallintamisen hyödyistä erityisesti tarjouslaskennassa. Työssä selvitettiin myös, mitä resursseja yritys tarvitsisi ottaakseen tietomallit osaksi laskentatiimin työkalupakkia. Työssä hyödynnettiin laajasti tietomalleihin, tietomallintamiseen ja tarjouslaskentaan liittyvää teoriaa, joiden perusteella laadittiin tutkimuksen kannalta olennaiset kysymykset haastatteluja varten.

Tutkimusmenetelmiksi valittiin kirjallisuuskatsaus ja teemahaastattelut. Lisäksi laskennan nykytilaa kohdeyrityksessä havainnoitiin työskentelemällä laskentatiiminin jäsenenä. Näiden avulla selvitettiin, miten tietomallintamista voitaisiin hyödyntää tarjouslaskennassa. Tutkimuksessa selvisi, että tietomalleista on paljon hyötyä, mutta niiden käyttöönotto edellyttää henkilöstöltä motivoitumista uusien toimintatapojen opettelemiseen sekä koko yritykseltä sitoutumista muutokseen.

Keskeisin johtopäätös tutkimuksessa oli, että yrityksen on ensisijaisen tärkeää panostaa lisensoituihin ohjelmistoihin sekä työntekijöidensä koulutukseen. Myös selkeän suunnitelman laatiminen on olennaista sekä sen mukaan toimiminen. Näin tietomallien hyödyntäminen saadaan otettua osaksi tarjouslaskentaprosessia ja mahdollisesti tehostettua myös hankkeiden rakentamisvaihetta. Jatkotoimenpiteenä yrityksen tulisi tehdä konkreettista vertailua perinteisen laskennan ja tietomallia hyödyntävän laskennan välillä ja ottaa koekäyttöön lisensoitu mallinnusohjelma. Näin saataisiin yksityiskohtaisempaa dataa tietomallipohjaisen ja perinteisen laskennan välisistä eroista niin ajankäytössä kuin määrien tarkkuudessa.

Avainsanat: tietomalli, inframalli, infrarakentaminen, YIV

---

## Abstract

Author: Mikko Virtanen  
Title: Utilizing BIM in Infrastructure and Earth Works  
Number of Pages: 37 pages + 1 appendix  
Date: 4 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Project Management of Construction  
Supervisors: Anu Ilander, Senior Lecturer  
Tommi Kaija, Head of Unit

---

The purpose of this graduate study was to explore ways of implementing Building Information Modeling (BIM) into the tender calculation process of the target company. The study discusses the benefits of BIM in accuracy, efficiency, and collaboration.

The study methods consist of a literature review and interviews with industry experts, while the theory is based on current Common InfraBIM Requirements guidelines. The findings show that implementing BIM into tender calculation leads to more accurate cost estimates, better data transfer, and improved decision making. The study revealed, however, that challenges arise from factors such as cost, staff training, and staff's resistance to change.

The thesis concludes with recommendations for companies looking to adopt BIM into their tendering process. These include investing in educating and technology, as well as promoting collaboration and innovation. The study also emphasizes the importance of BIM as a means of improving competitiveness and efficiency in the industry in general.

Keywords: BIM, InfraBIM, infrastructure construction, CIR (Common Infrabim Requirements)

# Sisällys

## Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tarjouslaskenta	3
2.1	Prosessin kulku	3
2.2	Kustannusten määrittäminen ja määrälaskenta	4
2.3	Tarkkuus	5
2.4	Infra-nimikkeistö	5
3	Tietomallien ja tietomallinnuksen perusteet	8
3.1	Edut, tavoitteet ja tarkoitus	8
3.2	Toimiva tiedonhallinta	9
4	Tietomallipohjainen määrälaskenta	15
4.1	Mallipohjaisen määrälaskennan etuja	15
4.2	Mallipohjaisen määrälaskennan haasteita	17
5	Tutkimuksen suoritus	18
5.1	Tutkimustyyppi	18
5.2	Teemahaastattelu	18
5.3	Haastattelut, havainnointi ja analysointi	20
6	Tarjouslaskenta kohdeyrityksessä	21
7	Haastattelututkimus	23
7.1	Haastattelututkimuksen taustaa	23
7.2	Haastattelututkimuksen tulokset	23
7.3	Yhteenveto haastatteluista	27
8	Johtopäätökset	30
8.1	Tutkimuksen johtopäätökset	30
8.2	Toimenpidesuosituksien käyttöönottamiseksi	31
8.3	Tutkimuksen onnistuminen	35
	Lähteet	36

Liitteet

Liite 1: Haastattelukysymykset

## Käsitteet ja lyhenteet

IFC:	Industry Foundation Classes, avoin kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti ja -standardi. Mahdollistaa mm. 3D-kohteiden tallentamisen
Infra:	Tekniset rakenteet, kuten tiet, radat, tunnelit, sillat, lentokentät, vesihuolto, lämpö-, sähkö- ja tieverkostot
Inframalli:	Infrakohteen tietomalli
Inframodel (IM):	Suomalainen laajasti infra-alan suunnitteluohjelmissa ja työmaan koneohjaus- sekä mittaussovelluksissa toimiva avoin tiedonsiirtomalli, jonka perustana on kansainvälinen LandXML-standardi
InfraRYL:	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
LandXML:	Kansainvälinen XML-pohjainen infra- ja maanmittaustiedon tiedonsiirtoformaatti
Natiiviformaatti:	Suunnitteluohjelman tuottama formaatti, joka on luettavissa ainoastaan kyseisellä ohjelmalla ja jotta mallia voidaan hyödyntää työmailla, malli on muunnettava avoimeen tiedonsiirtoformaattiin
Tiedonsiirtoformaatti:	Sovelluksilla luettava tiedon muoto tiedon saantiin, siirtoon, tallentamiseksi ja arkistointiin
Taiteviiva:	Mallin sisällä oleva viivaketju, joka voi olla kaksi- tai kolmiulotteinen. Taiteviiva rakentuu useammasta kuin kahdesta taiteviivasta.
YIV:	Yleiset inframallivaatimukset

# 1 Johdanto

Tietomalleja hyödynnetään rakennushankkeiden eri vaiheissa Suomessa jo yleisesti ja niiden merkitys kasvaa jatkuvasti. Tulevaisuudessa niiden rooli tulee varmasti korostumaan entisestään, sillä maassamme astui vuoden 2024 alussa voimaan laki, joka velvoittaa kunnat vastaanottamaan tietomalleja vuoden 2025 alusta lähtien (Laki rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä 23.3.2023/431) [1]. Lisäksi yhteistyöverkosto buildingSMART Finland (bSF) ja Väylävirasto tekevät alan toimijoiden kanssa jatkuvaa yhteistyötä, jotta mallintamisen toimintatavat saataisiin Suomessa yhteneväisiksi.

Tietomallien lisäarvoa tuottavia mahdollisuuksia ei aina vielä tunnisteta eikä niiden tarjoamiin hyötyihin uskota. Tämä on osasy siihen, että tietomallien hyödyntäminen on etenkin tarjouslaskennassa toistaiseksi vähäistä. Näin on varsinkin maanrakennusalan yrityksissä. Myös mallintamista hyvin hallitsevista henkilöistä on pulaa. Tietomallinnuksen luotettavuuteen saatetaan suhtautua epäilevästi myös tietomallien sisältämien tietojen vaihtelevuuden vuoksi.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään käsittelemään tietomallintamista sekä tietomalleja erityisesti infra- ja maanrakentamisessa. Työssä pyritään selvittämään, miten tietomalleista saatavaa tietoa voitaisiin hyödyntää kohdeyrityksen tarjouslaskennassa. Lisäksi pyritään tunnistamaan tietomallien tarjoama lisäarvo yritykselle.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Helsingissä pääkonttoriaan pitävä TerraWise Oy. Yritys on perustettu vuonna 2015, sen pääasiallinen toimiala on maanrakennus, ja se on osa TerraWise Group Oy -konsernia. TerraWise Oy:n liikevaihto oli vuonna 2022 noin 60 miljoonaa euroa, ja yritys työllistää lähes 160 henkilöä. [2.] Yritys on viime vuosina ollut toimeksiantajana muissakin tietomallintamiseen liittyvissä opinnäytetoissa, sillä se haluaa kehittää tietomalliasiantuntemustaan ja pysyä mukana nykyajan vaatimuksissa.

Tutkimuksessa on hyödynnetty kirjallisuusselvitystä ja haastattelututkimusta. Työssä esitetty aineisto on kerätty alan kirjallisuuden ja verkkojulkaisujen lisäksi yrityksen laskenta-asiantuntijoiden haastatteluista.

Kirjallisuuskatsauksen avulla selvennetään tietomallien termistöön liittyvää kirjavaa tulkintaa ja avataan tarjouslaskentaan liittyviä käsitteitä sekä kartoitetaan tietomallipohjaisen laskennan hyötyjä. Samalla pyritään antamaan tietomallintamisesta lukijalle laajempi kokonaiskuva. Haastattelututkimuksen tarkoituksena on haastateltavien henkilöiden kokemuksia ja näkemyksiä hyödyntämällä selvittää tarjouslaskennan nykytilaa kohdeyrityksessä. Kerätyn aineiston pohjalta pyritään kiteyttämään, mitä yrityksen pitäisi tehdä, jotta tietomallien käyttö saataisiin vakiintumaan tarjouslaskennan yleiseksi toimintamalliksi. Saatujen tietojen perusteella laaditaan kohdeyritykselle selkeät toimenpidesuosituksset.

Tutkimuskohde on laaja, minkä vuoksi mallinnussovelluksien tekninen käyttö ja tiedon käsitteleminen on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.

## 2 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskennalla on oleellinen merkitys urakoitsijayrityksen liiketoiminnalle. Se on osa rakennushankkeen laskentavaihetta siinä missä määrälaskenta, kustannuslaskenta sekä kustannusseuranta ja -valvontakin [3, s. 158]. Tarjouksien ollessa ylihintaisia kilpailijoihin nähden, yritys jää ilman hankkeita. Jos tarjoukset taas ovat alihintaisia, hankkeista aiheutuu yritykselle tappiota. Tarjouslaskenta-prosessissa yritykset pyrkivät saamaan urakointikohteita laskemalla hankkeen omakustannushinnan ja lisäämällä siihen urakasta haluamansa katteen. Tärkein tavoite koko prosessissa on saada yritykselle tuottavia urakoita.

Tarjouksia laatiessaan yrityksen tulee kuitenkin huomioida muitakin asioita, kuin miten se saisi hankittua itselleen maksimaalisesti urakoita. Tarjouslaskennassa täytyy pystyä arvioimaan tarjouspyyntöjen antajien yhteistyökykyä ja luotettavuutta, oman yrityksen resurssien riittävyyttä, kohteen mahdollisia haasteita sekä kaiken tämän avulla selvittää, voidaanko hankkeesta ylipäätään lähteä tarjouskilpailuun. [4, s. 17–18.]

### 2.1 Prosessin kulku

Tarjouslaskentaprosessi alkaa tarjouspyynnön mukana tulleisiin asiakirjoihin perehtymisellä. Urakoitsijayritys pyrkii selvittämään, millaisesta hankkeesta on kyse, mitä tarjoukselta halutaan ja onko yrityksen ylipäätään kannattavaa lähteä tarjoamaan kohdetta. Tämän lisäksi arvioidaan tarjouspyynnön esittäneen tilaajan taloudellinen tilanne ja päätetään, kuka kohteen ottaa laskettavakseen.

Kun kohdetta on päätetty lähteä tarjoamaan, laskija perehtyy tarjouspyyntömateriaaleihin eli kaupallisiin ja teknisiin asiakirjoihin. Nämä asiakirjat pitävät sisällään kaikki hankkeen kannalta oleelliset materiaalit, kuten urakkaohjelman, työselostukset ja rakennustekniset suunnitelmat. Laskennan kannalta olennaisinta asiakirjaa eli määräluettelo tarjouspyyntömateriaalit eivät välttämättä sisällä. Rakennusalalla on jopa tyypillistä, että sitä ei toimiteta tai että tilaaja ei sitoudu siihen, vaikka se olisikin osana tarjouspyyntömateriaalia.

Yrityksen sekä laskijan toimintatavoista riippuu, miten laskentaprosessi jatkuu, laaditaanko ensin määräluettelo vai lähetetäänkö ennakkotarjouspyynnöt tarvittavista materiaaleista ja aliurakointia vaativista töistä. Perehtyessään suunnitelmiin tarjouslaskija tekee samalla muistiinpanoja ja huomioita kohteen ominaisuuksia. Laskija voi hyödyntää näitä niin oman laskentansa tukena kuin mahdollisissa selonotto- ja urakkaneuvotteluissa sekä näiden jälkeen hankkeen toteutusvaiheessa, jos urakkasopimukseen päästään. [4, s. 20–22.]

## 2.2 Kustannusten määrittäminen ja määrälaskenta

Tarjouslaskentaprosessin keskeisimpänä osana voidaan pitää materiaali-, työ- ja erilliskustannusten määrittämistä. Kustannusten määrittäminen alkaa määrien laskemisella. Määrälaskennalla on tärkeä merkitys rakennushankkeen toteutuksessa, sillä siinä selvitetään rakennusmateriaalien ja työpanosten tarve rakennushankkeessa.

Määrälaskennan tuloksena syntyy laskenta-asiakirjojen perusteella laadittu määräluettelo, jota tarvitaan kustannusarvion laatimiseen. Suunnitelma-asiakirjojen laadulla on olennainen vaikutus määrälaskennan tarkkuuteen ja laajuuteen. Suunnitelmien lisäksi määrälaskentaan vaikuttavat käytettävä nimikkeistö, laskentajärjestelmä, lait ja säädökset sekä laskentaa suorittavan henkilön asiantuntemus.

Määräluettelo toimii taloudellisena perustana koko rakennushankkeelle eli sitä tarvitaan kustannusarvion ohella niin aliurakkatarjouspyyntöihin, budjetointiin kuin maksuerätaulukoiden luomiseen. Näiden lisäksi sitä voidaan hyödyntää hankinnoissa sekä työmaan aikataulun suunnittelussa. [5.]

Yleensä alalla toimivat urakoitsijat suorittavat määrälaskennan omana työnään, mutta on myös määräluetteloita yritysten puolesta tekeviä laskentatoimistoja. Toisinaan tilaajat tai rakennuttajat, etenkin suuret toimijat kuten kaupungit, antavat määrälaskennan tulokset eli määräluettelot urakoitsijoiden käyttöön tarjouslaskentaa varten, mutta kirjaavat ehtoihin, että määrät eivät ole heitä sitovia.

Tilaaajalta tai rakennuttajalta saadut määräluettelot ovat siis käytännössä suuntaa antavia, minkä vuoksi urakoitsijat tarkastavat joka tapauksessa määrät tilaajan toimittamista suunnitelmista.

### 2.3 Tarkkuus

Kun tarjouslaskenta tehdään perinteisesti käsinlaskentana, haasteeksi muodostuu usein määrien ja massojen tarkkuus. Tarjouslaskennassa yksittäisten kohteiden laskentaan käytettävä aika on yleensä kohtalaisen lyhyt, sillä tarjouksia voi olla laskettavana useita samanaikaisesti. Tästä syystä määrälistat on pyrittävä luomaan mahdollisimman nopeasti, mikä lisää riskiä, että laskentaan tulee virheitä.

Käsinlaskettujen määrälistojen tarkkuus perustuu laskijan harjaantuneisuuteen ja huolellisuuteen sekä kykyyn tulkita ja lukea suunnitelmia mahdollisimman nopeasti. Määrälistojen tarkkuus voidaan selvittää jälkilaskentana vertaamalla rakentamisvaiheessa toteutuneita materiaalimenekkejä tarjouslaskijan määrälistoihin.

### 2.4 Infra-nimikkeistö

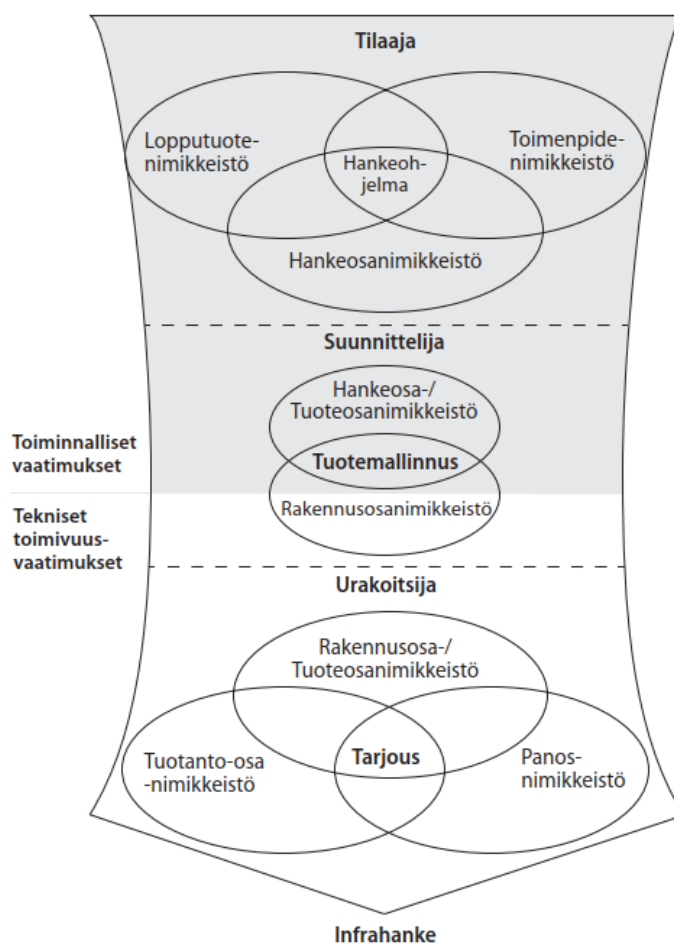
Rakennushankkeen eräs keskeisimmistä onnistumistekijöistä on luotettava ja toimiva tiedonvaihto eri osapuolten välillä [3, s. 5]. Toimivassa tiedonvaihdossa hyödynnetään nimikkeistöjä, jotka ovat kaikille hankkeessa mukana oleville yhteisiä ja ymmärrettäviä. Yhtenäisen kielen eli käytettävän nimikkeistön ansiosta toimintaa saadaan tehostettua ja kustannusten vertailua parannettua.

Nimikkeistöjärjestelmät toimivat rakennushankkeiden osittelun pohjana. Infra- ja maanrakennusalalla käytetään Infra-nimikkeistöjärjestelmää ja talonrakennuksessa Talo 80 ja Talo 2000 -nimikkeistöjä. Infra-nimikkeistöjärjestelmä luotiin osana InfraRYL-hanketta infra-alan yhteiseksi nimikkeistöjärjestelmäksi. Se koostuu useasta toisistaan riippumattomasta kokonaisuudesta, joista kukin hankkeen osapuoli käyttää vain tarvitsemaansa osaa.

Infra-nimikkeistöjärjestelmä koostuu seuraavista osanimikkeistöistä:

- Infra 2023 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö sekä Infra määrämitys-ohje
- Infra 2017 Kunnossapitonimikkeistö
- Infra 2011 Hankenimikkeistö
- Infra 2011 Toimenpidenimikkeistö [6].

Kuvassa 1 havainnollistetaan, mitä nimikkeistöjä kukin osapuoli yleensä tarvitsee.



Kuva 1. Nimikkeistöt hankkeen eri osapuolille [3, s. 8].

Nimikkeistöjärjestelmään kuuluva rakennusosanimikkeistö, joka aiemmin tunnettiin nimellä Infra 2015 Rakennusosanimikkeistö, on saanut päivityksiä ja löytyy verkosta nykyään nimellä Infra 2023 Rakennusosanimikkeistö. Se on Excel-

tiedostona vapaasti saatavilla Rakennustiedon nimikkeistöt -sivulta. Seuraavaksi päivityksiä tulee saamaan Infra 2015 Määrämittausohje. Päivitystyötä tehdään, jotta infran rakennusosanimikkeistö ja määrämittausohje sekä Infra- ja MaaRYL olisivat jatkossa rakenteiltaan yhteneviä. [7.]

### 3 Tietomallien ja tietomallinnuksen perusteet

Tietomalleihin ja tietomallintamiseen liittyvät käsitteet ovat toistaiseksi varsin laajoja eivätkä täysin yksiselitteisiä. Samalla käsitteellä saatetaan tarkoittaa hyvin erilaisia asioita, koska termistö ja käytännöt alalla eivät toistaiseksi ole kovin yhtenäisiä. Tietomalli on talonrakennuspuolella vakiintunut nimitys suunnittelijan tuottamalle kolmiulotteiselle suunnitelmalle tai sen osalle. Nykyisin nimitys on kuitenkin laajentunut käsittämään kaikkea tietomallipohjaiseen toimintaan sisältyvää informaatiota. [8, s. 8; 9.]

Tietomallintamisella tarkoitetaan tiedonhallintaa, jossa digitaalista mallinnusteknologiaa ja siihen liittyviä prosesseja hyödyntämällä parannetaan suunnittelutiedon käytettävyyttä läpi rakennushankkeen elinkaaren. Infrakohteiden mallintamisesta käytetään termiä inframallintaminen. Inframallintamalla tehtyä tietomallia puolestaan kutsutaan joko inframalliksi tai infraBIM:iksi (Infrastructure Built Environment Information Model). Infran tiedonhallinnasta käytetään infra-alalla usein pelkästään termiä mallinnus. [8, s. 8; 10.]

Tietomalli on kokonaisuus, jossa yhdistyy digitaalisessa muodossa olevan kohteen kolmiulotteinen malli sekä siihen liittyvien tietojen ja osien kuvaus – juuri tämä erottaakin tietomallin kolmiulotteisesta mallintamisesta. Tietomalleilla kuvataan fyysisten kohteiden ja ominaisuustietojen lisäksi ne asiat, joiden halutaan siirtyvän rakennushankkeen alusta sen käyttöönottoon ja ylläpitoon ja jopa purkamiseen asti. Soveltuvilla ohjelmilla tietomallin laajasta sisällöstä on mahdollista poimia tarvittavaa dataa tilanteen mukaan. Näin saatua aineistoa voidaan hyödyntää esimerkiksi määrälaskennassa tai työmaalla mittaus- ja koneohjauslaitteissa. [9.]

#### 3.1 Edut, tavoitteet ja tarkoitus

Infra-alalla mallintaminen on ottanut merkittäviä edistysaskelia viime vuosien aikana, koska yhä useammat tilaajat ovat alkaneet vaatia hankkeissaan inframallintamista. Inframallintamisen merkittävänä edistäjänä on Suomessa toiminut

Väylävirasto, jonka vastuulla on valtion infran eli tieverkon, rautateiden ja vesiväylien kehittäminen sekä kunnossapito. Väyläviraston tavoitteena on jo pitkään ollut, että hankkeissa siirryttäisiin tietomallipohjaiseen toteuttamiseen. Väylävirasto onkin aktiivisella roolillaan ollut vauhdittamassa alan sovelluskehitystä ja edistämässä tietomallintamisen käyttöönottoa. [10.]

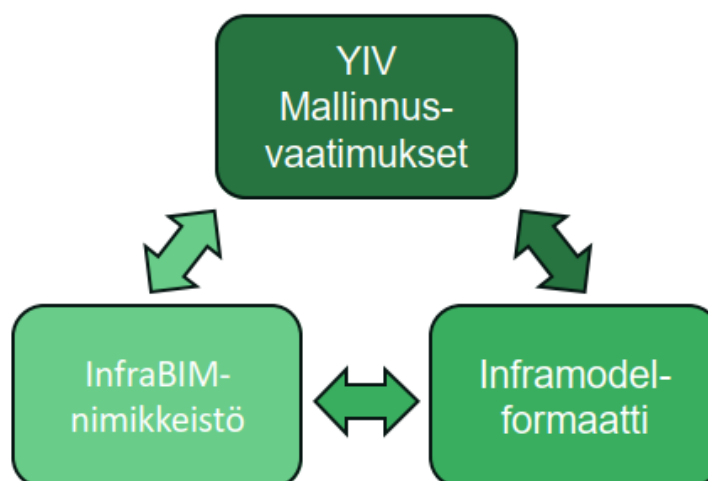
Inframallintamisella saadaan monia hyötyjä hankkeen eri vaiheisiin. Suunnittelu- vaiheessa se havainnollistaa suunnitelmia, helpottaa rakentamisen arvioimista ja suunnitelmien yhteensovittamista sekä parantaa tiedonsiirtoa ja laadunvarmistusta. Mallintaminen tuo myös monia muita hyötyjä myöhemmissä vaiheissa mm. elinkaaren aikaiseen tiedonhallintaan, tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen sekä kustannushallintaan ja määrälaskentaan. [9.]

Tietomallintamisen avulla on mahdollista tehostaa hankkeiden tiedonhallintaa, parantaa suunnitelmien yhtenevyyttä sekä edistää rakennushankkeen eri osapuolien kuten tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijan välistä yhteistoimintaa. Tästä on hyötyä hankkeen kaikissa vaiheissa laskennasta tuotantoon. Mallintaminen vaikuttaa siis olennaisesti siihen, miten hyvin yhteiset tavoitteet onnistutaan saavuttamaan. [11.]

Tietomallien sisältämää tietoa voidaan hyödyntää myös suunnitelmien yhdenmukaisuuden ja laadun varmistamisessa. Lisäksi mallintaminen tukee suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon tehokkuutta ja turvallisuutta sekä parantaa hankkeiden laatua. Se edistää omalta osaltaan myös kestävä kehityksen mukaisia hanke- ja elinkaari prosesseja. [9; 11.]

### 3.2 Toimiva tiedonhallinta

Mallintamisen tiedonhallinta muodostuu kolmesta toisiaan täydentävästä osiosta – mallinnusvaatimuksista, nimikkeistöstä ja formaatista. Suomessa infraalalle on luotu omat yhtenäiset ohjeistuksensa tietomallintamiseen. Näitä ovat Yleiset inframallivaatimukset (YIV), InfraBIM-nimikkeistö ja Inframodel-formaatti, ja niiden keskinäiset suhteet on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Toimivan tiedonhallinnan yhtenäinen kolmikanta inframallinnuksessa: Yleiset inframallivaatimukset (YIV), InfraBIM-nimikkeistö ja Inframodel-formaatti. Kuva muokattu lähteestä. [8, s. 6.]

Yleisissä inframallivaatimuksissa kerrotaan hankkeen eri osapuolille ohjeet ja vaatimukset siitä, miten ja mitä mallinetaan, kun taas nimikkeistö määrittelee osien numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Formaattia puolestaan tarvitaan tiedonsiirtoon mallien yhteensovittamisessa, ja sen takia on tärkeää käyttää ensisijaisesti avointa tiedonsiirtoformaattia.

Jotta tietomallipohjaisten infrahankkeiden tiedonhallinta olisi toimivaa, kaikkien hankkeeseen osallistuvien tulisi sitoutua käyttämään kolmikannan mukaisia standardeja.

### **buildingSMART Finland**

Tietomallipohjaista rakentamista edistää Suomessa kaikille avoin tietomallintamisen yhteistyö- ja osajaverkosto buildingSMART Finland eli bSF. Verkosto jakaa tietoa tietomallintamisesta ja pyrkii yhtenäistämään kiinteistö- ja rakennusalan tietomallitoimintaa. Yleiset inframallivaatimukset (YIV), InfraBIM-nimikkeistö ja Inframodel-formaatti ovat esimerkkejä buildingSMART Finlandin

mallintamisen eteen tekemästä työstä. BuildingSMART Finlandilla on parhailaan meneillään useampia uusia kehityshankkeita, joista mainittakoon RYTV-hankeohjelma ja Yhtenäinen tietomallintamisen tilaajaohje. [9.]

### **Yleiset inframallivaatimukset YIV**

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) on buildingSMART Finlandin (bSF) kehittämä ohjelijaisu, jota päivitetään aktiivisesti sitä mukaa, kun osaaminen ja työvälineiden kehittyminen tuovat parannuksia käytäntöihin. Sen tarkoituksena on toimia koko infra-alan mallinnuskäytäntöjen yhdenmukaistajana. [8, s. 6.]

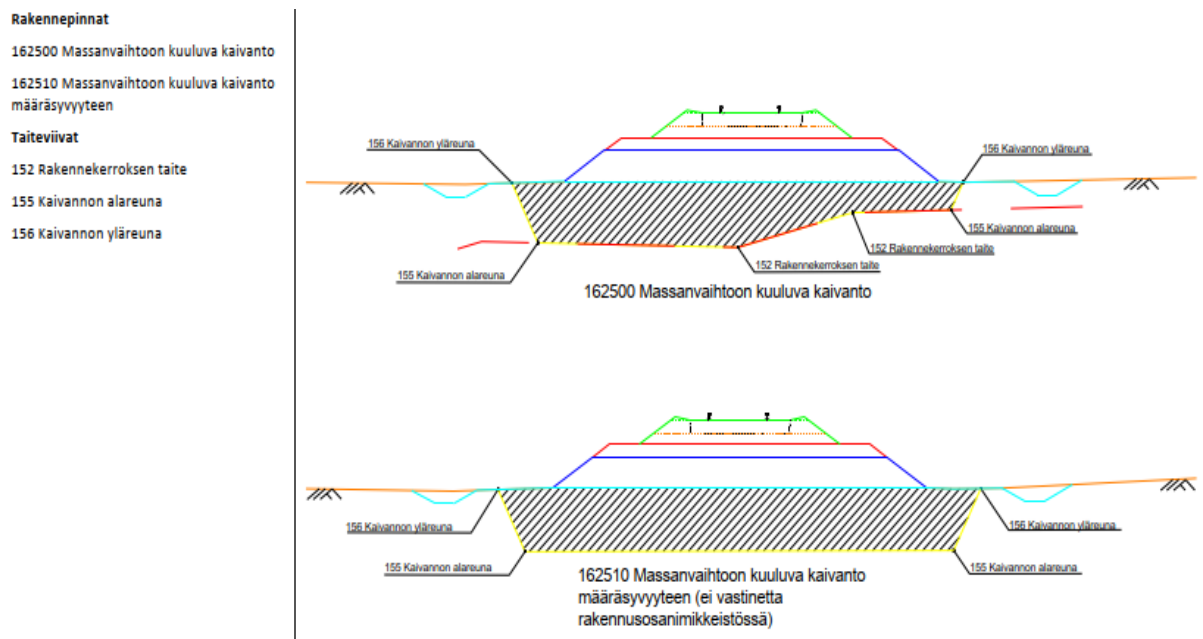
Yleiset inframallivaatimukset sisältää ohjeistuksia ja vaatimuksia mallinnukselle ja mallien tietosisällölle kattaen mallinnettavien hankkeiden koko elinkaaren aina lähtötiedoista käyttöön ja kunnossapitoon. Ohjeet eivät ole ehdottomia vaatimuksia, vaan ohjaavia käytäntöjä, joita suositellaan. Vaatimuksissa puolestaan esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle kaikissa infrahankkeissa. Vaatimusten ja ohjeiden lisäksi asiakirjasta saa tietoa mallinnuksen perusasioista ja käsitteistä.

### **InfraBIM-nimikkeistö**

Luokittelujen ja nimikkeistöjen avulla tietoa ryhmitellään ja jäsennetään esimerkiksi malleissa, määräluetteloissa ja kustannuslaskennassa. Nimikkeistöjen avulla koneluettava tieto on mahdollista muuttaa ihmisluettavaksi ja kääntäen. Nimikkeistöt ja luokittelut ovat välttämättömiä, kun halutaan, että rakennettua ympäristöä koskeva tieto on yhteentoimivaa ja digitaalisesti käsiteltävää. Nimikkeistöistä voidaankin puhua hankkeiden yhteisenä kielenä, jossa kaikilla on käytössä yhtenäinen sanasto. Yhteisen sanaston ideana on, että väärinymmärryksiltä vältytään, kun jokaisella on sama ymmärrys käytetystä terminologiasta.

InfraBIM-nimikkeistö on Infra-rakennusosanimikkeistön laajempi versio, jossa esitetään infrarakenteiden ja -mallien koko elinkaaren kattava yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö. Toimivan ja luotettavan inframallinnuksen ehdottomana vaatimuksena on, että käytetään InfraBIM-nimikkeistöä. [9, s. 38.]

Kuvassa 3 on esitetty InfraBIM-nimikkeistön mukaan numeroitu ja nimetty esimerkkikuvaus massanvaihdon rakennepinnoista ja taiteviivoista.



Kuva 3. Esimerkki Infra-BIM-nimikkeistön perustuvasta rakennepinnojen ja taiteviivojen nimeämisestä [12, s. 25].

### Inframodel-tiedonsiirtoformaatti

Infrarakennusalalla käytetään Suomessa avointa Inframodel-tiedonsiirtoformaattia (IM4), joka on kehitetty maailmalla yleisesti käytössä olevan kansainvälisen LandXML-formaatin pohjalta. Talo- ja taitorakennepuolella puolestaan käytetään pääasiassa IFC-formaattia (Industry Foundation Classes). Suunnitteluohjelmistojen ohella Inframodel-formaattia voidaan hyödyntää esimerkiksi mittaus- ja koneohjaussovelluksissa. [8, s. 33; 13.]

Hankkeen aikana digitaalisesti tallennettava tieto täytyy säilyttää sellaisessa muodossa, että kaikki oleellinen informaatio on hyödynnettävissä myöhemmin. Tämän vuoksi vaatimuksena on, että inframallien siirrot, luovutukset ja tallentaminen on tehtävä avoimissa formateissa (Inframodel tai IFC). Muita yleisiä formaatteja, kuten dwg:tä voidaan käyttää sellaisten rakenteiden osalta, joita avoimet formaatit eivät kata. Tällöin on kuitenkin yhä käytettävä Infra-BIM-

nimikkeistöä nimeämiskäytäntöjen osalta. Myös mallin natiiviformaatti täytyy toimittaa ja tallettaa arkistoon. [8, s.33–34.]

Se, että infrapuolen tiedonsiirrossa käytetään eri formaattia kuin talo- ja taitorakennepuolella, aiheuttaa toisinaan ongelmia yhteishankkeissa, kun ohjelmistoriippuvaista tietoa katoaa. Standardien ja tiedonsiirtoformaattien yhtenäistämisen eteen tehtävä työ tuottanee lähivuosina helpotusta yhteishankkeisiin, kun tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan määrittelevä IFC-tiedonsiirtostandardi tulee kattamaan myös infrakohteet. [8, s. 33.]

### **RYTV-hankeohjelma**

Tuorein buildingSMART Finlandin tietomallintamista eteenpäin vievä projekti on Yhtenäinen tietomallintamisen tilaajaohje, jota yhteisö toteuttaa monivuotisen **RYTV-hankeohjelmansa (rakennetun ympäristön tietomallintamisen vakiointi ja yhdenmukaistaminen Suomessa)** yhteydessä.

Tietomallivaatimusten uudistamiseen pyrkivän RYTV-hankeohjelman tavoitteena on tietomallintamisen vakiointi. Vakiointi mahdollistaa sen, että tieto liikkuu vapaasti koko rakennetun ympäristön elinkaaren ajan. Tiedon tuottaminen ja hallitseminen koneluettavasti puolestaan mahdollistaa alan toimintojen automatisoinnin. Näitä voidaan pitää perusedellytyksinä sille, että tavoitteet ja lupaukset toimivasta, turvallisesta, kasvavasta ja kestävästä rakennetusta ympäristöstä voidaan tulevaisuudessa saavuttaa. Vakioinnin onnistuminen vaatii, että koko kiinteistö- ja rakentamisala tekevät yhteistyötä ja toimivat yhtenäisesti. [14.]

### **Yhtenäinen tietomallintamisen tilaajaohje**

Vaikka tietomallien eteen on tehty töitä jo vuosia, niiden hyödyntämisessä ollaan vielä monin paikoin lapsen kengissä. Lisäksi eri käyttäjien toimintatavat ovat hyvin kirjavia. Myös tietomallintamisen termistö kaipaa yhtenäistämistä: tietomalleihin liittyviä termejä tulisi käyttää yksiselitteisesti, tunnistettavasti ja yhteneväisesti standardin mukaan.

Yhtenäinen tietomallintamisen tilaajaohje -projekti käynnistettiin, jotta yhtenevyydet eri toimi- sekä tekniikka-alojen välillä kartoitettaisiin ja saataisiin selville hyödyllinen yhtenäistämisen taso ja tapa. Projektin keväällä 2024 valmistuessa A-osassa luotua kehikkoa tarkennetaan prosessiksi myöhemmin toteutettavassa B-osassa. Projektin viimekätisenä tavoitteena on julkaista Yhtenäinen tietomallintamisen tilaajaohje. Tilaajaohje määrittelee informaatiovaatimukset projektille ja sen eri osapuolille. Sen tavoitteena on luoda standardiin perustuva tietomallien tilaajaprosessi. [14.] Tilaajaohjeen esittelyaineisto on ladattavissa bSF:n internet-sivustolta. Tämän opinnäytetyön tekemisen aikaan kyseinen projekti oli yhä keskeneräinen, joten sen tuloksia ei tässä työssä ole mahdollista käsitellä.

## 4 Tietomallipohjainen määrälaskenta

### 4.1 Mallipohjaisen määrälaskennan etuja

Tietomallit eivät vielä toistaiseksi kykene vastaamaan kaikkia määrälaskentaan liittyviä tarpeita eikä kaikkien määrätietojen laskeminen mallista ole hankkeissa mahdollisia. Laskijan ammattitaidolla on edelleen olennainen merkitys laskentamateriaalien lähtötietojen arvioinnissa sekä laskennan laadukkuuden ja tulosten jäsentämisessä. [15, s. 2.]

Mallit voivat tehostaa määrälaskentaa silloin, kun ne on tehty laadukkaasti. Tällöin määrien mittaaminen tietokoneavusteisesti mallista voi korvata määrien manuaalista mittaamista piirustuksista [15, s. 2]. Olennaista määrälaskennan kannalta on, että käytetään tarkoitukseen soveltuvaa mallinnustyökalua, jolla kyetään tuottamaan määrälaskentaan tarvittava mittatieto. Sen lisäksi rakennusosien tulee olla yksilöidysti tunnistettavissa [15, s. 3].

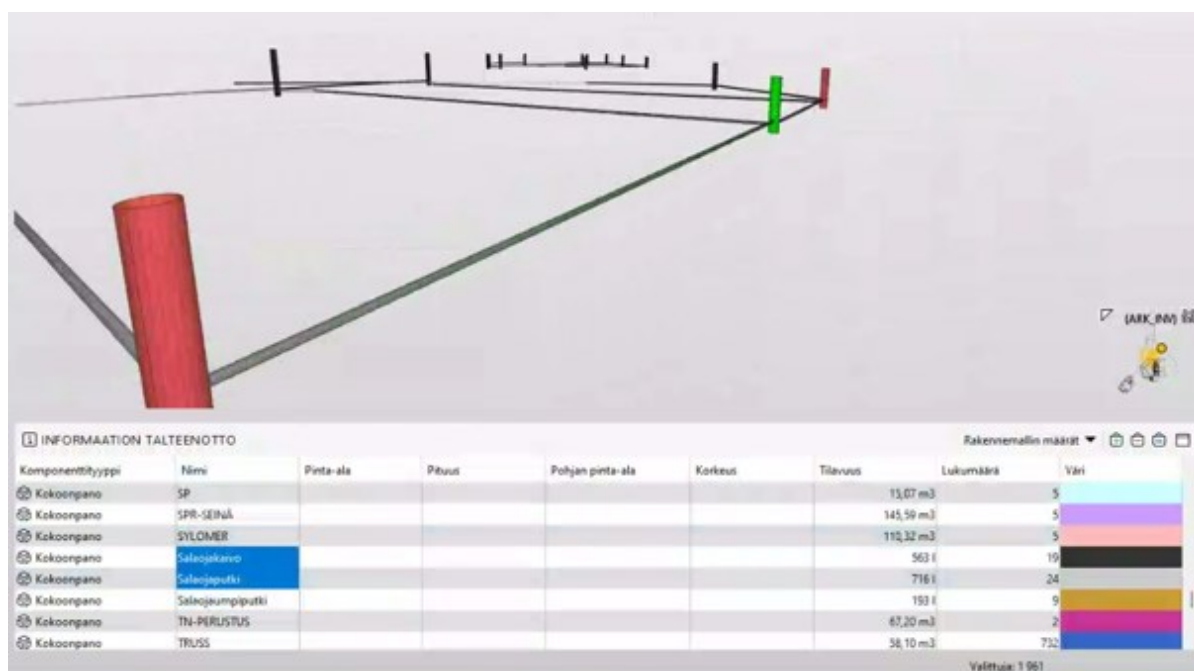
Koska mallipohjainen määrälaskenta on tehokasta, se mahdollistaa laskennan suorittamisen useammin sekä erilaisten vaihtoehtojen tutkimisen [15, s. 4]. Tietomallien avulla suunnittelu- ja rakentamisvaiheen aikaisia määrämuutoksia pystytään myös analysoimaan, havainnollistamaan ja raportoimaan luotettavasti [15, s. 2].

Rakennusosien määrälaskenta tehdään tarjouslaskentavaiheessa, mutta usein työmaalla työmaatoimihenkilöt laskevat määrät uusiksi ennen materiaalien tilaamista. Tätä päällekkäistä työtä on mahdollista vähentää tietomalleja hyödyntämällä. Tietomallista näkee nopeasti kustannusarvion mukaiset määrät, jolloin laskelmien täsmätessä voidaan luottaa laskelmiin ja edetä niiden mukaisesti.

Määrien mittaamista saadaan tehtyä niin arkkitehdin, rakenne- ja talotekniikan kuin näiden kaikkien yhdistelmämalleista. Sen lisäksi, että tietomalli tehostaa määrälaskentaa, määrälaskentatiedot ovat nopeammin ja helpommin saatavilla päätöksentekotilanteissa. Vaikka tietokoneavusteinen määrien mittaaminen

korvaa monissa tapauksissa manuaalisen laskennan, ammattitaidon ja asiantuntemuksen merkitystä se ei poista, vaan jopa korostaa sitä. [15, s. 2–4.]

Kuvassa 4 nähdään esimerkki mallin käyttämisestä putkien ja kaivojen määrälaskennassa käyttäen Solibri-ohjelmistoa. Tietomallin havainnollisuuden ansiosta esimerkiksi kaivojen määrät sekä järjestys on vaivatonta havaita.



Kuva 4. Kuvakaappaus tietomallin hyödyntämisestä tarjouslaskennassa.

Mallipohjiin perustuvien määräluetteloiden ja mallipohjaisen määrälaskennan avulla saadaan poistettua huomattava määrä päällekkäistä työtä, mikä tekee rakentamisesta tuottavampaa. Mallipohjainen määrälaskenta mahdollistaa esimerkiksi erilaisten toteutusmahdollisuuksien tutkimisen vaivattomasti sekä laskennan suorittamisen perinteistä tapaa useammin. Tietomallin on kuitenkin oltava oikein tehty ja virheetön, jotta sen avulla määrälaskenta saadaan nopeammaksi ja tarkemmaksi. [16, s. 4.]

Tietomallin tarkkuustason ollessa vaatimusten mukainen, määräluettelo voidaan luoda ottamalla malli käsittelyyn halutulla siihen soveltuvalla ohjelmistolla.

Vaatimuksena ohjelmistolle on tiedon talteenotto toiminto, jonka työkaluilla on mahdollista rajata halutut rakenneosat tarkasteltaviksi.

## 4.2 Mallipohjaisen määrälaskennan haasteita

Kun laskija hyödyntää suunnittelijoiden luomia malleja määrälaskentaan, hänen tulee olla hyvin perillä siitä, millaisiin asioihin hänen on kiinnitettävä huomiota. Vähimmäisvaatimuksena on erottaa mallista laskennan kannalta luotettavat ja epäluotettavat kohdat ja selvittää havaitut ongelmat. [15, s. 7.]

Tietomalleissa havaitut ongelmat liittyvät moniin erilaisiin tilanteisiin. Yhtenä esimerkkinä mainittakoon geometriset erikoistapaukset, joissa määrä- ja kustannuslaskennan kannalta olennaisia ovat rakennuskohteen erikoiset muodot ja ratkaisut. Laskijan on kiinnitettävä erityistä huomiota näihin erikoistapauksiin, koska suunnitteluohjelmistoilla ei näissä tilanteissa kyetä tuottamaan täysin luotettavia määriä. [15, s. 7.]

Oma haasteensa on eri suunnitteluosapuolien yhteismalli, jossa on päällekkäisyyksiä, vaikka malli olisikin oikein toteutettu. Esimerkiksi rakennesuunnittelijan mallintamia rakenteita voi löytyä myös arkkitehdin mallista. Sen vuoksi määrälaskennassa on tärkeää tiedostaa päällekkäisyydet ja päättää, mistä mallista määrät lasketaan, kun käytetään usean suunnittelualan malleja lähtötietoina.

## 5 Tutkimuksen suoritus

### 5.1 Tutkimustyyppi

Tämän insinööriyön tutkimus tehtiin laadullisena empiirisenä tutkimuksena, jossa aineisto kerättiin kohdeyrityksen sisältä sekä kirjallisuudesta. Aineisto koostuu kirjallisuuslähteistä sekä haastatteluista, jotka tehtiin kohdeyrityksen tarjouslaskennan parissa työskenteleville henkilöille. Kerätty aineisto analysoitiin tavoitteena tuottaa empiirisesti uutta hyödyllistä tietoa. Tutkimuksen empiirisyys ei kumoa sen teoreettisuutta, sillä empiirinen laadullinen tutkimus sidottiin teoreettiseen aineistoon [17].

Haastattelututkimus on toimiva keino kerätä asiantuntijoilta tietoa alan käytännöistä ja tulevaisuudennäkymistä. Haastatteleamalla voidaan kartoittaa aiempia ja nykyisiä toimintatapoja sekä tuoda esiin ajatuksia tulevista näkymistä. Haastateltavien henkilökohtaiset kokemukset ja näkemykset myös mahdollistavat aiheeseen tutustumisen eri näkökulmista. Haastateltavien erityistietämystä hyödyntämällä kyetään syventämään aiheen kehittelyä ja edistämään uuden tiedon tuottamista.

### 5.2 Teemahaastattelu

Työssä käytettiin tutkimusmetodina teemahaastattelua. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä, jossa haastattelu kohdennetaan tiettyihin kaikille haastateltaville yhteisiin aihepiireihin. Teemahaastattelu ei sido haastattelua kvantitatiiviseen eikä kvalitatiiviseen tutkimukseen. Olennaista siinä on, että haastattelu etenee etukäteen määritellyn haastattelurungon teemojen varassa yksityiskohtaisten kysymysten sijasta. Haastattelurunko antaa raamit tutkittaville teemoille, mutta tutkija voi vaihtaa kysymysten järjestystä haastattelutilanteen edetessä. Tarkoituksena on, että haastateltavien vastauksia ei sidota tiettyihin vastausvaihtoehtoihin, vaan he voivat vastata esitettyihin kysymyksiin omin sanoin. [18, s. 47–48.]

Teemahaastattelun etuna on, että siinä haastateltavat voivat kertoa omalla tavallaan keskustelunomaisesti teemoina olevista asioista, tässä siis tarjouslaskennasta ja tietomalleista sekä näiden keskinäisestä suhteesta. Ennalta määritetyn teeman ja haastattelurungon ansiosta haastateltavilla on rajallinen vapaus puhua, jolloin he pysyvät paremmin aiheessa. Vastauksissaan haastateltavat voivat kuitenkin tuoda aihepiirin ympäriltä esiin tietoa, jota tutkija ei suoranaisesti ole edes kysynyt. Näin saadaan monipuolisesti hyödynnettyä haastattelun valittujen asiantuntijoiden tietotaito.

Haastateltaville henkilöille toimitettiin etukäteen sähköpostitse kysymykset, jotka muodostivat teemahaastattelun rungon. Näin varmistettiin, että he olivat tietoisia haastatteluissa käsiteltävistä aihepiireistä. Samalla heille annettiin mahdollisuus pohtia asioita etukäteen, jotta itse haastattelutilanne etenisi soljuvasti.

Liitteessä 1 on esitetty haastattelukysymykset, joihin perustuen ja joiden järjestyksestä seuraten haastattelut tehtiin. Haastateltavat henkilöt valittiin kohdeyrityksen sisältä yhdessä työn toimeksiantajan kanssa. Valinnoissa huomiota kiinnitettiin siihen, että haastateltavat edustivat tutkimuksen aihepiirin näkökulmia monipuolisesti ja että heillä oli asiantuntemusta niin perinteisestä tarjouslaskennasta kuin tietomallien hyödyntämisestä laskennassa. Tärkeää oli myös, että haastateltavat pystyivät huomioimaan vastauksissaan kohdeyrityksen näkökulman.

Olennaista haastatteluissa oli selvittää ymmärrystä tietomalleista ja kartoittaa mallien tuoma lisäarvo tarjouslaskennan eri vaiheisiin. Tämän lisäksi haluttiin löytää vastauksia tutkimuskysymykseen eli siihen, kuinka tietomallia pystyttäisiin parhaiten hyödyntämään infra- ja maanrakennuksen tarjouslaskennassa sekä miten kohdeyrityksessä voitaisiin valmistautua tietomallinnuksen jalkauttamiseen.

### 5.3 Haastattelut, havainnointi ja analysointi

Kohdeyrityksen laskentaprosessin havainnointi tehtiin yhtäältä tutustumalla nykytilanteen käytäntöihin ja toisaalta tämän opinnäytetyön tekijän omiin kokemuksiin kohdeyrityksen tarjouslaskijana toimimisesta. Toimintatapoihin liittyvää aineistoa kerättiin myös tarjouslaskennassa työskentelevien laskenta-asiantuntijoiden kanssa vapaamuotoisesti keskustelemalla. Kohdeyrityksen tarjouslaskennan nykytilasta on kerrottu enemmän luvussa 7.

Tutkimuksen teemahaastattelut toteutettiin etähaastatteluina keväällä 2024. Virtuaaliset tapaamiset suoritettiin Teams-puheluiden avulla. Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin. Haastattelutallenteiden puhtaaksikirjoitusta eli litterointia voidaan hyödyntää haastatteluaineiston purkamiseen ja läpikäymiseen. Haastattelun mahdollisimman nopea litterointi ja haastattelurungon huolellinen valmistelu edesauttavat pyrkimystä saada kerätystä aineistosta laadukasta. [18, s. 47–48.] Nauhoitettujen haastattelujen purkamistavaksi valittiin litterointi, koska sen avulla haastattelujen läpikäyminen helpottuu ja niiden sisältöä voidaan vertailla toisiinsa. Litterointitarkkuudella ei koettu olevan suurta merkitystä, ja tarpeettomat sanat jätettiin pois purkamisen nopeuttamiseksi. Nauhoittaminen ja tallenteiden käyttö liittyivät vain tähän opinnäytetyöhön. Tallenteita ja niiden litterointeja ei käytetty muihin tarkoituksiin ja kaikki esille tulleet asiat käsitettiin luottamuksellisesti.

Kun haastattelut oli litteroitu tekstimuotoon, aineisto koottiin teemojen mukaisiin kategorioihin. Luokittelu ja aineiston lukeminen auttoi havaitsemaan keskinäiset toistuvuudet ja yhteydet saatujen aineistojen välillä. Haastatteluaineistojen välisten yhteyksien lisäksi pyrittiin löytämään yhteydet kirjallisuuskatsaukseen eli aihepiirin teorian tietoon.

Teemahaastatteluista tehtyjä havaintoja käsitellään luvussa 8. Havaintojen tekemisessä on pyritty toimimaan neutraalisti. Siitä huolimatta on mahdollista, että alitajuisesti haastattelut ovat voineet vaikuttaa tutkimuksen tekijän havaintoihin ja sitä kautta myös tuloksiin.

## 6 Tarjouslaskenta kohdeyrityksessä

Terrawise Oy:ssä maanrakennusyksikön tarjouslaskenta tapahtuu laskijoiden välisenä tiimityönä. Kohteet jaetaan laskijoiden välisissä yhteisissä palaverissa. Jo tarjouksia laatiessaan laskijat konsultoivat toisiaan ja vertailevat tuloksiaan. Aina ennen kuin tarjoukset lähetetään eteenpäin, ne käydään vielä läpi yhdessä laskenta- tai yksikönpäällikön kanssa.

Koska jokainen laskija suorittaa laskelmansa omalla tavallaan, tiedon tehokas siirtyminen vaatii laskijoiden välistä saumatonta yhteistyötä sekä yhteisiä käytäntöjä. Myös työmaapäälliköt tarvitsevat kustannuslaskelmia ja määräluetteiloita myöhemmin rakentamisvaiheessa, joten on tärkeää, että he kykenevät tulkitsemaan jokaisen laskijan laatimia kustannusarvioita.

Vaikka tietomallit ovat yleistyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana, niiden hyödyntäminen on kohdeyrityksessä jäänyt hyvin vähäiseksi. Tietomallien mahdollisuuksista tarjouslaskentavaiheessa ollaan kyllä tietoisia, mutta ymmärrys malleista on yksittäisten laskenta-asiantuntijoiden osaamisen varassa. Enemmistön osalta tietomallien hyödyntäminen on varsin vaatimatonta, jopa olematonta. Keinot, joiden avulla tietomallit saataisiin laskijoiden keskuudessa laajempaan käyttöön ja paremmin hyödynnettyä, on vielä selvitettävänä. Tutustumalla kohdeyrityksen tarjouslaskennan nykytilaan on mahdollista paikantaa ne osat alueet ja kipupisteet, joihin tietomallit voivat tarjota ratkaisuja. Kun tunnistetaan tietomallien hyödyntämisestä syntyvä lisäarvo ja omaksutaan tietomallipohjainen laskenta osaksi yrityksen käytäntöjä, tarjouslaskentaa voidaan helpottaa, tehostaa ja tarkentaa.

Tämän tutkimuksen viimekätinen tavoite on kohdeyrityksen tarjouslaskentaprosessin parantaminen. Tietomallia hyödyntävän määrä- ja tarjouslaskennan implementointi laskentatiimin asiantuntijoille tulee suurella todennäköisyydellä aiheuttamaan myös haasteita. Toiveena kuitenkin on, että ohjelmistojen avulla suoraan malleista tapahtuva laskenta tuo ajan myötä hyötyjä laskentavaiheeseen ja sitä kautta työmaatoimintaan. Tarjouslaskennan tietomallipohjainen

käyttö leviää toivottavasti myös muiden urakoitsijoiden käyttöön sitä mukaa, kun hyviä kokemuksia karttuu. Näin se myös yhtenäistää alan käytäntöjä ja helpottaa yhteistoimintaa urakoitsijoiden sekä tilaajien välillä.

## 7 Haastattelututkimus

Tässä luvussa käsitellään teemahaastatteluja sekä niiden pohjalta tehtyjä havaintoja ja saatuja tuloksia. Haastatteluissa esiin tulleita havaintoja peilataan myös kirjallisuuskatsaukseen. Luvussa 5 on kuvattu tarkemmin teemahaastattelun käyttöä tutkimusmetodina sekä aineiston käsittelyä.

### 7.1 Haastattelututkimuksen taustaa

Haastatteluissa oli tärkeää selvittää tarjouslaskennan nykyiset toimintatavat ja määritellä siten lähtötaso, jonka pohjalta laskentaa voitaisiin lähteä kehittämään. Haastateltavilla henkilöillä oli useampien vuosien kokemus perinteisestä tarjouslaskennasta sekä erinomainen tai vähintäänkin hyvä asiantuntemus tietomallien hyödyntämisestä. Laskenta-asiantuntijoiden erilaiset lähtökohdat auttoivat saamaan monipuolisen käsityksen yhtäältä siitä, miksi tietomalleja ei haluta hyödyntää ja toisaalta siitä, millaisia mahdollisuuksia ne tarjoaisivat, jos ne olisivat vaatimusten mukaisia ja jos niitä osattaisiin käyttää.

Jotta tutkimusaineiston käsittely olisi mahdollisimman selkeää, tarjouslaskenta-prosessi jaettiin kahteen osaan ja kysymykset laadittiin heijastamaan tätä jakoa:

- Tarjouslaskennan nykytila – välineet ja käytännöt
- Tietomallit tarjouslaskennassa – hyödyt ja haasteet

Näiden osa-alueiden avulla pystyttiin havainnoimaan tarjouslaskennan nykytilannetta ja peilaamaan sitä tietomallien tarjoamiin mahdollisuuksiin.

### 7.2 Haastattelututkimuksen tulokset

#### **Perinteinen laskentatapa**

Haastattelututkimuksessa kävi ilmi, että kohdeyrityksen nykytoimintamallissa jokainen tarjouslaskija laski materiaalien määrät pääsääntöisesti itse. Näin siksi,

että tilaajat harvemmin lähettävät yrityksille valmiita määräluetteloita. Jokainen laskija teki määrälaskennan myös vähän eri tavoin. Yleisimmin laskija laski määrät manuaalisesti PDF-muodossa olevista suunnitelmakuvista. Tähän hän käytti tarkoitukseen soveltuvan ohjelman suhdemittaustyökaluja. Kuviin jätettiin merkinnät lasketuista kohdista, jotta voitiin tarvittaessa varmistaa laskentatarkkuus ja suhdemittatyökalun oikea mittasuhte. Laskijat käyttivät suhdetyökaluja keskenään hieman eri tavoin esimerkiksi nimetessään mittaamiaan kohteita.

### **Tietomallit tarjouslaskennassa**

Etenkin massoiltaan suuret kohteet yritys pyrki laskemaan mallintamista hyödyntämällä. Koko yrityksen mallinnusosaaminen oli kuitenkin yksittäisten laskijoiden varassa. Malleja käyttävät henkilöt hyödynsivät malleja keskenään eri tavoin ja osittain eri tarkoituksiin. Osa teki laskennan rakennusosien perusteella, kun taas toiset laskivat suoritepohjaisesti. Laskentatapaan vaikutti myös käytetty ohjelmisto ja tarjouspyynnön mukana tullut suunnitelma-aineisto. Kokemuksen myötä kertyneellä osaamisella sekä ymmärryksellä tietomallien mahdollisuuksista oli suuri merkitys mallien hyödyntämisessä. Mitä paremmin laskija hallitsi mallintamisen, sitä enemmän hän sai siitä irti työssään.

Haastateltavat tähdensivät, että nimenomaan infrapuolella sähköinen määrälaskenta suoraan suunnittelijoiden laatimista Inframodel-malleista oli lähes olematonta. Syynä tähän oli, että todella harvoista laskettavista kohteista saatiin valmis Inframodel-malli, tai jos saatiin, mallit olivat heikkotasoisia. Kohteet mallinnettiin itse, minkä jälkeen halutut objektit valittiin tietomallintamiseen käytetystä ohjelmistosta ja määrät sekä massat otettiin ulos PDF- tai Excel-muodossa.

Laskijat käyttivät pääasiassa yksiä ja samoja ohjelmia. Käytössä oli eri ohjelmia, koska yksi ohjelma koettiin paremmaksi massoitteeluun, kun taas jotain toista hyödynnettiin mieluummin rakennusosien laskentaan sekä pituuksien, pinta-alojen ja rakennusosien tilavuuksien tarkasteluun. Lopullisen laskennan tekemisessä käytettiin joko yrityksen omaa Excel-pohjaa tai määrä- ja kustannuslaskentaa varten kehitettyä ohjelmistoa.

Ohjelmistoista on tyypillisesti saatavilla eri versioita. Toiset versiot ovat niin sa-  
nottuja kevytversioita eli niistä puuttuu monia lisäominaisuuksia, joita parempiin  
versioihin sisältyy. Laskijoiden mukaan näistä lisäominaisuuksista on paljon  
hyötyä sekä mallien hyödyntämisessä että määrä- ja kustannuslaskennan te-  
hostamisessa, ja sen vuoksi yritysten kannattaisi selvittää omiin tarpeisiinsa  
parhaiten soveltuvat lisäominaisuudet ja ainakin harkita niihin panostamista.

### **Tietomallien käytön edellytykset**

Jotta laskijat voisivat hyödyntää tietomalleja vieläkin tehokkaammin ja helpom-  
min, tilaajan pitäisi toimittaa yrityksen käyttöön hankkeesta valmis malli. Haasta-  
teltavat korostivat, että mallin tulisi olla oikein tehty ja vaatimusten mukainen.  
Siitä pitäisi pystyä suoraan poimimaan eri suunnittelualojen materiaalit ja mää-  
rät sekä tiedot rakennuskustannuksista ja aikataulusta. Mallien avulla pitäisi  
myös pystyä tutkimaan vaihtoehtoisia ratkaisuja sekä tekemään törmäystarkas-  
telua. Kaikki haastateltavat kokivat, että suunnittelijoiden osaamista mallintami-  
sesta pitäisi parantaa sekä lisätä heidän ymmärrystään aineiston vaatimuksista.  
Ylipäätään toimintatapaa pitäisi yhtenäistää ja käytettävät menetelmät standar-  
doida.

### **Mallintamisen mahdollisuudet laskennassa**

Valtaosa käyttäjistä katsoi, että mallien suurin hyöty liittyi niiden visuaalisuu-  
teen. Visuaalisuuden ansiosta kohteeseen tutustuminen koettiin jo laskentavai-  
heen alussa helpommaksi ja nopeammaksi, kun kohteesta sai mallin avulla heti  
selkeän kuvan. Tämä oli laskijoiden mielestä suuri etu perinteisiin piirustuksiin  
verrattuna, sillä laskennan alkuun pääseminen kävi nopeammin. Tietomallien  
nähtiin myös tuovan tarkkuutta laskentaan, sillä etenkin massojen määrät saa-  
tiin mallista tarkasti eikä arvioimalla kuten PDF-kuvista laskettaessa.

Mallit tarjosivat myös mahdollisuuden tarkastella potentiaalisia muutoksia suun-  
nitelmiin sekä arvioida niiden vaikutuksia ja toimivuutta. Selkeä lisähyöty, jota  
vain tietomallipohjainen laskenta tarjosi, oli avointa dataa hyödyntämällä saadut  
tiedot, joita tarjouspyynnön mukana ei ollut lainkaan annettu. Laskijat pitivät

tärkeänä myös mallien yksiselitteisyyttä, sillä malleista saatavaa tietoa ei tarvinnut eikä edes voinut tulkita eri tavoilla.

Osa laskijoista koki, että mallit sisälsivät liian paljon ja osittain turhaa tietoa. Kaikki pitivät kuitenkin positiivisena sitä, että malleista saattoi nopeasti poimia haluamiaan asioita eli tieto oli vain muutaman hiirenklikkauksen päässä. PDF-kuvista laskeminen koettiin mallipohjaista laskentaa työläämmäksi senkin takia, että osien kuten esimerkiksi putkien koko kaivovälillä saattoi vaihdella. Mallista oikeankokoisten osien valitsemista pidettiin nopeampana ja helpompana.

Mallien avulla saatiin myös vähennettyä hukkaa, kun eri ratkaisuvaihtoehtojen mahdollistamat säästöt kartoitettiin jo laskentavaiheessa. Mallista saatettiin havaita jokin ulkoinen tekijä kuten vaikkapa luiska, johon ylimääräisiä kaivuumasoja oli mahdollista sijoittaa. Tämä havainto synnytti säästöjä materiaalihinnoissa ja kaatopaikkamaksuissa.

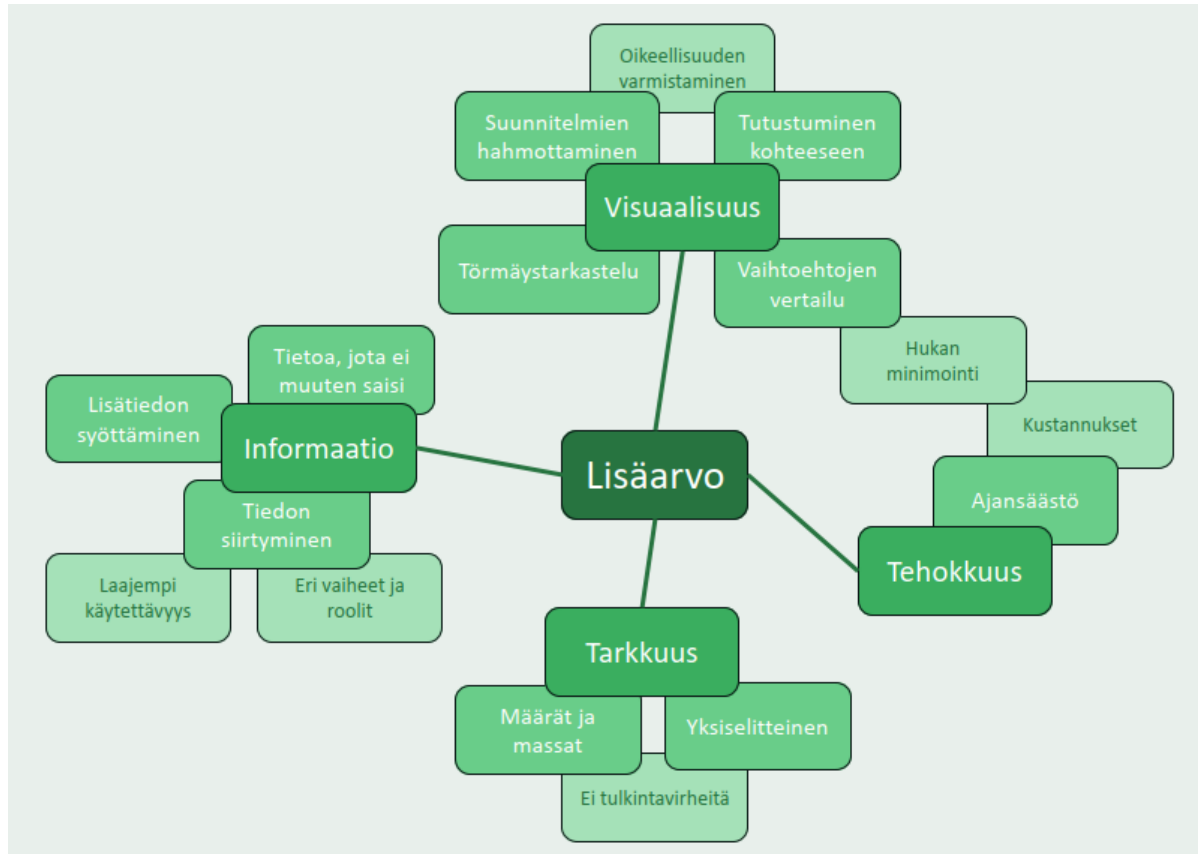
### **Tietomallien ongelmat**

Haastatteluissa kävi ilmi, että keskeisenä esteenä tietomallien hyödyntämiselle nähtiin henkilöstön osaamisen taso sekä motivaatio opetella uusia työskentelymenetelmiä. Haastateltavat kokivat myös, että mallintamisen korkeat laitteisto- ja ohjelmistovaatimukset estivät omalta osaltaan siirtymisen kohti uusia ja tehokkaampi käytäntöjä. Tietomallien käyttäminen vaatii koneelta kohtalaisen paljon tehoa, etenkin näytönohjaimen osalta. Tehokkaat koneet ja lisensoidut ohjelmistot ovat kalliita, minkä vuoksi niihin panostamista lykätään ja tyydytään kevyempiin versioihin, joista puuttuu hyödyllisiä lisäominaisuuksia.

Tietomallit ovat talonrakennuspuolella laajasti käytössä, sillä laadukkaita IFC-malleja on hyvin saatavilla. Maanrakennuspuolella sen sijaan mallintaminen on yhä vähäistä. Haastateltavat tähdensivät, että malleista irti saatava tieto ei yleensä ole riittävän laadukasta hyödynnettäväksi. He olivat kuitenkin tietoisia infrapuolen mallintamisen eteen tehtävästä työstä ja uskoivat ongelmien helpotuvan tulevaisuudessa, kun käytäntöjen vakioitumisen ja toiminnan yhtenäistämisen myötä mallinnuksesta tulee osa maanrakennuksen arkea.

### 7.3 Yhteenveto haastatteluista

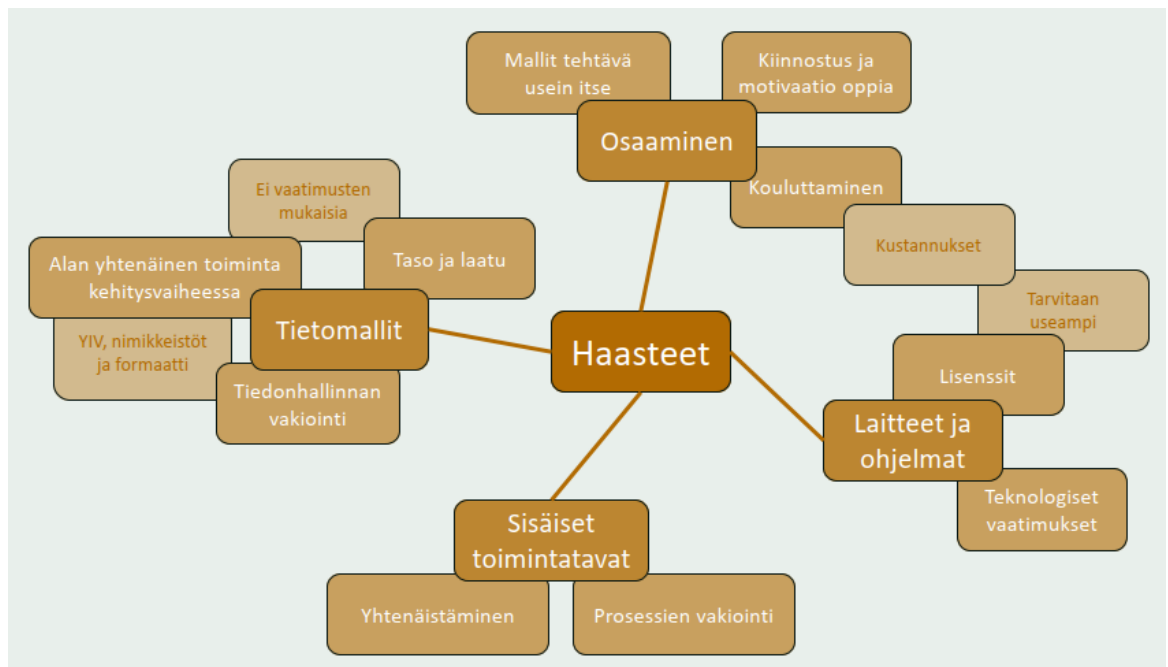
Valtaosa kohdeyrityksen tarjouslaskennasta voitaisiin suorittaa tehokkaammin tietokoneavusteisesti. Kuvassa 5 on esitetty kooste niistä haastatteluissa ilmenneistä hyödyistä, joita TerraWiselle koituisi tietomallipohjaisesta laskennasta.



Kuva 5. Tietomallin hyötyjä tarjouslaskennassa.

Tietojen etsiminen ja jäsentely tietomallien avulla on helpompaa ja nopeampaa. Tämän lisäksi perehtyminen kohteeseen on visuaalisen havaittavuuden ansiosta vaivattomampaa. Pelkästään tietomallin tarkastelu visuaalisesti voi auttaa hahmottamaan laskennassa ilmenneitä epäselviä tai ongelmallisia kohtia. Tietomallien etuna on myös, että niihin on mahdollista viedä itse tietoa esimerkiksi hankkeen kustannuksista.

Tietomalleista saatavaa tietoa hyödynnetään kohdeyrityksen laskennassa siltä osin kuin se on tarkoituksenmukaista. Tällä hetkellä yrityksellä on kokeilussa erilaisia versioita tietomallipohjaiseen laskentaa soveltuvista ohjelmista, joilla laskennasta saataisiin maksimaalisen tehokasta. Yritys kartoittaa vielä, mitä lisäominaisuuksia ohjelmiin olisi tarjolla ja mihin sen kannattaa panostaa. Yritys ei vielä aiemmin ole katsonut perustelluksi panostaa niihin, koska sillä ei ole ollut käytettävissään riittävästi tietoa aiheesta. Oman haasteensa muodostaa myös toimihenkilöiden suhtautuminen uusiin toimintatapoihin. Kuvassa 6 on esitetty ne haastatteluissa ilmenneet seikat, joihin TerraWisen tulee varautua pyrkiessään implementoimaan tietomallit osaksi toimintaansa.



Kuva 6. Tietomallin käyttöönoton haasteet tarjouslaskennassa.

Uusien toimintatapojen käyttöönotto vaatii aina aikaa, mutta myös kiinnostusta ja motivaatiota. Näiden lisäksi se vaatii rahallista panostusta yritykseltä. Jotta tarjouslaskentaa voitaisiin tehostaa tietomalleja hyödyntämällä, koko rakennusalan pitäisi muuttaa toimintakulttuuriaan. Muutos tapahtunee osittain itsestään,

kunhan koulut lisäävät tietomalleihin perehdyttäviä kursseja opintosuunnitelmiinsa ja opiskelijat tuovat osaamistaan työelämään.

## 8 Johtopäätökset

### 8.1 Tutkimuksen johtopäätökset

Tämän tutkimuksen haastattelujen ja kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että oikein käytettynä tietomalleilla pystytään olennaisesti helpottamaan tarjouslaskentaprosessia. Tietomalleista saatava hyöty on suoraan verrannollinen käytössä olevan tietomallin laatuun sekä malleja käyttävän henkilön osaamistasoon. Todettakoon kuitenkin, että lähes jokainen tarjouslaskija, osaamistasta riippumatta, hyötyy työssään tietomallien visuaalisuudesta.

Tarjouskohteisiin tutustuttaessa tietomalli on lähes aina parempi vaihtoehto kuin perinteinen mustavalkoinen paperisuunnitelma. Kokonaisuuksien ja rakennusosien hahmottaminen on huomattavasti selkeämpää tietomallien värikkään kolmiulotteisen grafiikan ja selkeyden ansiosta. Määrälaskennassa tietomalleista saatava hyöty ei rajoitu pelkästään visuaalisuuteen, vaan laskija pystyy hyödyntämään monipuolisesti kaikkea mallin sisältämää tietoa.

Jotta tietomallien jalkauttaminen yritykseen olisi perusteltua, henkilöstöllä tulisi olla riittävät valmiudet mallien hyödyntämiseen. Implementointi vaatii siten tarjouslaskijoiden kouluttamista sekä henkilöstön motivointia uusien menetelmien käyttöön. Ensiarvoisen tärkeää on kehittää etukäteen toimintamallit ja -menetelmät, jotka määrittelevät selkeästi, miten ja kuinka paljon tietomalleja käytetään ja samalla sitouttaa henkilöstö mukaan prosessiin.

Toimintatapoja yhtenäistämällä voidaan helpottaa kehitysprosessia. Yrityksen tulee valita käytettävät ohjelmat ja päättää yrityksen kannalta optimaalinen mallintamisen taso. Nämä valinnat tulee vakioida koskemaan kaikkea tietomallintamiseen liittyvää toimintaa. Valinnoista saatavat hyödyt ovat omiaan kasvattamaan tietomallien asiantuntemusta yrityksen sisällä sekä tehostamaan olennaisesti tarjouslaskennan vaiheita. Tietomallien käytöstä hyötyvät tarjouslaskijoiden lisäksi muutkin toimihenkilöt ja työntekijät sekä kaikki mallipohjaisissa hankkeissa mukana olevat sidosryhmät.

Käsillä olevan tutkimuksen perusteella vaikuttaa hyvin todennäköiseltä, että tietomallit ovat tulossa osaksi koko rakennusalaan. Mallintamisen yleistymisestä on puhuttu jo vuosia, mutta viimeaikaiset toimet, kuten muuttunut lainsäädäntö sekä mallintamisen lisääntyminen ammattikorkeakoulujen opetuksessa antavat toiveita siitä, että nyt asian kanssa ollaan tosissaan liikkeellä. Sen lisäksi, että valtio, erilaiset yhteisöt kuten buildingSMART Finland sekä korkeakoulut panostavat mallintamiseen, myös yksittäiset yritykset osoittavat kasvavaa kiinnostusta tietomallipohjaista rakentamista kohtaan. Suurimmat haasteet rakennushankkeiden eri osapuolille tulee todennäköisesti aiheuttamaan se, miten mallinnus implementoidaan yritysten toimintaan. Jotta muutos saadaan vietyä eteenpäin saumattomasti, tarvitaan selkeät toimintamallit ja osaavia työntekijöitä. Yritysten on pysyttävä ajan tasalla tarjolla olevista ohjelmista. Niiden tulee myös tarjota työntekijöilleen mahdollisuus omaksua uusia toimintatapoja sekä tukea heitä kehitysvaiheessa.

## 8.2 Toimenpidesuositukset tietomallien käyttöönottamiseksi

Muutos toimintatavoissa vie aikaa ja rahaa eli aiheuttaa yritykselle ylimääräisiä kuluja etenkin muutosprosessin alussa. Muutoksen tarkoitus toki on, että aikaa myöten uudet tavat toimia alkavat näkyä eli saadut hyödyt kasvavat suuremmiksi kuin alussa tehdyt uhraukset. Prosessin vaatimaa kestoa on kuitenkin hyvin hankalaa arvioida tarkasti, mikä saattaa vaikuttaa negatiivisesti yrityksen halun aloittaa kehitysprojektia.

Tämän työn tarkoituksena on toimia TerraWisens apuvälineenä sekä strategian tukena, kun tietomalleja liitetään tarjouslaskentaprosessiin. Tietomallien integrointi yrityksen arkeen ei kuitenkaan tapahdu itsestään. Alempana luetellut toimenpidesuositukset on laadittu, jotta tietomallien sisältämät ominaisuudet saataisiin mahdollisimman tehokkaasti hyödynnettyä.

Suosituksia on laadittu erityisesti tämän opinnäytetyön toimeksiantajayritykselle parantamaan sen mahdollisuuksia onnistua uuden toimintamallin käyttöönottamisessa. Toimenpidesuositukset on muodostettu peilaamalla teoriapohjaista

tietoa käytännön työelämästä saatuihin kokemuksiin ja vaatimuksiin. Todetakaan, että myös monet muut yritykset painivat samojen haasteiden parissa, sillä mallintamisen osajia ei ole alalla riittävästi. Tutkimuksesta on näin ollen myös yleisempää hyöty: aiheesta kiinnostuneet yritykset ja yksityishenkilöt voivat käyttää näitä samoja suosituksia omassa toiminnassaan niiltä osin, kuin kokevat ne hyödyllisiksi. Suositukset on asetettu kronologiseen järjestykseen kohdeyrityksen tarpeet huomioiden.

### **Perehtyminen aiheeseen**

Kun tavoitteena on ottaa tietomallit käyttöön osaksi organisaation toimintamallia, mutta aihepiiri on vielä jokseenkin tuntematon, huolellinen perehtyminen teemaan on ensiarvoisen tärkeää. Näin saadaan alustava käsitys siitä, mihin ollaan ryhtymässä. Perehtyminen voidaan aloittaa lukemalla tiivistettyä tietoa aiheesta. Tähän tarkoitukseen sopii esimerkiksi käsillä oleva opinnäytetyö. Aihepiirin ajantasaisista ja menneistä projekteista löytyy kattavasti tietoa buildingSMART Finlandin verkkosivuilta. Aiheeseen on helpompi lähteä syventymään, kun mallinnuksen perusteet ovat hallussa eli tiedetään suurin piirtein, mistä tietomalleissa ja mallintamisessa on kyse.

### **Strategia**

Kehitystyön aloittamista varten on tärkeää laatia selkeä suunnitelma, joka tukee projektin mahdollisuuksia menestyä. Kun aiheesta on saatu alustava käsitys, voidaan siirtyä päättämään tietomallistrategiasta. Tietomallistrategian tehtävä on auttaa yrityksen johtoa ymmärtämään ne muutokset, joita seuraa, kun tietomallit otetaan käyttöön. Tietomallistrategiassa on syytä määrittää ainakin kehityspanostusten määrä, suunta ja taso sekä merkitys kilpailutilanteen kannalta.

### **Pilotointi**

Tietomallien ja mallinnuksen jalkauttaminen yrityksen toimintaan on hyvä aloittaa pilotointiprojektin avulla. Pilotoinnin eli prosessin kokeilun aikana on mahdollista tunnistaa ongelmat, vaatimukset sekä muutostarpeet paremmin kuin jos

aihetta tarkasteltaisiin pelkästään teoreettisesti. Näin myös kokeilun aikana havaitut virheet saadaan korjattua, ennen kuin uudet toimintamallit ja -menetelmät otetaan laajasti käyttöön.

### **Henkilöstön kouluttaminen**

Kun tietomallistrategia on otettu käyttöön ja selkeytetty sitä pilotoinnin avulla, on aika ottaa tarkastelun kohteeksi yrityksen henkilöstöresurssit. Henkilöstöä tulee ehdottomasti kouluttaa tietomallinnuksessa. Henkilöstön oppimiseen panostaminen onkin kaikkein tärkein yksittäinen tekijä muutosprosessin onnistumisessa, sillä vain osaavissa käsissä tietomallien ominaisuuksia voidaan hyödyntää tehokkaasti ja monipuolisesti.

### **Toiminnan yhtenäistäminen**

Jotta mallintamisen käyttöönotto sujuisi ongelmitta, yrityksen tulee yhtenäistää omat sisäiset laskentakäytäntönsä ja oltava valmis päivittämään koneensa, laitteensa ja tietoverkkonsa. Ensiarvoisen tärkeää on, että kaikki laskijat käyttävät samoja ohjelmistoja ja laitteita. Näin toimimalla yrityksellä on paremmat mahdollisuudet jalkauttaa tietomallit osaksi laskentaprosessia ja myöhemmin laajentaa se muihinkin toimintoihinsa.

### **Yhteistyökumppanit**

Kuten edellä todettiin, muutosprosessi vie yritykseltä paljon resursseja etenkin prosessin alussa. Prosessia voidaan kuitenkin tehostaa ja näin saavuttaa tavoitellut hyödyt nopeammin. Erittäin hyvä keino tähän on solmia kumppanuussuhteita ohjelmistosektorin kanssa. Ohjelmistoyritykset tarjoavat usein koulutusta omien ohjelmistojensa käyttöön ja antavat tukea ongelmatilanteissa. Tämän lisäksi eri opinahjojen kuten ammattikorkeakoulujen suuntaan kannattaa olla aktiivisesti yhteydessä.

## **Toiminnan kehittäminen**

Kun tietomallit on saatu integroitua yrityksen laskentaan ja henkilöstön osaaminen on parantunut, mallinnusta laajennetaan yrityksen muihinkin toimintoihin. Muun muassa rakentamisvaiheiden välinen yhteistyö paranee mallintamisen tuomien uusien mahdollisuuksien ansiosta. Mallit tarjoavat erilaisia hyötyjä myös työmaapäälliköiden työhön. Ne helpottavat määräseurantaa ja mahdollistavat rakennusaikaisten ratkaisujen arvioimisen, joilla esimerkiksi hukkaa saadaan pienennettyä.

### 8.3 Tutkimuksen onnistuminen

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä lisäarvoa tietomallit toisivat tarjouslaskentaprosessiin sekä kartoittaa toimenpiteet, joita mallinnuksen jalkauttaminen vaatisi. Asetetut tavoitteet saavutettiin hyödyntämällä haastattelututkimuksessa kerättyä aineistoa tietomallintamisesta sekä yrityksen toiminnasta. Haastattelujen pohjalta saatiin muodostettua monipuolinen ja yksityiskohtainen kuva mallintamisen hyödyistä sekä selkeä käsitys siitä, millaista osaamista vaaditaan, jotta yritys saisi tietomalleista todellista hyötyä. Erityisesti havainnot tietomalleihin liittyvistä haasteista auttoivat laatimaan TerraWiselle toimenpidesuosittukset, joiden avulla tietomallien implementointi yrityksen arkeen sujuisi mahdollisimman tehokkaasti ja saumattomasti.

Lopputuloksista ilmeni, että jatkotutkimuksia olisi vielä syytä tehdä vaihtoehtoisista mallinnusohjelmista ja niiden toimivuudesta. Näin saataisiin selville yrityksen tarpeisiin parhaiten soveltuvat ohjelmistot ja laitteet. Tiettyihin ohjelmiin on esimerkiksi mahdollista hankkia maanrakennukseen kannalta hyödyllisiä lisäosia. Ohjelmat eroavat toisistaan myös siinä, kuinka kattavia ja hyödyllisiä tukipaketteja ne sisältävät maanrakennuksen kannalta.

Opinnäytetyöprosessi eteni nopeatempoisesti, koska aihe oli kiinnostava. Tutkimus lisäsi niin kohdeyrityksen kuin tekijän ymmärrystä tietomalleista, mistä molemmille on varmasti tulevaisuudessa hyötyä. Tuloksia toimeksiantajayritys käyttää apuna arvioidessaan jatkotoimenpiteitä tietomallien hyödyntämisessä tarjouslaskennassa.

## Lähteet

- 1 Laki rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä. 2023. 431/23.3.2023.
- 2 TerraWise Oy yritysesittely. 2024. Verkkoaineisto. TerraWise Oy. <<https://www.terrawise.fi/>>. Luettu 22.3.2024.
- 3 Infra-nimikkeistö. 2015. Infra 2015 rakennusosa- ja hankenimikkeistö ja määrämittausohje. Tampere. Rakennustieto Oy.
- 4 Saastamoinen, Arto. & Autio, Isto. 2017. Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta. 4. uudistettu painos. Tampere: Grano Oy.
- 5 Mitä on määrälaskenta. Verkkoaineisto. Areite Oy. <<https://www.areite.fi/maaralaskenta/>>. Luettu 22.3.2024.
- 6 Infra-nimikkeistöjärjestelmä. 2023. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennustieto.fi/nimikkeistot/infra-nimikkeistojarjestelma/>>. Luettu 26.3.2024.
- 7 Infra 2023 rakennusosanimikkeistö on julkaistu. 2023. Verkkoaineisto. <<https://uutiset.rakennustieto.fi/yleinen/infra-2023-rakennusosanimikkeisto-on-julkaistu/>>. Luettu 26.3.2024
- 8 Yleiset inframallivaatimukset YIV. 2021. buildingSMART Finland. Saatavilla: <[https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04\\_Julkaisut\\_ja\\_Standardit/YIV/](https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04_Julkaisut_ja_Standardit/YIV/)>.
- 9 buildingSMART Finland. 2024. Verkkoaineisto. <<https://www.buildingsmart.fi/>>. Luettu 27.3.2024.
- 10 Inframallit. 2020. Verkkoaineisto. <<https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/>>. Luettu 28.3.2024.
- 11 Mikä on tietomalli. 2020. Verkkoaineisto. <<https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-/>>. Luettu 28.3.024.
- 12 InfraBIM-nimikkeistö. 2012. Versio 1.72. buildingSMART Finland. Saatavilla: <[https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04\\_Julkaisut\\_ja\\_Standardit/infra-bim\\_nimikkeisto](https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04_Julkaisut_ja_Standardit/infra-bim_nimikkeisto)>.
- 13 Inframodel-tiedonsiirtoformaatti. 2020. Verkkoaineisto. <<https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/inframodel3-tiedonsiirtoformaatti-otetaan-yleiseen-kayttoon/>>. Luettu 28.3.2024.

- 14 Yhtenäinen tietomallintamisen tilaajaohje. 2024. Verkkoaineisto. <<https://www.buildingsmart.fi/blog/rytv-hankeohjelman-uutiset-9/tarvitsemme-yhtenaisyytta-tilaamiseen-yhtenainen-tietomallintamisen-tilaaja-ohje-rakentuu-524/>>. Luettu 5.4.2024.
- 15 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. RT10-11072. Rakennustieto Oy.
- 16 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. RT10-11078. Rakennustieto Oy.
- 17 Mitä on laadullinen tutkimus. Kirsi Juhila. Verkkoaineisto. <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/mita-on-laadullinen-tutkimus/laadullinen-tutkimus-ja-teoria/>>. Luettu 12.4.2024
- 18 Hirsjärvi, Sirkka. & Hurme, Helena. 2008. Tutkimushaastattelu: teema-haastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki, Gaudeamus.

## Haastattelukysymykset

### Teemahaastattelun runko

- Miten tarjouslaskentaa tehdään nykyisen toimintamallin mukaan?
- Miten hyödynnät olemassa olevaa tietomallia tarjouslaskennassa?
- Miten tietomalleja voidaan tai voitaisiin hyödyntää optimitilanteessa?
- Miten tietomallinnus voi muuttaa perinteisiä laskentamenetelmiä?
- Miten tietomallia voitaisiin kehittää paremmin soveltuvaksi tarjouslaskentaan?
- Mitä hyötyjä tietomallilla tai mallintamalla voi saada laskentaan?
- Mitä ongelmia nykyisissä tietomalleissa on laskennan näkökulmasta?
- Mitä ongelmia liittyy tietomallien käyttöön ja käyttöönottoon?
- Mitä tietomallin hyödyntäminen vaatii käyttäjältä ja tietokoneelta?