

Janita Nousiainen

# TIETOMALLIPOHJAISEN JAKELUASE- MASUUNNITTELUN EDELLYTYKSET

Diplomityö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Kalle Vaismaa  
Pauli Kolisoja  
11 2022

# TIIVISTELMÄ

Janita Nousiainen: Tietomallipohjaisen jakeluasemasuunnittelun edellytykset  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikka  
11 2022

---

Tietomallintaminen on nopeasti yleistyvä suunnittelutapa rakennusalalla. Mallinnuksesta on hyötyä suunnitelmien havainnollistamisessa ja projektin tietojen säilyttämisessä. Koska jakeluasemat eivät ole tyypillisiä infrarakentamisen kohteita, niissä tietomallintaminen ei ole yleistynyt samaa tahtia kuin infrahankkeissa yleensä. Tämän työn tavoitteena oli selvittää edellytykset tietomallipohjaiseen jakeluasemasuunnitteluun. Erityisesti kaupunkiympäristön pienet tilavaraukset sekä polttonestetekniikkaan liittyvä laaja laki- ja standardikokonaisuus luovat tarpeen tietomallintamiselle jakeluasemahankkeissa.

Diplomityön tutkimusaineisto koostuu haastatteluista ja kirjallisuudesta. Koska jakeluasemia ei ole toistaiseksi tietomallinnettu Suomessa ja aiheen kirjallisuus on suppea, haastattelutyyppiä valittiin teemahaastattelu. Haastatteluihin osallistui viisi henkilöä konsulttiyhtiöltä sekä tilaajan ja urakoitsijan edustajat. Kirjallisuustutkimuksessa tarkastellaan aluksi jakeluasemasuunnittelun nykytilaa. Seuraavaksi tutkitaan tietomallipohjaisessa suunnittelussa vaadittavia lähtötietoja. Lopuksi selvitetään tietomallipohjaisen suunnittelun aiheuttamia osaamiseen ja tekniikkaan liittyviä vaatimuksia.

Tulosten perusteella tietomallintamisen mahdolliset hyödyt ja haasteet tunnistetaan hyvin, joten tietomallintamiseen siirtymisen vaikutuksia voidaan arvioida etukäteen. Jakeluasemahankkeiden erityispiirteet, kuten maanalainen tekniikka, voidaan huomioida tietomallipohjaisessa suunnittelussa. Tietomallintamisessa lähtötiedot ovat eri formaatissa kuin perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelussa. Tietomallien käyttöönoton edellytykset ovat samankaltaisia kaikille hankkeen osapuolille. Niitä ovat muun muassa muutokset toimintatavoissa, käytettävissä ohjelmistoissa sekä asenteissa tietomallintamisen suhteen. Tietomallintamisen osaamista voidaan kehittää käyttöönottoa ajavan tahon ja tietokoneohjelmistoihin tottuneen nuoremman sukupolven kautta. Yhtenä haasteena tietomallipohjaisessa jakeluasemasuunnittelussa on tilaajan piirustus-painotteiset vaatimukset lopputuotteelle. Tekniikasta ei muodostu pullonkaulaa uuteen toimintatapaan siirtymiselle, koska tietomallinukseen on tällä hetkellä saatavilla monipuolinen valikoima ohjelmistoja ja työkaluja. Niistä voidaan rakentaa toimiva paketti kokonaisvaltaiseen jakeluasemasuunnitteluun. Siirtyminen tietomallinukseen vie aikaa ja sopeutumisvaiheessa tuottavuus saattaa heiketä, mutta mallintamisen hyödyt korostuvat pitkällä aikatahtimella.

Avainsanat: jakeluasema, tietomallinnus, käyttövoima

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Janita Nousiainen: Prerequisites of information model based fueling station design  
Master's thesis  
Tampere University  
Civil engineering  
11 2022

---

Information modelling is a fast-growing regime in the construction industry. It is used in illustrating and connecting the design processes and maintaining project data. However, in certain untypical infrastructure projects, such as fueling stations, information modelling is yet to be utilized. The aim of this study is to find out the prerequisites of information model based fueling station design. Small space reservations in urban environments and fuel distribution technology regulated by standards and laws create the need for implementing building information modelling.

This thesis is based on interviews and literature. Since fueling stations have not been modelled in the past and previous research on this topic is limited, thematic interview was chosen as the type of interview. Five of the interviewees were from a consulting company, one from a contractor and one representing a client company. The literature research starts on the current state of fueling station design and proceeds to the prerequisites of information model based design. The research is concluded with the changes in required skills and technologies due to implementing information modelling.

Based on the results, the possible benefits and challenges of information modelling are well recognized. Thus, the impacts of implementing BIM can be evaluated beforehand. Fueling station specific features such as underground structures can be accounted for in information modelling. In information modelling, initial data is in different format compared to document-based design. The prerequisites of implementing information modelling are similar for every project participant. They include changing working habits and learning to use new software. Competence in information modeling can be improved with a committee driving the agenda, and by the younger generations more used to software and programming. One of the challenges of information modelling is the client-side focus on 2D-blueprints. Currently there is a lot of technology and software available for information modelling which can be combined for fueling station design. Implementing information modelling takes time and productivity may decrease during the adaptation phase, but information model based design has long term advantages for fueling station projects.

Keywords: information modelling, fueling station, alternative fuel

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Diplomityön tavoitteena on ollut selvittää tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirtymisen edellytyksiä jakeluasemahankkeissa. Aihe on ajankohtainen ja tulevaisuudessa tietomallintamisen kehittämistä toivottavasti jatketaan infra-alalla myös jakeluasemien parissa.

Tämä diplomityö on tehty osana diplomi-insinöörin tutkintoa Tampereen yliopistossa. Haluan kiittää työn ohjaajia Kalle Vaismaata ja Pauli Kolisojaa opastamisesta ja työn tarkastamisesta. Kiitokset myös Sitowise Oy:lle tutkimuksen rahallisesta tuesta ja Vesa-Petri Heleniukselle työn ohjauksesta. Lämpimät kiitokset haastatteluihin osallistuneille, sillä ilman heitä tutkimuksen toteutus ei olisi ollut mahdollista.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni, ystäviäni ja työkavereitani kannustuksesta työn aikana. Erityiskiitokset rakennustekniikan opiskelukavereilleni vertaistuesta koko tutkinnon varrella.

Tampereella, 30.11.2022

Janita Nousiainen

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tausta .....	1
1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	2
1.3 Tutkimusmenetelmät ja rajaus .....	3
2. LÄHTÖKOHDAT .....	5
2.1 Jakeluasemien ominaispiirteet ja tulevaisuus .....	5
2.2 Jakeluasemasuunnittelun ohjeistus .....	8
2.3 Tietomallintamisen perusteet .....	9
3. TIETOMALLINTAMINEN INFRA-ALALLA .....	17
3.1 Tietomallipohjainen suunnittelu .....	17
3.1.1 Tarvittavat lähtötiedot .....	17
3.1.2 Tiedonsiirtoformaatit ja ohjelmistojen välinen tiedonkulku .....	17
3.1.3 Tietomallintamisen hyödyt .....	18
3.2 Tietomallintaminen hankkeen eri osapuolten näkökulmasta .....	22
3.2.1 Tietomallintaminen suunnittelussa .....	22
3.2.2 Tietomallintaminen urakoinnissa .....	23
3.2.3 Tietomallintaminen rakennuttamisessa .....	28
3.3 Tietomallintamisen ja jakeluasemien tulevaisuus .....	31
3.3.1 Tietomallintaminen tulevaisuudessa .....	31
3.3.2 Tietomallintamiseen siirtymisen esteet .....	32
3.3.3 Jakeluasemat tulevaisuudessa .....	36
4. TIETOMALLINTAMISEN TEKNISET VAATIMUKSET .....	39
4.1 Tietomallipohjainen hanke .....	39
4.1.1 Tietomallintamiseen tarvittavat lähtötiedot .....	39
4.1.2 Mahdolliset hyödyt tietomallintamiseen siirtymisessä .....	40
4.1.3 Mahdolliset riskit tai haasteet tietomallintamiseen siirtymisessä ..	43
4.1.4 Jakeluasemahankkeiden ominaispiirteet .....	46
4.1.5 Jakeluasemien kunnossapito ja saneeraus .....	50
4.1.6 Jakeluasemien tulevaisuus ja uudet käyttövoimat .....	50
4.2 Valmiudet tietomallintamiseen siirtymiseen .....	52
4.2.1 Ohjelmistot tietomallintamisen käyttöönotossa .....	52
4.2.2 Nimikkeistöt ja standardit .....	53
4.2.3 Tekniikan kannalta tarvittavat parannukset .....	53
4.2.4 Valmiudet tietomallin käyttämiseen työmaalla .....	54
4.2.5 Haasteet tietomallintamisen käyttöönotossa .....	55
4.3 Tiedonkulku .....	60
4.3.1 Ohjelmistojen välinen tiedonkulku .....	60
4.3.2 Kommunikointi eri osapuolten välillä .....	61
4.3.3 Eri osapuolten välisen kommunikoinnin parantaminen .....	62
5. ERI OSAPUOLILTA VAADITTAVA OSAAMINEN .....	63
5.1 Tietomallintaminen suunnittelun näkökulmasta .....	63
5.1.1 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelussa .....	63
5.1.2 Tietomallintamiseen siirtymisen vaatimukset suunnittelijoille .....	64

5.2	Tietomallintaminen urakoinnin näkökulmasta .....	65
5.2.1	Tietomallintamisen edut urakoinnissa .....	65
5.2.2	Tietomallintamiseen siirtymisen vaatimukset urakoitsijoille .....	66
5.3	Tietomallintaminen rakennuttamisen näkökulmasta .....	66
5.3.1	Tietomallintamisen hyödyt rakennuttamisessa .....	66
5.3.2	Tietomallintamiseen siirtymisen vaatimukset tilaajille .....	67
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	69
	LÄHTEET .....	73

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

CBG	engl. Compressed biogas, paineistettu biokaasu
CNG	engl. Compressed natural gas, paineistettu maakaasu
IFC	engl. Industry foundation classes, järjestelmästä riippumaton tietomallin tiedostomuoto
LBG	engl. Liquefied biogas, nesteytetty biokaasu
LEED	engl. Leadership in energy and environmental design, globaali rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä
LNG	engl. Liquefied natural gas, nesteytetty maakaasu
lähtötietoaineisto	eri tietolähteistä hankitut lähtöaineistot digitaalisessa muodossa. Sisältää raaka-aineen ja lähtötiedon sekä lähtöaineistoluettelon
tietomallintaminen	Kolmiulotteisiin malleihin perustuvaa suunnittelua, jossa malleihin sisältyy rakennuksen muodon lisäksi muutakin tietoa
YIV	yleiset inframallivaatimukset, infra-alan tietomalliohjeet
YTV	yleiset tietomallivaatimukset, rakennusalan tietomalliohjeet

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa on noin 1800 jakeluasemaa ja 600 raskaan liikenteen jakeluasemaa. Niiden suunnittelu on tällä hetkellä pääosin kaksiulotteista ja aiheuttaa paljon manuaalista työtä suunnittelijoille. (Lamminen, 2022) Lähtötietojen muuttaminen digitaaliseen muotoon vie paljon aikaa ja vanhojen paperikuvien piirtäminen tietokoneella on työlästä. Infra-alalla tietomallit ovat yleistyneet melko laajasti, mutta jakeluasemien suunnittelussa niistä ei vielä ole paljoakaan kokemusta. Jakeluasemien suunnittelussa ominaista ovat samantyyppisiksi toistuvat tyyppirakenteet jokaisella asemalla ja pieni mittakaava piirustuksissa. Monet jakeluasemiin liittyvät projektit ovat vanhojen asemien saneerauksia tai muutostöitä, mutta uusiakin asemia rakennetaan. (Helenius, 2022) Tietomalleissa lähtötietojen laadulla on usein suuri merkitys, mikä aiheuttaa haasteita jakeluasemahankkeiden tietomallintamisen kannalta. Vanhemmista jakeluasemista tarvittaisiin jonkinlainen lähtötietoaineisto. Toisaalta olemassa olevien jakeluasemien tietomallit voisivat helpottaa niiden kunnossapitoa.

Tulevaisuudessa pyritään vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja tieliikenteen päästöjä, johon voidaan vaikuttaa jakeluasemien suunnittelussa. Autokannan käyttövoimien muuttuessa liikenteessä on yhä enemmän biopolttoaineilla, sähköllä tai kaasulla toimivia ajoneuvoja. Jakeluasemien suunnittelussa ja rakentamisessa tulee huomioida eri polttoaineiden sijoittaminen samalle asemalle, mikä aiheuttaa uusia haasteita. (Lamminen, 2022) Erityisesti kaupungeissa jakeluasemien tonteilla ei ole yhtään ylimääräistä tilaa, joten eri energiamuotojen varoetäisyyksien noudattaminen muuttuu hankalammaksi. Tietomallinnus helpottaisi törmäystarkasteluja ja laadunhallintaa. Jakeluasemilla törmäystarkastelut tulee tehdä huolellisesti ja ainakin talokohteissa tietomallin avulla ne voidaan tehdä automaattisesti. Monien eri polttoaineiden jakelun takia asemien turvallisuuteen ja ympäristönsuojeluun liittyvät vaatimukset voivat muuttua. Tietomallin avulla voitaisiin kokeilla mallintaa erilaisten suojausrakenteiden toimintaa.

Jakeluasemien rakennuttaminen vaatii huomattavaa osaamista ympäristö- ja kemikaalilainsäädännöstä. Esimerkiksi kaasun osalta on tunnettava myös maakaasulainsäädäntöä ja painelainsäädäntöä. (Lamminen, 2022) Tietomallinnus parantaa yleensä tiedon siirtoa hankkeen eri osapuolten välillä ja toteutusmalleista voidaan usein tehdä suoraan koneohjausmalli urakoitsijoita varten. Tietomallintamisella suunnittelua voidaan tehostaa ainakin suurissa hankkeissa, joissa on monia osapuolia. Jakeluasemilla tietomallinnus auttaisi myös määrälaskentaan, koska tietomallista saatavien tarkkojen tietojen avulla laskentaa voidaan automatisoida. (Liikennevirasto, 2017) Monissa rakennushankkeissa kustannukset määräytyvät jo suunnitteluvaiheessa, joten tietomallipohjainen suunnittelu voisi parantaa myös kustannustehokkuutta. Tietomallinnuksesta on paljon hyötyä, mutta eri osapuolten osaamisen kehittyminen vie aikaa. Lisäksi 2D-suunnittelusta tietomallintamiseen siirtyminen aiheuttaa erilaisia teknisiä vaatimuksia esimerkiksi suunnitteluohjelmistoihin liittyen. Tässä työssä tutkitaan mitä edellytyksiä on tietomallinnukseen siirtymiselle jakeluasemien suunnittelussa.

## 1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Työn tavoitteena on hahmotella tietomallinnukseen siirtymiseen liittyviä edellytyksiä jakeluasemahankkeen eri osapuolten näkökulmasta. Tutkimuksen pääkysymys on: Mitkä ovat edellytykset tietomallipohjaiseen jakeluasemasuunnitteluun? Tutkimukselle on määriteltä neljä alakysymystä:

- Miten jakeluasemien suunnittelu toimii nykytilassa?
- Millaiset lähtötiedot vaaditaan tietomallipohjaisessa suunnittelussa?
- Mitä osaamiseen liittyviä vaatimuksia tietomallipohjainen suunnittelu asettaa eri osapuolille?
- Mitä teknisiä vaatimuksia tietomallipohjainen suunnittelu aiheuttaa?

Kaksiulotteisessa suunnittelussa käytetyt dokumenttipohjaiset lähtötiedot ovat hyvin erilaisia tietomallipohjaiseen suunnitteluun verrattuna. Muutoksen lähtötilan ymmärtäminen auttaa tutkimaan tietomallinnukseen siirtymisen aiheuttamia edellytyksiä paremmin. (Helenius, 2022) Osaamisen kehittyminen vie aikaa ja kaikilla hankkeeseen osallistuvilla tulisi olla valmiudet tietomallintamiseen. Tietomallintamiseen tarvittavat työkalut poikkeavat jonkin verran 2D-suunnittelusta, vaikka molemmissa käytetään tietokoneavusteista suunnittelua. Yritysten täytyy myös valita itselleen sopivat ohjelmistot ja suunnittelussa tulee ottaa huomioon tiedonkulku eri osapuolten ja eri ohjelmistojen välillä.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät ja rajaus

Tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuusselvitystä sekä haastatteluja. Kirjallisuusselvityksessä käsitellään jakeluasemien ominaispiirteitä pääasiassa suunnittelun näkökulmasta. Suunnitteluohjeistuksesta kerrotaan lyhyesti. Jakeluasemien tulevaisuuden tutkimiseen kiinnitetään myös huomiota, koska useiden käyttövoimien aloittamisen takia jakeluasemien suunnittelu on muutoksessa. Lisäksi esitellään tietomallinnusta yleisesti infra-alalla ja sen hyötyjä koko hankkeen elinkaaren suhteen. Kirjallisuustutkimuksessa selvitetään myös onnistuneen tietomallinnuksen edellytyksiä. Koska tutkimuksen pääpaino on tietomallintamiseen siirtymisellä, tietomallin sisältöä hankkeen eri vaiheissa ei käsitellä. Teoriaosuudessa käydään läpi tietomallintamisen osaamisen kehittymistä ja haasteita hankkeen eri osapuolten kannalta.

Haastattelumuodoksi on valittu teemahaastattelu, koska se sopii sellaisen aiheen tutkimiseen, josta ei ole paljoa aiempaa tutkimustietoa saatavilla. Teemahaastattelu on avointa haastattelua strukturoidumpi, koska siinä käytetään ennalta määritettyjä teemoja kaikkien haastateltavien kanssa. (Hirsjärvi & Hurme, 2008) Teemahaastattelussa jokaista teemaa ei välttämättä käsitellä samassa laajuudessa jokaisen kanssa. Haastattelu muistuttaa keskustelua ja se etenee joustavasti. Teemahaastattelua on luonteva analysoida eri teemojen perusteella. Aineiston analysoinnissa eri teemat kuin tutkijan etukäteen asettamat voivat osoittautua olennaiseksi tutkimuksen jäsentelyn kannalta. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006)

Haastatteluihin valitaan jakeluasemahankkeen eri osapuolia ja lisäksi tietomallinnusta tuntevia suunnittelijoita. Tutkimukseen otetaan mukaan jakeluasemasuunnittelijoita, joilla on paljon aiempaa kokemusta suunnittelusta. Lisäksi pyritään haastattelemaan suunnittelijoita, jotka käyttävät tietomalleja rutiininomaisesti töissään. Esimerkiksi talotekniikan suunnittelijoilla on kokemusta samankaltaisten kohteiden suunnittelusta, koska jakeluasemilla on paljon erilaisia putkistorakenteita. Haastattelut on numeroitu niiden aikajärjestyksen mukaan. Tutkimuksessa on haastateltu kahta jakeluasemasuunnittelijaa. Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) on ollut alalla yli 35 vuotta. Jakeluasemasuunnittelijalla 2 (H5) on työkokemusta lähes saman verran koko uransa ajalta. Jakeluasemasuunnittelijoilla ei ole kokemusta tietomallintamisesta ollenkaan. Kummatkin ovat tehneet muutama kerran 3D-suunnitelmia. Haastatteluissa on mukana myös muiden tekniikkalajien suunnittelijoita. Digitalisaation konsultilla (H1) on kokemusta tietomallintamisesta yli 20

vuoden ajalta. LVI projekti-insinööri (H3) on ollut suunnittelutoimistolla kuusi vuotta ja osallistunut seitsemään täysin tietomallipohjaiseen hankkeeseen. Geoteknisellä suunnittelijalla (H4) on työkokemusta suunnittelutoimistolta noin kolme vuotta, ja hän on osallistunut tietomallipohjaisiin hankkeisiin uransa alusta lähtien. Urakoitsijan edustajana haastattelututkimuksessa on työnjohtaja (H6), joka kertoo tietomallintamisen olevan jonkin verran tuttua. Hän on ollut täysin jakeluasema-alan puolella lähes neljä vuotta. Seitsemännessä haastattelussa on tilaaja (H7) öljy-yhtiöstä. Hänellä on työkokemusta noin kymmenen vuotta ja jakeluasema-alalta yli kaksi vuotta. Neljä haastattelusta on pidetty Teams-puheluna, kaksi puhelimesta ja yksi suunnittelutoimiston tiloissa. Haastatteluja ei ole litteroitu sanatarkasti, mutta tutkimuksessa on varmistettu, että sisällön merkitys säilyy samana.

Tutkimuksessa käsitellään jakeluasemien suunnittelua Suomessa nykyhetkellä, eikä suunnittelun historiaan oteta kantaa. Työn laajuuden takia käsitellään pääosin uusien jakeluasemien tietomallinnusta, mutta elinkaarinäkökulma otetaan huomioon suunnittelun edellytyksiä tutkittaessa. Jakeluasemia koskeva tieteellinen tutkimus keskittyy tällä hetkellä paljolti uusien käyttövoimien huomioimiseen, kuten esimerkiksi vedyn jakeluun ja eri käyttövoimat yhdistävän multiaseman suunnittelun laatuvaatimuksiin. (Crönert & Minner, 2021; Ashrafi M et al, 2022) Lisäksi on tutkittu veneasemia ja avaruusalusten jakeluasemia. (Temiz & Dincer, 2021; Chen et al, 2020) Monet kansainväliset tieteelliset tutkimukset keskittyvät vaihtoehtoisiiin polttoaineisiin jakeluasemien sijaan. (Verma et al, 2022) Tutkimuksia on myös esimerkiksi tietomallintamisen soveltamisesta olemassa olevaan tieinfraan. (Vignali et al, 2021) Tietomallintamisen hyödyistä on monia tutkimuksia. (Costin et al, 2018; Sarkiene et al, 2020) Lisäksi tietomallintamiseen siirtymistä infra-hankkeissa on tutkittu muissa maissa. (Lindblad, 2019; Cao et al, 2017; Jin et al 2027) Tietomallinnusta yleisesti on tutkittu infra-alalla melko paljon, mutta tietomallintamisesta jakeluasemakohteissa ei löydy tieteellisiä tutkimuksia.

## 2. LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Jakeluasemien ominaispiirteet ja tulevaisuus

Valtioneuvoston asetus nestemäisten polttoaineiden jakeluasemien ympäristönsuojeluväestimuksesta määrittelee jakeluaseman seuraavasti: ”Jakeluasema on kiinteä paikka jakelualueineen, jakelulaitteineen, nestemäisen polttoaineen säiliöineen sekä mahdollisine huolto- ja pesuhalleineen, josta nestemäistä polttoainetta myydään tai muutoin luovutetaan siirrettäväksi jakelumittarista moottorikäyttöisen ajoneuvon, vesikulkuneuvon, raidekulkuneuvon tai ilma-aluksen polttoainesäiliöön.” (VNa 314/2020) Sitowise Oy:n Tampereen toimipisteellä jakeluasemakohteet työllistävät suunnittelun osalta noin kuusi henkilöä täysipäiväisesti. Lisäksi sekalaiset jakeluasemaympäristöön sijoittuvat asiantuntijatehtävät työllistävät arviolta viisi henkilöä merkittävän osan työajasta säännöllisesti, ja vielä noin viisi muuta henkilöä satunnaisemmin. Jakeluasemien toimeksiantojen tilaajina on melko pieni määrä öljy-yhtiöitä. Franchising on yleistä huoltoasemayrittäjien kesken, mutta he toimivat öljy-yhtiöiden alaisuudessa. Vastaavasti osaavia urakoitsijoita on huomattavan pieni määrä. (Helenius, 2022)

Jakeluasemille on tavanomaista useat samanlaisena toistuvat rakenteet. Vakioituja tyyppirakenteita ovat esimerkiksi öljy-yhtiökohtaiset standardimallit, joita sovelletaan jakeluasemien suunnittelussa. Jakeluasemat muistuttavat geotekniikan kannalta enemmän talo- kuin infrakohdetta. Niiden suunnittelussa on huomioitava tilan ahtaus erityisesti kaupunkien keskustojen lähellä. Koska mittakaava on melko pieni, yleiset käsitykset esimerkiksi geoteknisten ratkaisuvaihtoehtojen suhteellisista kustannuksista eivät aina pidä paikkansa. Muissa kohteissa vaahtolasi voidaan mieltää kalliiksi vaihtoehdoksi pohjanvahvistuksessa, mutta jakeluasemilla sitä käytetään usein. Vaahtolasi ei venytä työmaan aikataulua verrattuna esim. stabilointiin ja lisäksi se ei vaadi erityistä kalustoa. Paalutuksella voidaan välttää johtosiirtoja, hankalia liikenteenohjauksia tai kaivantojen koon suurentamista jakeluasemakohteissa. (Helenius, 2022)

Jakeluasemakohteissa yksi yleisimmistä hankintamalleista on kokonaisvastuurakentamisurakka eli KVR. RT-kortissa 10-11223 käytetään tästä urakkamuodosta nimitystä suunnittele ja rakenna- urakka eli SR-urakka. KVR-urakassa urakoitsija on vastuussa sekä hankkeen suunnittelusta että toteutuksesta. Tarjoushinta on sitova, mutta raken-

nuttajan vaatimista laajuuden tai laadun muutoksista muodostuu lisäkustannuksia. Rakennuttaja ja urakoitsija solmivat yhden sopimuksen, jossa urakoitsija hoitaa hankkeen suunnittelun ja rakentamisen. Urakoitsija ja sen alaiset suunnittelijat tekevät tarjouksessa yhdessä parhaan mahdollisen ratkaisun, joka täyttää rakennuttajan asettamat tavoitteet. Tarjouksessa esitetään yleisratkaisuja, joita vertaillaan ennalta määritettyjen tavoitteiden perusteella. Rakennuttajan tulee kyetä asettamaan suunnittelun ja lopputuloksen laatu- ja toteutusvaatimukset. Koska suunnittelu ja toteutus keskittyvät samalle yritykselle, suunnittelussa voidaan huomioida rakennustyön toteutus ja sen kustannukset. KVR-urakoissa laatutavoitteiden määrittely sopimusta tehdessä ja rakennuttajan vaatimat muutokset voivat aiheuttaa haasteita. Onnistuneella tavoitteiden määrittelyllä KVR-urakassa on mahdollista saavuttaa kustannustehokkaasti laadukkaita tuloksia. (RT 10-11223) Tyypillisesti tässä urakkamuodossa öljy-yhtiö teettää lähinnä pohjatutkimukset ja perustamistapalausannon sekä kilpailuttaa urakan. Urakoitsija puolestaan tilaa toteutus-suunnitelmat. KVR-urakointi voi korostaa toteutettavuutta hankkeessa, koska rakentaja maksaa hankkeesta. (Helenius, 2022)

Jakeluasemiin liittyy huomattavan yksityiskohtaista sääntelyä, joka pakottaa tietynlaisiin ratkaisuihin yksityiskohtaisellakin tasolla. Lainsäädännössä viitataan teknisiä ratkaisuja ohjaavaan standardiin, jolloin standardilla on lähes lainsäädäntötekstiä vastaava asema. Lainsäädäntövalta vaikuttaa standardeihin, vaikka periaatteessa standardit ovat teknisiä ohjeita. Erikoisiin suunnittelukohteisiin pätee usein kuitenkin viranomaisen hyväksyntä muihin vähintään yhtä turvallisiin ratkaisuihin, vaikka ne eivät olisikaan standardin mukaisia. Ympäristölainsäädännön perusteella ympäristönsuojelurakenteita tehdessä tarvitaan riippumaton laadunvalvoja esimerkiksi kaatopaikkarakenteiden ja jakeluasemien työmaille. Työmaan valvojan lisäksi tarvitaan siis toinen valvoja, jolla on lakisääteinen pätevyys laadunvalvontaan. (Helenius, 2022)

Tulevaisuudessa pyritään vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja samalla tie-liikenteen päästöjä. Jakeluasemien suunnittelulla voidaan vaikuttaa huomattavasti fossiilittoman liikenteen yleistymiseen. Vuonna 2019 aloitettiin fossiilittoman liikenteen tiekartan laatiminen, jonka keinoilla pyritään muuttamaan liikenne nollapäästöiseksi viimeistään vuoteen 2045 mennessä. Vaihtoehtoiset käyttövoimat, kuten esimerkiksi sähkö, vety ja erilaiset uusiutuvat polttoaineet ovat osa ratkaisua liikenteen päästöjen vähentämiseen. Koko liikenteen vuosittain kuluttamaa energian määrää ei voida korvata pelkästään yhdellä käyttövoimavaihtoehdolla, koska energiankulutus on huomattavan

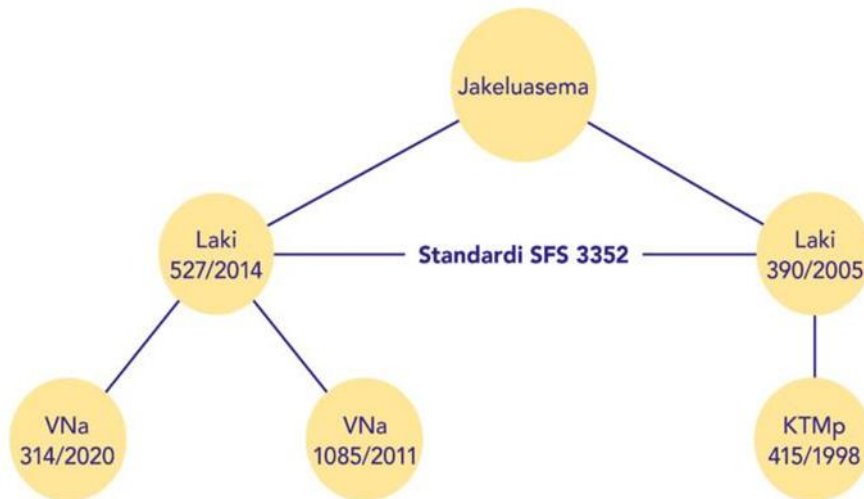
suurta. Fossiilisten polttoaineiden käyttö pitää pyrkiä lopettamaan pidemmällä aikavälillä ja niiden kulutus aiotaan puolittaa vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2030 jäljellä olevasta kulutuksesta katetaan vähintään 30 % uusiutuvilla polttoaineilla, kuten nestemäisillä biopolttoaineilla, biokaasulla ja mahdollisesti myös vedyllä tai siitä valmistetulla ns. sähköpolttoaineella. Tällä hetkellä tieliikenteessä käytettyjä nestemäisiä biopolttoaineita ovat vain etanoli, biodiesel ja uusiutuva diesel. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021)

Perinteisillä jakeluasemilla voidaan sekoittaa olemassa oleviin polttoaineisiin nestemäisiä bio- ja sähköpolttoaineita. Sen sijaan sähkön ja kaasun jakeleminen vaatii uutta infrastruktuuria, jotta niiden käyttö yleistyisi. Vedyn liikennekäyttö ei ole edennyt Suomessa, mutta myös sen käyttäminen vaatisi uutta jakeluinfraa. Vuoden 2030 tavoitteena on vähintään yksi julkinen pikalatausasema sataa täyssähköautoa kohti. Jokaiselle täyssähköautolle tulisi löytyä myös latauspiste yön yli. Kaasulla kulkevia ajoneuvoja varten tulisi olla vähintään 100 paineistetun kaasun (CNG) tankkausasemaa ja vähintään 40 nesteytetyn kaasun tankkausasemaa. Asemien määrän tulisi vähintään kaksinkertaistua pidemmällä aikavälillä. Koko maan kattava sähköautojen julkinen latausverkko ja kaasuautojen tankkausinfra helpottaisivat huomattavasti fossiilittomaan liikenteeseen siirtymistä. Latausinfra suunnittelussa pyritään suosimaan älykkäitä järjestelmiä, jotka huomioivat sähköjärjestelmän tilan lataustehon ohjauksessa. Huoltoasemaketjuille aiotaan säätää velvoite tarjota tietty määrä latauspisteitä jakeluasemilla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021)

Henkilöautojen latausverkosto on laajentunut merkittävästi julkisen tuen avulla. Vuoden 2018 lopussa latauspaikkoja oli 640, joten niiden määrä oli kasvanut 65 prosenttia edelliseen vuoteen verrattuna. Tällöin latauspaikkoja ja -pisteitä verrattuna sähköautojen määrään oli hieman enemmän kuin jakeluinfradirektiivi vaatii. Ne eivät kuitenkaan jakaannu tasaisesti koko maahan, vaan suurin osa latauspaikoista on samassa paikassa kuin suurin osa sähköautoistakin. Tämän takia latausverkossa on vielä aukkoja koillisessa ja pohjoisessa Suomessa. Vuonna 2018 metaanikaasua jaeltiin noin 40 eri asemalla. Alkuvaiheessa suurin osa asemista oli Gasumin ja ne sijaitsivat lähellä maakaasuputkia. Biokaasun tuotanto on parantanut kaasun saatavuutta muillakin alueilla ja niillä on myös paikallisia operoijia. Kaasuautoja ei kuitenkaan ole Suomen markkinoilla paljoakaan ja myynnissä on lähinnä saksalaisia ja italialaisia malleja. (Pihlatie et al, 2019)

## 2.2 Jakeluasemasuunnittelun ohjeistus

Nestemäisten polttoaineiden jakeluasemien suunnittelussa ja toteutuksessa tulee aina huomioida ajantasainen lainsäädäntö. Jakeluasemien suunnittelu perustuu Suomessa lisäksi standardeihin, valtioneuvoston asetuksiin ja kauppa- ja teollisuusministeriön päätökseen. Suunnittelun tueksi on myös erilaisia käsikirjoja. Jakeluasemiin liittyvää ohjeistusta on selvennetty kuvassa 1.



**Kuva 1 Jakeluasemiin liittyvä ohjeistus (Nummisalo, 2020)**

Suunnittelussa noudatetaan kuvan 1 mukaisesti ympäristösuojelulakia (527/2014) ja kemikaaliturvallisuuslakia (390/2005). Säädösten noudattamista helpottaa standardi SFS 3352 palavien nesteiden jakeluasema liitteineen. Standardi koskee mm. jakeluasemien rakennemalleja, säiliöitä, jakelulaitteita ja viemärointiä. Siinä on myös määritelty vaatimuksia erityisjakeluasemien rakenteille, joihin kuuluvat esimerkiksi raskaan liikenteen jakeluasemat, veneasemat ja pohjavesialueelle rakennettavat jakeluasemat. Ympäristönsuojelulain pohjalta on tehty kaksi valtioneuvoston asetusta. Toinen niistä on asetus 314/2020 nestemäisten polttoaineiden jakeluasemien ympäristönsuojeluvaatimuksista ja toinen on asetus 1085/2011 bensiinihöyryjen talteenotosta jakeluasemilla. Kemikaaliturvallisuuslakiin pohjautuu kauppa- ja teollisuusministeriön päätös vaarallisten kemikaalien käsittelystä ja varastoinnista jakeluasemalla (415/1998), jonka uudistustyö on kesken. Ohjeistuksen noudattamisella varmistetaan, että jakeluasema on turvallinen sekä käyttäjien että ympäristön kannalta. Standardien mukaiset jakelualueet ja säiliöiden täyttöpaikat toimivat myös vahinkotilanteissa, jolloin ajoneuvojen tankkaamisen tai säiliöiden täytön yhteydessä mahdollisesti vuotava polttoneste ei kulkeudu maaperään. (Nummisalo 2020) Ympäristörakentamisen laadunvarmistus jakeluasemilla -käsikirja toimii

suunnittelun apuna (Öljy- ja biopolttoaineala Ry 2016). Jakeluasemiin liittyvää ohjeistusta päivitetään jatkuvasti, joten ajantasaisten säädösten huomiointi on tärkeää. (Helenius, 2022)

## 2.3 Tietomallintamisen perusteet

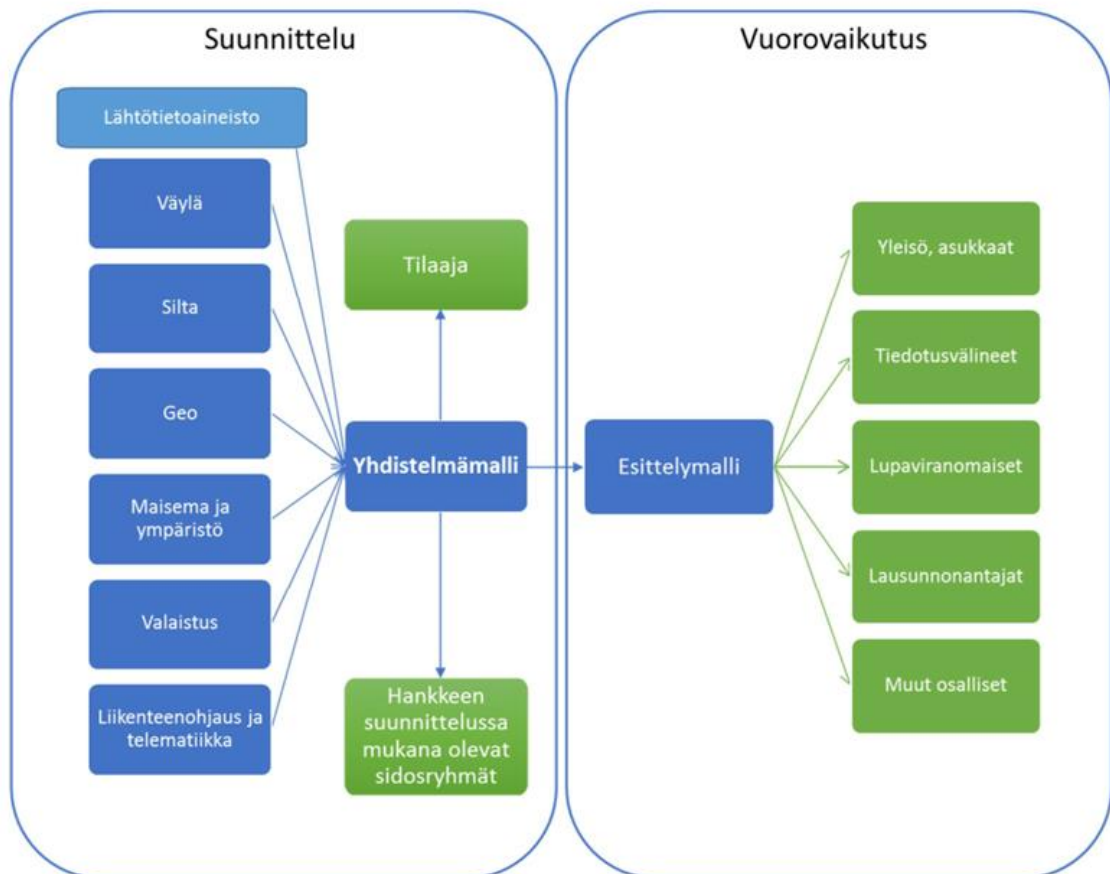
### Tietomallintaminen ja sen ohjeistus infra-alalla

Tietomallintaminen on kolmiulotteisiin malleihin perustuvaa suunnittelua, jossa malleihin sisältyy rakennuksen muodon lisäksi muutakin tietoa. Mallintavassa suunnittelussa pyritään usein kuvaamaan rakennuksen piirteitä siten, että niitä voidaan hyödyntää toiminnallisten ominaisuuksien arvioinnissa. Tietomallia analysoimalla on esimerkiksi mahdollista laskea kustannuksia tai arvioida ilmanvaihdon toimivuutta. Tietomallinnuksen laajuus vaihtelee eri hankkeissa. Jakeluasemat voidaan mallintaa elinkaarihankkeena, jolloin tieto on koko elinkaaren ajan helposti ja kattavasti käytettävissä. (RT 10-10992) Tämä voisi myös helpottaa jakeluasemien kunnossapidon laadun tarkastelua tulevaisuudessa. Suomessa tietomallinnus on yleistynyt infra-alalla erityisesti vuoden 2014 jälkeen, kun Liikennevirasto (nykyisin Väylävirasto) aloitti ajamaan inframallinnuksen käyttöönottoa omissa suunnittelu-, toteutus- ja parantamishankkeissaan. (Liukkonen, 2021) Missä tahansa hankkeen vaiheessa voidaan aloittaa mallipohjainen toiminta, mutta tavoitellanteessa se alkaa mahdollisimman ajoissa ja jatkuu vaiheesta toiseen täydentyen. (YIV 2019) Tietomallinnuksen ohjeistus perustuu pääasiassa kolmeen osaan, jotka on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 2 Tietomallintamisen ohjekokonaisuus (Liikennevirasto, 2017)**

Kuvan 2 mukaisesti tietomallintaminen perustuu nimikkeistöön, mallinnusvaatimuksiin ja formaatteihin. Mallinnuksessa käytetään nimikkeistöä, joka on kuin yhteinen kieli. Mallinnusvaatimukset ohjaavat mitä asioita ja millä tavalla mallinnetaan. Tietomalleja voidaan tallentaa eri formaateissa, joissa pyritään käyttämään avoimia standardinmukaisia tiedonsiirtoformaatteja ja rajapintoja. Ne tukevat tietomallin ominaisuustietojen siirtämistä. (Liikennevirasto, 2017) Tietomallien tallennusmuoto on yleensä joko järjestelmästä riippumaton IFC-formaatti, tai ohjelmiston oma formaatti kuten GT tai DWG. (RT 10-10992) Erityisesti suurissa hankkeissa tietomalleja voi olla useita. Kaikkien osamallien tulee olla samassa koordinaatistossa ja mittayksikössä. Suunnittelussa valitaan koordinaatisto mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Jokaisen tekniikkalajin on toimitettava hankkeen virallisessa koordinaatisto- ja korkeusjärjestelmässä. (Liikennevirasto, 2017) Kuvassa 3 on esitetty eri osapuolten tekemien mallien yhdistäminen.



**Kuva 3 Yhdistelmämalli eri tekniikkalajeista (YIV 2019)**

Kuvan 3 mukaan eri osapuolten tekemistä malleista muodostetaan yhdistelmämalli, jolla voidaan varmistaa suunnitelmien yhteensopivuus ja toteutuskelpoisuus. Tarkastukset eri tekniikkalajien välillä tehdään sovitun aikataulun mukaisesti. (YIV 2019) Rakenteiden mittoja voidaan esittää yhdistelmämallissa samalla tavalla kuin piirustuksissakin. Mallin

navigoinnin helpottamiseksi siinä tulee olla valmiit näkymät. Ennen kokouksia on valmistettava yhdistelmämalli, jotta tiedetään tarkasteltavat kohdat ja mitä kommentteja tarvitsee käydä läpi. Yhdistelmämallin kokoamiseen on kehitetty erikseen ohjelmistoja juuri osamallien yhdistämistä varten. Niissä on yleensä ominaisuuksia ainakin osamallien hallintaan, mittaukseen, kommentointiin ja yhdistelmämallin julkaisemiseen eri osapuolille. Yhdistelmämallina voidaan periaatteessa käyttää suoraan suunnittelussa käytettyä inframallia, mutta ulkopuoliset eivät välttämättä pääse siihen käyttöoikeuksien takia. Yhdistelmämallin kokoaminen säännöllisesti vahvistaa jatkuvaa laadunvarmistusta. Tietomallisuunnitelman tulee sisältää yhdistelmämallin kokoaminen, käyttö, julkaisu ja niiden aikataulu. Suunnittelussa aikatauluun merkitään mallinnukselle oma kohta, johon tulee yhdistelmämallin muodostaminen, jolloin voidaan verrata mallinnuksen aikataulua suunnitteluprosessin etenemiseen. Mallintaminen seuraa suunnittelun aikataulua ja sen erityispiirteet, kuten yhdistelmämallin päivittyminen on oltava esillä aikataulussa. Yhdistelmämalli antaa yhdessä tietomalliselostuksen kanssa yleiskuvan suunnittelun tilanteesta. Osamallien sovittaminen yhdistelmämalliksi on tehtävä hankkeen koosta riippumatta. Yhdistelmämallin tekemiseen on monia eri ohjelmia ja se valitaan hankkeen käyttötarkoituksen perusteella. Valinnassa voidaan ottaa huomioon esimerkiksi mallin mahdollinen käyttö sidosryhmäyöskentelyssä, tai tapa jakaa yhdistelmämallia eteenpäin. Ohjelmiston valinnassa on tarkasteltava kommentoinnin toimivuutta, kuten mahdollisuuksia useamman henkilön kommenttien tekemiseen samanaikaisesti. Lisäksi valintaan vaikuttaa mallin jakamistapa eteenpäin ja helppous saada malli auki. Joidenkin ohjelmistojen yhdistelmämallin avaamiseen voi tarvita erillisen katseluohjelman. Niiden ominaisuudet vaihtelevat, joten yhdistelmämallin ohjelmistoa valitessa kannattaa selvittää mahdollisen katseluohjelman selainpohjaisuus tai maksullisuus. Tilaajalla tulee olla käytössään tarvittava ohjelmisto mallien katseluun, mikä on varmistettava hankkeen sopimusvaiheessa. (Liikennevirasto, 2017)

Inframallintamisen ohjeina käytetään yleisiä inframallivaatimuksia (YIV). Tällä hetkellä uusin versio on YIV 2019, johon on tehty myös pieniä päivityksiä lokakuun 2021 julkaisuun. YIV 2019 on jaettu neljään lukuun. Ensimmäisessä johdantoluvussa käsitellään inframallihankkeen vaiheita. Toinen luku keskittyy inframallien lähtötietoineistoihin, joiden vanha termi on lähtötietomallit. Kolmannessa luvussa käydään läpi tietomallipohjaista suunnittelua ja neljännessä rakentamista. (YIV 2019)

## Tietomallintamisen ja dokumenttipohjaisen suunnittelun erot

Perinteisen kaksiolotteisen suunnittelun ja tietomallintamisen yksi huomattavimmista eroista on yksityiskohtaisemman suunnittelun siirtyminen aiempaan vaiheeseen hankkeessa. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa hankkeen sisäinen tiedonsiirto on tehokkaampaa, kuin dokumenttipohjaisessa suunnittelussa. Lisäksi tietomallintamisessa lähtötietojen merkitys on suurempi. (Kivinen 2016) Erilaisten lähtötietojen avulla muodostetaan lähtötietoaineisto, jota päivitetään suunnittelun edetessä. Esimerkiksi uudet pohjatutkimukset voivat aiheuttaa tarpeen päivittää lähtötietoaineistoa. Raaka-aineen kuten kaava-aineiston kerääminen tulisi aloittaa mahdollisimman ajoissa, koska lähtötietojen kerääminen voi olla työlästä. Suunnittelutyön käynnistäminen voi viivästyä tietomallipohjaisessa hankkeessa, jos lähtötietojen kerääminen kestää aiottua kauemmin. (YIV 2019) Hankkeen tarjousvaiheessa voi jo olla käytettävissä lähtötietomalli, mikäli hankkeen aikaisempi vaihe on tehty tietomallipohjaisesti. Hankkeen alussa tulee aina tarkistaa ja päivittää kaikki lähtötietoaineistot. Hankkeen aikataulun laatimisessa on huomioitava, että aikaa jää riittävästi lähtötietomallin kokoamiseen, jotta varsinainen suunnittelu aloitetaan vasta kun lähtötietomallin valmiusaste on riittävä. Esisuunnitelma- ja tarveselvitysvaiheen selvityksien tulokset, kuten melulaskennan ja maisemainventointien tulokset on sisällytettävä lähtötietomalliin. (Liikennevirasto, 2017)

Tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirryttäessä suunnitelmapiirustukset ovat muutoksen alla. Perinteiset suunnitelmadokumentit voidaan tulevaisuudessa korvata tarvittavilta osin inframallilla ja niiden käyttötapa muuttuu. Piirustusten korvaaminen edellyttää ominaisuuksien yhdistämistä malliin. Esimerkiksi materiaalit, tuotevaatimukset ja tilavuustiedot voivat olla objektien ominaisuuksia tietomallissa. Tietomallintamisen ei tarvitse kokonaan sulkea pois perinteisiä piirustuksia, vaan mallinnuksella voidaan täydentää niitä. Kattavien ja viimeistelyjen piirustusten sijaan voidaan käyttää tarvittavaa näkyvää inframallista. Piirustuksien sisällön tulee aina vastata mallia ja niiden piirtotasolla on noudatettava mallinnuksen nimikkeistöön perustuvaa nimeämistapaa. Mikäli hankkeessa vaaditaan perinteisiä suunnitelmapiirustuksia, ne laaditaan voimassa olevan ohjeistuksen mukaan. Suunnitelmien hyväksymisprosessin siirtyminen mallipohjaiseksi vaatii hallinnollisten rajojen esittämistä inframallissa. Hyväksymismenettelyyn ja arkistointiin tarvittavat dokumenttipohjaiset asiakirjat on valmistettava edelleen. Vaikka jo-kaista hyväksymisprosessiin tarvittavaa asiaa ei voida esittää tietomallissa, sen avulla hallinnollista käsittelyä voidaan kuitenkin tehostaa. Yleisötilaisuuksissa tulisi hyödyntää

yhdistelmä- tai esittelymallia. Olemassa olevien rakenteiden selvittämiseen ja mallintamiseen suunnitteluvaiheen mukaisella tarkkuudella tulee kiinnittää huomiota. Samalla voidaan ennakoida rakentamissuunnitelmavaihetta ja rakentamista. Tie- ja ratasuunnitelmamallin tarkkuustason tulee mukailla lähtötietojen tarkkuustasoa. Olemassa olevien johtojen tai rakenteiden sijainnin mahdollinen epävarmuus tulee käydä ilmi inframallista. Epävarmat sijainnit voidaan esittää likimääräisenä tai esimerkiksi aluerajauksen avulla. Tietomalliselostukseen on kirjattava eri kohteiden mallinnustarkkuus- ja tapa selkeästi. (Liikennevirasto, 2017)

### **Tietomallintaminen hankkeen eri vaiheissa**

Malleja on erilaisia hankkeen eri vaiheissa. Suunnitelmamalli kattaa infrarakenteen suunnitteluratkaisut. Hankkeen eri vaiheissa käytetään suunnitelmavaiheeseen viittavia termejä, kuten tiesuunnitelmamalli. Toteutusmalli on rakennussuunnitelmamalli, jonka päätoteuttaja on tarkastanut ja hyväksynyt. Sitä käytetään hankkeen toteutuksessa ja siihen voidaan sisällyttää kohteen tuotetietoja, aikatauluja ja kustannuksia. Toteutumamalli kuvaa infrarakenteen sellaisena kuin se on toteutettu laatuvaatimukset huomioiden. Se voidaan tehdä päivittämällä rakennussuunnitelma- tai toteutusmallia. Yhdistelmämalli on eri osamalleista ja suunnitelmamalleista koottu inframalli, jolla tutkitaan eri mallien välisiä epäjatkuvuuskohtia. Mallin avulla tehdään törmäystarkasteluja ja se toimii laadunvarmistuksen apuna. Yhdistelmämalli helpottaa suunnittelijoiden välistä tiedonsiirtoa. Esittelymalli on yksinkertaistettu ja helposti ymmärrettävään muotoon tuotettu virtuaalimalli. Sen tekemiseen käytetään yhdistelmämallia tai suunnitelmamalleja, joihin on valittu näkyviä pintoja kuvaavat tekstuurit ja luonnonmukainen valaistus. Esittelymallia voidaan hyödyntää esimerkiksi asukastilaisuuksissa ja hankkeen tiedotuksessa, mikä tukee vuorovaikutusta hankkeessa. (YIV 2019) Yksi yleinen toteutusmalli on koneohjausmalli, jota hyödynnetään työkoneiden ohjausjärjestelmissä. Toteutusmalli voidaan tehdä suoraan suunnitelmamallin pohjalta, jos se sisältää kaikki tarvittavat tiedot. Koneohjausmallissa on tyypillisesti piste-, viiva- ja pintamaisia aineistoja. Se ei välttämättä ole tietomalli, jos rakenteen ominaisuustiedot puuttuvat. Osa koneohjausjärjestelmistä lukevat yleisimpiä tietomalliformaatteja suoraan. Koneohjausjärjestelmällä voidaan kerätä toteumatietoa hankkeen edetessä, mikä auttaa toteutumamallin tekemisessä. Työn etene mistä voidaan havainnoida vertaamalla toteutumamalleja suunnitelmamalleihin. (Heikkilä 2018) Rakentamisen aikana tuotettujen mallien tulee olla yhdenmukaisia. Niiden tekemisessä on huomioitava kyseessä olevan alan yleiset ohjeet ja vaatimukset sekä hankkekohtaiset reunaehdot ja mahdolliset erityisvaatimukset. (Liikennevirasto, 2017)

Suunnittelussa ja rakentamisessa on kehitetty tietomallinnusta eniten. Omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon tietomallintamisen kehittäminen on vielä alkuvaiheessa. Eri infraomistajilla on rekistereitä, joissa on paljon erilaista kohde- ja kuntotietoa. Niiden tietosisältö alkaa kehittymään lähivuosien aikana. Tietomallintamisen hyödyntäminen omaisuudenhallinnassa voi helpottaa esimerkiksi alueurakoiden kilpailutusta, koska sen avulla omaisuuden tarkka määrä ja kunto ovat paremmin tiedossa. Omaisuudenhallinnan parantumisen kautta resurssien hyödyntäminen, talouden- sekä riskinhallinta ja elinkaaren hallinta on tehokkaampaa. Tilaajan järjestelmään on tallennettava koko hankkeen aineisto, jotta seuraavassa vaiheessa se on helposti saatavilla. Omaisuudenhallinnan keskeinen osa on tiedon dokumentointi ja sen hyödyntäminen. Tiedonhallinnan merkitys on erityisen suuri ja siksi tieto tulee olla helposti hyödynnettävissä muodossa. Tämä edellyttää vakioitua tiedonhallintaa, jotta voidaan hyödyntää tietomalleja. (Liikennevirasto, 2017) Tietomallinnus auttaa tarjoamaan kattavan tietokannan, jota voidaan käyttää tietojen säilyttämiseen koko hankkeen elinkaaren ajan. Suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden aikana kerätty ja tallennettu tieto on tällöin helpommin saatavilla käyttöä ja kunnossapitoa varten. Tietomalleissa voidaan säilyttää huomattavan paljon tietoa hankkeen elinkaaren ajalta. Erityisesti liikenneinfrastruktuurin kuntoa on jatkuvasti seurattava, jotta se säilyy toimintakunnossa. (Costin et al, 2018)

### **Nimikkeistöt ja formaatit tietomallintamisessa**

Infrarakentamisessa käytetään yleisesti Rakennustieto Oy:n Infra-rakennusosanimikkeistöjärjestelmää. BuildingSMART Finland on laatinut Infra2015-rakennusosanimikkeistöön perustuvan laajennetun InfraBIM-nimikkeistön, joka on vapaasti saatavilla. (YIV 2019) Infra-rakennusosanimikkeistön ja InfraBIM-nimikkeistön suurin ero on, että InfraBIM-nimikkeistössä tunnukset viittaavat aina tunnuksesta riippuen joko pintaan tai taiteviivaan. Infra-rakennusosanimikkeistössä tunnuksen merkitys on yleisempi. (Heikkilä 2018) Yhtenäinen nimeämiskäytäntö helpottaa mallinnushankkeita ja InfraBIM-nimikkeistön käyttäminen on ehdoton vaatimus tietomallipohjaisissa hankkeissa (YIV 2019). Uudelta pohjalta luotu yhtenäinen nimikkeistö on toimivampi, kuin monen erillisen nimikkeistön käyttäminen. Nimikkeistön tulee tukea rakennetun ympäristön mallintamista fyysisesti ja toiminnallisesti. Fyysisen ympäristön tapaan inframallikin sisältää olioita, eli objekteja, joten nimikkeiden tulee kuvata fyysisiä objekteja. Niihin liitetään tietomallissa attribuutteja, eli ominaisuustietoja. Esimerkiksi materiaalitietoja ei tarvitse olla nimikkeessä, koska ne voidaan liittää objektiin attribuutteina. Esimerkiksi betonirummun nimekkeenä

toimii ”rumpu”, johon liitetään ominaisuustietona materiaaliksi betoni. Rakenteelle riittää vain yksi määritelty nimike, jolloin lisäerittelyjä ei tarvita. Objekteihin voidaan tehokkaammin kohdistaa kunnossapito- ja korjaustoimenpiteitä, kun rakennettu ympäristö on määritelty nimikkeistössä. Yhtenäinen huolellisesti määritelty nimikkeistö on oleellinen työkalu omaisuudenhallinnassa. (Liikennevirasto, 2017)

Tietomallinnuksessa käytettäviä tiedonsiirtoformaatteja on useita erilaisia. Suunnittelun aikana tieto on ohjelmistokohtaisessa natiiviformaatissa, mutta tiedon tallennuksessa ja luovutuksessa käytetään avoimia tiedonsiirtoformaatteja. Infra-alalla Suomessa on käytössä Inframodel (IM), joka on kansainväliseen LandXML-formaattiin perustuva avoin tiedonsiirtoformaatti. LandXML on yleisesti käytetty maarakentamisen standardoituun XML-järjestelmään (extensible markup language) pohjautuva määrittely infra- ja maanmittaustiedolle. Inframodelissa objektien nimeäminen perustuu oletusarvoisesti Infra-BIM-nimikkeistöön, mutta tarvittaessa sitä voidaan myös muuttaa tapauskohtaisesti. Industry foundation classes (IFC) on kansainvälinen avoin tiedonsiirtostandardi, jota ylläpidetään jatkuvasti. Sitä käytetään rakentamisessa ja kiinteistönpidossa tuotetietojen hallintaan. IFC on perustana tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuudelle. Tulevaisuudessa IFC kattaa myös infrakohteet. Infrarakenteissa käytetään avoimena formaattina Inframodelia ja taitorakenteissa IFC:tä. (YIV 2019)

## **Yhteishankkeiden tietomallintaminen ja tiedonhallinta**

Standardien, ohjeiden ja formaattien erot korostuvat yhteishankkeissa, joissa on mukana sekä talo- että infrapuoli. Talopuolella suunnittelua ohjaa Yleiset tietomallivaatimukset (YTV), kun taas infrapuolella noudatetaan Yleisiä inframallivaatimuksia. YTV ei sisällä talokohteisiin liittyvän infran, kuten pihan geotekniikan ohjeistusta. IFC-formaatti on yleinen talonrakennuskohteissa, mutta sillä ei ole yhteistä rajapintaa Inframodelin kanssa. Yhteishankkeessa on huomioitava, että formaatit eivät voi esittää toistensa tietosisältöä, mikä voi aiheuttaa ohjelmistoriippuvaista tietohukkaa. Nykyään joudutaan usein luomaan ensin talo- ja infrapuolelle omat yhdistelmämallinsa, ennen kuin ne voidaan koota koko hankkeen kattavaan yhdistelmämalliin. (YIV 2019) Talokohteet suunnitellaan usein työkoordinaatistossa ja infrakohteet todellisessa koordinaatistossa (Heikkilä 2018). Yhteishankkeessa on oltava tarkkana koordinaatiston, korkeusjärjestelmän ja mittakaavan yhteensopivuudessa. Koska nykyiset yleiset ohjeistukset YTV 2012 ja YIV 2019 eivät huomioi talogeotekniikan tietomallintamista ja sen erityispiirteitä, sitä varten on laadittu

erikseen Talogeotekniikan tietomalliohje. Se ottaa huomioon hankkeiden koordinaatioerot. (Buildingsmart Finland, 2021) Buildingsmart Finland on kehittämässä Rakennustietomalli Oy:n kanssa rakennetun ympäristön tietomallintamisen vakiointi -hankeohjelmaa. Sillä on kolme tavoitetta, joista ensimmäinen on yhtenäisten tietomallivaatimusten luominen rakennettua ympäristöä varten. Toinen tavoite on tietomallintamisen saavutettavuuden parantaminen kaikkia osapuolia varten. Kolmas tavoite on tietomallintamisen normalisointi yleiseksi toimintatavaksi rakennetun ympäristön työnteossa. (Buildingsmart Finland, 2022)

Hankkeen yhteistoimintaa ja kokonaisvaltaista tiedonhallintaa voidaan usein parantaa tietomallintamisen avulla. Hankkeen osapuolilta tarvitaan myönteistä asennetta osaamisen kehittämiseksi, koska tietomallintamisen menetelmät ja välineet kehittyvät jatkuvasti. Tietomallintamiseen siirtyminen aiheuttaa myös tarvetta organisaatioiden toimintatapojen kehittämiseksi. (RT 10-10992) Tiedonsiirron parantamisen lisäksi tietomallinnus helpottaa koneohjausmallien luomista. Tietomallin pohjalta voidaan automatisoida määrälaskentaa ja samalla sen tarkkuus paranee. Jakeluasemakohteiden kannalta tietomallinnus on hyödyllistä erityisesti törmäystarkasteluissa. Mallipohjaisen suunnittelun avulla voidaan päästä tarkempaan alustavien massojen perusteella tehtävään rakenteiden kustannusarvioon. Lisäksi tietomallinnus mahdollistaa realistisemmän tilantarpeen määrittelyn sekä huomattavasti kustannuksiin vaikuttavien rakenteiden huomioimisen luotettavammin. (Liikennevirasto, 2017)

## **3. TIETOMALLINTAMINEN INFRA-ALALLA**

### **3.1 Tietomallipohjainen suunnittelu**

#### **3.1.1 Tarvittavat lähtötiedot**

Lähtötietojen merkitys on suuri tietomallipohjaisessa hankkeessa verrattuna perinteisesti dokumentoituun hankkeeseen. Suurissa kaupungeissa ilmakeilauksesta tuotettu maanpintamalli voi erota todellisesta maanpinnan korosta huomattavasti, vaikka se ei olisi montaa vuotta vanha. Rakennushankkeita on paljon ja rakentamista pyritään tiivistämään, jolloin rakennettu ympäristö muuttuu nopeasti. Tämän takia täydennysmittaukset ovat tärkeitä. Lähtötietoaineistossa on myös tärkeää kiinnittää huomiota koordinaatioon ja käytettyyn mittakaavaan. (Liukkonen, 2021)

YIV:n mukainen lähtötietoaineisto ei ole pelkästään yhdistelmä raaka-ainetietoa ja lähtöaineistoja, vaan se sisältää myös tietynlaisen tavan hankkeen lähtöaineiston kokoamiseen ja hallitsemiseen. Lähtötietoaineisto on osa uutta toimintatapaa tietomallintamiseen siirtymisessä. Lähtöaineistojen alkuperätiedot ja raaka-aineen muokkaukset on dokumentoitava huolellisesti, koska tietomallipohjaisessa suunnittelussa lähtötiedoilla on suuri painoarvo. Lähtötietoaineiston tulisi olla yhdenmukaista, jotta se tukee suunnittelua ja rakentamista. (YIV 2019)

#### **3.1.2 Tiedonsiirtoformaattit ja ohjelmistojen välinen tiedonkulku**

Tiedonsiirtoformaateissa on ollut joitakin haasteita. Liukkoson haastattelujen perusteella esimerkiksi LandXML-formaattia käytettäessä kaareva putkitieto on muuttunut suoraksi putkeksi. Pistepilvinä mallinnettu aineisto on usein hyvin raskas tietokoneohjelmistoille, mikä aiheuttaa haasteita eri ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon. Avoimissa tiedonsiirtoformaateissakin tiedonkulkuun voi syntyä katkoksia, esimerkiksi varusteiden ja laitteiden ominaisuustietojen tuonnissa. Inframallinnus tarkoittaa suunnitteluprosessia, mikä aiheuttaa myös haasteita suunnittelijoille, koska mallintamisessa on oltava entistä tarkempi perinteiseen kaksiulotteiseen suunnitteluun verrattuna. Esimerkiksi kahden erilai-

sen rakenteen välissä on tarkemmin sovitettava vaihtumiskohdan rakenteita. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa tulee olla käytettävissä tarkkoja lähtötietoja mielellään mallipohjaisesti, jotta suunnitelmat voidaan tehdä sovitulla tarkkuudella. (Liukkonen, 2021)

Tietomallintaminen avoimia tiedonsiirtoformaatteja käyttäen tukee ohjelmistoriippumattomuutta. Eri tekniikkalajien välillä on kuitenkin eroja vastaanottavan suunnittelujärjestelmän valmiuksissa saadun mallin hyödyntämiseen. Esimerkiksi inframodel-formaatissa voidaan suoraan siirtää toiseen ohjelmaan tiedot mm. hulevesiverkostosta sekä tien tai radan geometriasta. Tien tai radan pintamallien siirtäminen suoraan toiseen ohjelmaan ei kuitenkaan vielä toimi, vaan ne voidaan siirtää vastaanottavaan ohjelmaan referenssitiedoiksi. (Liikennevirasto, 2017) Yleisten formaattien haasteena on esimerkiksi objekteihin liittyvien ominaisuustietojen siirtäminen ohjelmistosta toiseen. Tulevaisuudessa pyritään parantamaan IFC- ja Inframodel-formaattien toimivuutta inframallinnuksen kannalta. (Perälä, 2020)

### **3.1.3 Tietomallintamisen hyödyt**

Tietomallinnus on hyödyllistä suunnittelussa, koska suunnitelmista saadaan yksiselitteisempiä ja niiden laatu paranee. Mallin tarkasteleminen kolmiulotteisesti vähentää yllätyksiä ja monet ongelmakohdat voidaan selvittää jo suunnittelun aikana. (Liukkonen, 2021) Koska tietomallissa voidaan kokeilla visualisoida eri suunnitteluratkaisuja, tilaaja voi tehdä tarkemmin perusteltuja päätöksiä muutoksista hankkeen alkuvaiheessa. Tällöin hankkeessa tulee vähemmän budjetin ylittäviä muutoksia ja mahdolliset suunnitelman muutokset ovat hallittavissa jo hankkeen alussa. (Ahankoob et al, 2022) Eri tekniikkalajien mallit yhteensovitetaan törmäystarkasteluja varten, joten niiden yhteensopivuus varmistetaan. Yleensä tarkastellaan esimerkiksi liittymiä, kunnallistekniikkaa ja tontilla olemassa olevia rakenteita. Inframallinnusta voidaan soveltaa järjestelmällisenä riskinhallintatyökaluna suunnittelun varmuuden parantamiseksi. Riskinhallinta ja varmuustarkastelu ovat mahdollisia 4D-suunnittelun vaiheessa, jossa tehtävien järjestys ja kesto on määritetty. Tietomallinnus auttaa urakoitsijoita riskien ja niihin liittyvien mahdollisten kustannusten vähentämisessä. (Costin et al, 2018)

Tietomallinnuksen avulla määrälaskennasta tulee tarkempaa, mikä vaikuttaa suoraan hankkeen massatalouden suunnitteluun. (Liukkonen, 2021) Koska tietomallin avulla voidaan saada todenmukaisempi arvio hankkeen määristä perinteiseen dokumenttipohjaiseen lähestymistapaan verrattuna, sen pohjalta tehty kustannuslaskenta on myös tarkempi. Eri yksityiskohtaisuuden tasojen määrittely tietomallissa auttaa luotettavampien kustannusarvioiden tekemisessä. Urakoitsijat hyötyvät tarkemmasta kustannusarviosta erityisesti tarjousvaiheessa, koska materiaalien määrissä on vähemmän epävarmuutta. (Ahankoob et al, 2022) Työjärjestyksen ja aikataulun selvittämisen jälkeen voidaan arvioida kustannuksia projektin aikataulun pohjalta. (Costin et al, 2018) Inframallinnuksen yleistyessä tarvittavien kaksiulotteisten suunnitelmapiirustusten määrä voi vähentyä tulevaisuudessa. Tietomallinnuksen avulla suunnitteluprosessi on tehokkaampi ja se voi vähentää suunnittelijoille aiheutuvaa manuaalista työtä. (Liukkonen, 2021)

Tietomallintamisella on myös potentiaalia helpottaa hankkeen ympäristöystävällisyyden arviointia. Tietomallista voidaan kerätä dataa esimerkiksi LEED-sertifikaattia varten. (Carvalho et al, 2019) LEED-sertifikaatti (Leadership in Energy and Environmental Design -certificate) on kansainvälisesti käytössä olevaan rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmään perustuva todistus. Se luokittelee hankkeita kestävän kehityksen periaatteiden mukaan. (Green building council Finland, 2018) Lisäksi tietomallista saadaan mm. portugalilaisen rakennusten ekologisuuden arviointimenetelmän kahdestakymmenestä viidestä kriteeristä kaksikymmentäneljä. Ekologisuuden arviointimenetelmistä saadaan luotettavampia tuloksia, kun niitä käytetään tietomallin ohella. Lisäksi ympäristöluokituksen saaminen hankkeelle nopeutuu. Tietomallin avulla datan läpikäyminen on tehokkaampaa, mikä tukee suunnittelijoiden päätöksentekoa kestävän kehityksen mukaisten periaatteiden käyttämisestä hankkeen alkuvaiheessa. Ennen rakentamista kannattaa jo harkita tarvittavat toimenpiteet ekologisuuden ylläpitämiseksi ja myös tietomallista on eniten hyötyä, jos sitä käytetään alusta asti. Erillisten työkalujen avulla tietomallista voidaan analysoida muutakin tietoa, kuten logistiikan toimivuutta. Koska tietomallinnus tarkentaa suunnitteluratkaisuja, sen avulla voidaan vähentää ylimääräisten materiaalien hankkimista. Tämä puolestaan vähentää hukkaa ja hankkeesta syntyvää jätettä. (Carvalho et al, 2019)

Toteutusmallin käyttämisen hyötyjä Liukkosen työssä haastateltujen urakoitsijoiden mukaan ovat erityisesti työn aikataulun tehostuminen, kustannustehokkuus ja laadun parantuminen. Työn nopeutuessa saadaan aikataulusäästöjä ja toteutusmalli parantaa

tarkkuutta myös mittaustyössä ja laaduntarkkailussa. Toteutusmallin avulla kohde on helpommin hahmotettavissa kokonaisuutena ja ristiriitaisuuksia voidaan ennakoida paremmin. Toteutusmallin käyttäminen helpottaa työnjohtoa ja kohde saadaan kerralla kuntoon. Lisäksi malli voi parantaa viestintää työmaalla. (Liukkonen, 2021) Infrakohteen virtuaalinen rakentaminen tietomallin avulla auttaa suunnittelijoita löytämään ja ratkaisemaan yhteentörmäyksiä suunnitteluvaiheessa. Sillä on suuri merkitys rakentamisvaiheessa, koska se vähentää rakennusvirheitä ja samalla aikataulun ylittymistä, kun virheiden korjaamiseen ei kulu aikaa. Tietomallin tarkastelu myös nopeuttaa työmaahenkilöstön perehtymistä projektissa. (Costin et al, 2018)

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa pyritään järjestelmällisesti tuottamaan alusta alkaen mallipohjaista aineistoa. Tiedon tehokkaamman hyödyntämisen takia tavoitteena on siirtyä avoimiin formaatteihin, kuten Inframodel tai IFC. Koko hankkeen ajan on tärkeää varmistaa, että kerran mallinnettu tieto on luotu siten, että se on käytettävissä helposti hankkeen seuraavissa vaiheissa. Tällöin tietoa ei tarvitsisi mallintaa montaa kertaa hankkeen eri vaiheissa. Tällä hetkellä tietomallinnusta hyödynnetään paljon suunnitteluvaiheesta rakentamisvaiheeseen, mutta kunnossapidossa se on vielä melko vähäistä. Tulevaisuudessa kunnossapitovaiheen tietomallinnus tulee kehittymään. Sitä varten rakentamisessa on oltava selkeät vaatimukset toteutumamallia varten, jotta sen hyödyntäminen kunnossapitoon helpottuu. (Perälä, 2020)

Kunnossapidon tietomallintamisen oleellisia osia ovat tiedon- ja omaisuudenhallinta. Aiemmissa vaiheissa tuotettu tieto on mahdollista siirtää eteenpäin kunnossapitovaihetta varten, joten tiedon säilyminen ja hyödynnettävyys varmistuu. Omaisuudenhallinta on tärkeää, koska sen perusteella saadaan tarkempia ominaisuustietoja esimerkiksi kohteiden kunnosta ja historiasta. Tällöin korjaustoimenpiteet voidaan tehokkaammin kohdistaa niitä eniten tarvitseviin paikkoihin. Tähän mennessä tietomallinnusta ei ole hyödynnetty kunnossapidossa paljoakaan, vaikka sen avulla kuntotietojen ja muiden ominaisuustietojen hallinta olisi helpompaa. Tietomallinnus tehostaisi omaisuudenhallintaa kunnossapidossa, joten sen kehittäminen tällä sektorilla on tärkeää. (Liikennevirasto, 2017) Costin et al. (2018) mukaan riittävä varmuus on ensimmäisenä tärkeysjärjestyksessä rakennusalailla ja tietomallin avulla voidaan saavuttaa suurempi varmuustaso infrahankkeissa. Säännöllinen kunnossapito tietomallin kanssa varmistaa infrarakenteiden toimivuuden ja riittävän varmuustason.

Avoimien tietomallintaminen (open BIM) voi tuoda merkittäviä säästöjä koko Euroopan rakennusteollisuuden kannalta. Vuoteen 2025 mennessä ennustetaan 15 – 25 % säästöjä inframarkkinoilla maailmanlaajuisesti tietomallintamisen käyttöönoton jälkeen. Suomalaisessa RASTI-projektissa tiedonhallinnan kustannussäästöiksi arvioidaan 300 miljoonaa euroa, jos tiedonkäsittely toimii sujuvasti. Lisäksi vuonna 2019 rakentamisen tuottavuuden kasvuksi on arvioitu noin 12 – 20 % seuraavan kymmenen vuoden aikana. Avoimen tiedonsiirron ja data-analytiikan mahdollistamiseksi tarvitaan investointeja alan standardointityöhön ja järjestelmiin. (Perälä, 2020) Tietomallintamisen käyttöönotto infasuunnittelun alkuvaiheessa ei ainoastaan vaikuta tuottavuuden parantumiseen, vaan myös johtaa kattavaan kustannus-hyöty analyysiin. Tällöin voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Tietomallintamisen soveltamista inframallintamiseen, rakentamiseen ja kohteiden käyttövaiheeseen on tutkittu kolmessatoista eri projektissa. Tutkimukseen sisältyi kymmenen infrastruktuurikohdetta ja kolme talorakennuskohdetta. Sen tuloksien perusteella tietomallintamisen avulla lopputuotteen laatu parani ja konfliktit vähenivät. Lisäksi suunnitteluratkaisuista saatiin yksiselitteisempiä ja suunnitelmien muutokset vähentyivät. Myös kustannusarvio oli 30 % tarkempi perinteisiin dokumenttipohjaisiin hankkeisiin verrattuna. Suurin hyöty tietomallintamisesta on hankkeen suunnitteluvaiheessa. (Sarkiene et al, 2020)

Sujuva tiedonkulku hankkeen eri osapuolten välillä on yksi oleellisimmista onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä. Tiedonhallinnan onnistumiseksi kaikkien tulee ymmärtää tieto samalla tavalla, tiedon on oltava jäsenelty sovitun mukaisesti ja tieto on saatavilla sovituksissa paikoissa. Lisäksi tietoja on pystyttävä muokkaamaan kaikkien osapuolten tarpeisiin sopivaksi ja sen on oltava helposti hyödynnettävissä kaikille. Mikäli tietomallintamisessa tiedonhallinta on sujuvaa ja tuotettua tietoa hyödynnetään kattavasti, voidaan välttyä ylimääräiseltä työltä. Mallinnuksessa pyritään säilyttämään hankkeen elinkaaren vaiheesta toiseen siirretty tieto. (Liikennevirasto, 2017) Tietomallia voidaan käyttää rakennuskohteen tietojen säilytyspaikkana. Yhtenä tietomallintamisen mahdollisena hyötynä nähdään luotettava ja reaaliaikainen tiedonkulku. (Ahankoob et al, 2022) Tietomallintaminen vähentää tarpeettoman ja päällekkäisen tiedon säilyttämistä. (Costin et al, 2018)

Tietomallintamisen mahdollistama kattavampi tiedon jakaminen ja päätöksenteko yhteistyössä voivat parantaa projektin työtehtävien tehokkuutta, koska esiin tulevien ongelma-kohtien analysointi on nopeampaa ja ratkaisuun voidaan päästä jo aiemmassa vaiheessa. Suunnitteluratkaisujen toimivuuden arviointi on myös selkeämpää tietomallin

pohjalta. Tietomallintamisen käyttöönotto voi myös edesauttaa rakennuskohteen osien esivalmistamisessa. Huomattava osa tietomallintamisen aikaansaamasta organisaatioiden välisen yhteistyön paranemisesta on suunnitteluvirheiden ja rakentamisvaiheen korjauksien väheneminen. BIM:in mahdollistaman tiedon jakamisen ja yhteistyön lisäämisen arvo voi myös näkyä hankkeen eri osapuolten tiedon ja asiantuntijaresurssien hyödyntämisen kautta. Tällöin voidaan saavuttaa suunnittelu- ja rakentamiskustannuksia tarkasti asiakkaan tarpeisiin vastaavasti pienemmillä rakentamiskustannuksilla ja paremmalla ympäristönsuojelun tasolla. (Cao et al, 2017)

Tietomallintamista voidaan hyödyntää myös aikataulujen suunnittelussa. Hankkeen eri työvaiheet voidaan tuoda tietomalliin, mutta siitä on sovittava etukäteen. Jotta työvaihesuunnittelun sisällyttäminen malliin toimii tehokkaasti, mallinnustyökalujen tulee voida käsitellä koordinaatiston paikkatietojen lisäksi aikaa. Työvaihesuunnittelu tie- ja rata-suunnitelmavaiheessa on tärkeää hankkeen toteutettavuuden kannalta. Vaikka tässä vaiheessa suunnitteluratkaisut ovat vielä alustavia, niiden perusteella hanke kytkeytyy olemassa olevaan väyläverkkoon. Työvaihesuunnittelun merkitys kasvaa rakennus-suunnitelmavaiheessa. Koska tietomallinnus tarkoittaa suunnittelua, hankkeessa kannattaa mahdollisesti luoda eri työvaiheista omia malleja, jotta toteutuksen haasteet saadaan paremmin ennakoitua. (Liikennevirasto, 2017) Ajan liittämistä kolmiulotteiseen tietomalliin voidaan kutsua 4D-malliksi. Sen avulla projektin osalliset, erityisesti omistajat pystyvät paremmin ymmärtämään rakennusvaiheiden järjestyksen visualisoinnin avulla. (Ahankoob et al, 2022) 4D-malli auttaa optimoimaan hankkeen aikataulutusta huomattavasti verrattuna vanhoihin toimintatapoihin. (Costin et al, 2018)

## **3.2 Tietomallintaminen hankkeen eri osapuolten näkökulmasta**

### **3.2.1 Tietomallintaminen suunnittelussa**

Huolellisesti suunniteltu kokonaisuus ja toimiva rakennus on tietomallihankkeen tavoite suunnittelun näkökulmasta. Mallintavaan suunnitteluun siirtyminen voi olla joillekin luontevaa, jos on tottunut hahmottamaan suunnittelukohdetta kolmiulotteisesti. Tietomallien avulla manuaaliseen työhön esimerkiksi pdf-kuvien jäljentämiseen, tulostamiseen tai tie-

donsiirron järjestämiseen käytettävää aikaa voidaan vähentää. Suunnittelu on tehokkaampaa ja panostus siirtyy sisällön tuottamiseen. Tietomallihankkeissa piirustuksia tehdään eri periaatteella kuin perinteisemmin dokumentoitavissa hankkeissa. Yleensä rakennuksen kokonaisvaltaisesta mallista saadaan tulosteita, joihin lisätään tarvittavia piirustusmerkintöjä kuten mittoja. Sisäiseen käyttöön tehdyt suunnitelmat eivät yleensä palvele hankkeen yhteisiä mallintamistavoitteita. Tiedonsiirtovaiheessa yhteiseen käyttöön menevät tietomallit tulee siistiä poistamalla niistä tarpeettomat asiat. Esimerkiksi määrälaskentaan tehdyistä malleista poistetaan havainnollistamiseen käytetyt naapuritonttien rakennukset, autot ja puut. (RT 10-10992) Suunnittelijoiden ja urakoitsijan välinen keskustelu on tärkeää, jotta suunnittelija saa selville mitkä kohteet ovat oleellisia mallintaa urakoitsijan työn kannalta. Lisäksi suunnitteluvaiheessa on mahdollista vaikuttaa kunnossapidon onnistumiseen. Esimerkiksi lumen auraamiseen ja huoltoajoihin on varattava tarpeeksi tilaa tietomallissa. (Liukkonen, 2021) Tietomallintamisen hyväksymiseen vaikuttaa henkilöstön taso. Usein ylemmän tason johdon on vaikeampi suhtautua mallintamiseen siirtymiseen hyväksyvästi alemman tason henkilöstöön verrattuna. (Jin et al, 2017)

### 3.2.2 Tietomallintaminen urakoinnissa

Urakoinnin kannalta tietomallintamisen tavoitteena on hyödyntää digitaalista aineistoa toteutuksen suunnittelussa sekä rakentamisessa. Tietomallista voidaan suoraan tuottaa tarvittavat mitta- ja määrätiedot. Tietomallinnettavassa hankkeessa toteuttajilla on usein enemmän mahdollisuuksia osallistua rakennuksen eri osien suunnitteluun. Urakoinnissa pyritään suunniteltujen toteutusratkaisujen huomioimiseen ja aikataulussa pysyvään rakentamiseen. Aikataulut, toteutustavat ja työvaiheiden suunnittelu ovat tehokkaampia tietomallipohjaisessa hankkeessa pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Tietomalleilla voidaan myös simuloida hankkeen rakentamisen etenemistä ja seurata toteutuneita työvaiheita. Mallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta sekä laskelmien sisällöt ovat oleellinen osa hanketta urakoinnin näkökulmasta. Rakennusosien muodostaminen tietomalleissa on myös mietittävä etukäteen. Urakoitsijoiden kannalta materiaali-, tuote- ja tarviketietojen tarkkuus hankkeen eri vaiheissa voi helpottaa työtä tietomallinnettavassa hankkeessa. Lisäksi hankkeesta saadaan usein helposti koneohjausmalli urakoitsijan käyttöön. Malleja voidaan käyttää eri osapuolten sekä eri tuote- ja järjestelmätoimittajien välisen työn hallintaan. (RT 10-10992)

Liukkosen vuonna 2021 toteuttamissa haastatteluissa urakoitsijoiden mielestä tyypillisellä mallipohjaisesti rakennettavalla työmaalla ei ole erityispiirteitä. Mallipohjaisuuden koettiin olevan usein tilaajasta riippuvaista ja mallinnus on yleisintä suuremmissa hankkeissa. Jos tilaaja valitsee hankkeeseen tietomallinnuksen, häneltä tulee myös vaatimukset mallin sisällöstä. Vaikka osa urakoitsijoista ei vielä ollut siirtynyt tietomallipohjaiseen rakentamiseen, heidän työmaillaan on käytössä koneohjausjärjestelmät ja suuremmissa urakoissa on käytetty koneohjausmallia. Mallipohjaisiin hankkeisiin siirtymisen haasteiksi koettiin työmaiden pieni kokoluokka ja mallipohjaiseen rakentamiseen liittyvä kustannuksien kasvu. (Liukkonen, 2021)

Työnjohdon kannalta haasteena tietomallien käyttämisessä on ollut mallin katseluun ja maastopaikannukseen tarkoitettujen laitteiden ja ohjelmistojen puutteellisuus. Lisäksi työmaalla haasteita ovat aiheuttaneet hitaat verkkoyhteydet. Tietomallien tiedostokoot ovat usein niin suuria, että niiden käyttäminen työmaalla on hankalaa. Joissain tietomalleissa on myös ollut parannettavaa, jos niitä on tehty rakentamisen aikana pienissä osissa. Työnjohdon kokemuksen perusteella koulutus tietomallin käyttämisestä työmaalla olisi hyödyllistä. (Perälä, 2020)

Suurin osa Liukkosen haastateltavista pitää kaksiulotteisia suunnitelmakuvia edelleen tarpeellisina. Tietomalli koetaan hyödyllisemmäksi, jos sen taustalla on käytettävissä kartta-aineistoa. Kaksiulotteiset piirustukset ovat työmaan henkilöstölle ennestään tuttu tapa esittää tietoa, joten niiden lukemista pidetään selkeämpänä ja nopeampana tietomalliin verrattuna. Toteutusmallin käyttäminen on kuitenkin helpottanut työjohtoa esimerkiksi työsuunnittelun, määrälaskennan ja perehdyttämisen osalta. Toteutusmallin avulla on voitu tarkemmin hahmottaa rakennettavaa kohdetta työmaalla. Dronen käyttämisestä on ollut työmaalla hyötyä työvaiheiden seurantaan, työnaikaiseen liikenteenohjauksen suunnitteluun ja laadunvalvontaan. Koneohjauksen avulla on saatu kustannus- ja aikataulusäästöjä kaivutöissä. Tietomallipohjaisen rakentamisen koetaan myös vähentävän mittautustöiden määrää. (Liukkonen, 2021)

Tietomallintamisen käyttöönoton hyödyt hankkeen urakoitsijoille ja suunnittelijoille eivät ole samanarvoiset. Mallintamisen tuoma työtehtävien tehokkuuden paraneminen on huomattavampaa urakoitsijoiden, kuin suunnittelijoiden kannalta. Suunnittelijoille hyöty ilmenee lähinnä työtehtävien vaikuttavuuden kasvussa. Tämä ero liittyy suunnittelijoiden

ja urakoitsijoiden erilaisiin rooleihin tietomallintamisen mahdollistamissa yritysten välisessä resurssien vaihtamisessa. Tässä työtehtävän tehokkuus termi kuvaa missä laajuudessa tehtävä on toteutettu määritellyssä aikataulussa tehtävään kohdennettujen resurssien avulla. Vastaavasti työtehtävän vaikuttavuus kuvaa missä laajuudessa tehtävä on toteutettu korkealaatuisin tuloksin, jotka täyttävät asiakkaan vaatimukset. (Cao et al, 2017)

Liukkosen haastattelujen mukaan osa urakoitsijoista käyttää omaa tietomallikoordinaattoria tai tekee koneohjausaineistot työmaalle itse. Monen mielestä suunnittelijan tehtävä on laatia koneohjausaineisto työmaalle. Vain yhden Liukkosen haastateltavan mukaan koneohjausaineiston laatiminen kuuluu urakoitsijalle, koska hän tuntee työmaan tarpeet aineistolle paremmin. Noin puolet haastateltavista kertoi, että urakoitsija ja suunnittelija tekevät yhteistyötä koneohjausaineiston laatimisessa. Mallin sisällöstä käydään vuoropuhelua, aineisto tarkistetaan ennen käyttöä ja tarvittaessa voidaan yhdistellä esimerkiksi eri väylien toteutusmalleja samaan tiedostoon ennen aineiston vientiä koneisiin. (Liukkonen, 2021)

Osa urakoitsijoista kokee koneenkuljettajien ammattitaidon tarkastella tilannetta työmaalla heikentyvän koneohjausmallin käyttöönoton jälkeen. Kokeneemmilla kuljettajilla, jotka ovat työskennelleet ilman koneohjausmalleja ajatellaan olevan parempi tilannetaju ja kyky huomata puutteita mallissa. Pelkästään koneohjausmallin avulla työskennelleiden kuljettajien ei ajatella osaavan löytää mahdollisia virheitä mallista. Uudemmat koneenkuljettajat saattavat sokeasti noudattaa virheellistäkin mallia. Yhtä suuren osan mielestä koneohjausjärjestelmän käyttöönotto ei aiheuta riskiä koneenkuljettajien ammattitaidon heikentymiselle. Perekäytöksessä tulisi korostaa koneenkuljettajien velvollisuutta ilmoittaa löytämistään ristiriidoista koneohjausmallin ja todellisuuden välillä. Toteutumistausten ottaminen on vaatinut opettelua koneenkuljettajilta, ja sen taso vaihtelee vielä jonkin verran. (Liukkonen, 2021)

Koneohjauksen hyödyntäminen rakentamisessa on yksi merkittävimmistä tietomallintamisen aikaan saamista eduista urakoitsijoiden kannalta. Sen avulla rakentamisen turvallisuus paranee ja voidaan saavuttaa kustannussäästöjä. Työmaan henkilöstön turvallisuuden kannalta on helpompaa, kun koneenkuljettaja pärjää koneohjausmallin avulla ilman rakennustyöntekijöiden apua. Koneohjauksen avulla voidaan saavuttaa taloudellista etua myös laadun parantumisen ja materiaalisäästöjen myötä. Esimerkiksi kaivutyö

on tarkempaa koneohjauksen avulla ja hukan määrä pienenee, kun liian syviä maaleikkauksia ei päästä kaivamaan. Myös tiivistyskalustossa voidaan käyttää koneohjausta. Koneohjausjärjestelmä saa jyrän keräämät tiiveysarvot ja ajantasaiset paikkatiedot. Tällöin ylityskerrat voidaan optimoida ja työn tarkentumisen ansiosta tuottavuus paranee. (Perälä, 2020)

Liukkosen haastattelemat urakoitsijat toivovat suunnittelijoiden kiinnittävän enemmän huomiota liittymien mallintamiseen. Niiden suunnitelmissa on ollut puutteita esimerkiksi eri pintojen taiteviivojen (reunakivet, ojien pohjat, päällysteen reunat) kohtaamisessa. Korkotasojen mallintamisessa on myös havaittu puutteita olemassa olevien rakenteiden suhteen ja eri mallien rajapintojen suhteen. Taiteviiva-aineiston toivotaan myös olevan tiheämpi kohdissa, joissa pintojen geometria muuttuu huomattavasti. Suunnittelijoiden tulisi myös haastateltavien mukaan olla tarkempia pintojen kolmionnissa, erityisesti kolmioiden suuntien ja tiheyden kanssa. Urakoitsijan työmäärää helpottaisi myös toteutusmallin ja pdf-kuvien yhteensopivuuden varmistaminen tarkemmin. Tietomalliselostuksen tulee sisältää ajantasaiset tiedot suunnitteluratkaisuista, joita ei ole mallinnettu. Rakenteet, joiden tulevaa sijaintia ei voida tietää tarkasti tulee myös merkitä malliin etukäteen sovitulla tavalla, jotta toteutusmallin käyttäjät erottavat ne varmoista sijainneista. Urakoitsijoiden mukaan mallissa ei välttämättä tarvita detaljitason asioita, jos on kiire saada malli ajoissa työmaalle. Liukkosen haastatteluiden perusteella monien urakoitsijoiden mielestä epävarman tiedon mallintamisesta pitää olla selkeät merkinnät tietomalliselostuksessa, tai sitten päätös sen mallintamisesta voitaisiin jättää työmaan päätettäväksi. Useiden urakoitsijoiden mielestä tietomallin yläpinnan ominaisuustietojen tarkentaminen parantaisi työn laatua, koska sen avulla pintarakenteiden pohjat saataisiin rakennettua suoraan mallin perusteella. Osan mielestä tietomallintaminen on vielä sen verran uutta, että on parempi keskittyä työn lopputuloksen laatuun ja mallien sisällön todenmukaisuuteen. (Liukkonen, 2021)

Rakentamisen kannalta tietomallinnus tuo monia hyötyjä työmaan toiminnan tehostamisen näkökulmasta. Työnaikaisten rakenteiden, kuten tukiseinien, toimintaa on mahdollista tarkastella etukäteen tietomallissa. Mahdollisiin ongelmakohtiin on helppo kiinnittää huomiota tietomallin avulla ja ne voidaan selvittää jo suunnitteluvaiheessa, mikä säästää aikaa työmaalla. Tässä vaiheessa mahdollisten muutosten tekeminen on paljon edullisempaa kuin rakennusvaiheessa tai rakenteiden jo valmistuttua. Mallipohjainen suunnittelu on erityisen hyödyllistä hankkeissa, joissa on mukana useampia eri tekniikkalajeja,

jolloin suunnitelmissa on paljon yhteensovittavaa. Työvaiheiden suunnittelussa ja työntekijöiden perehdytyksessä voidaan myös käyttää tietomallia havainnollistamaan tulevaa työmaata. (Perälä, 2020) Urakoitsijat pitävät usein tietomallintamisen suurimpana hyötyinä parempaa kustannustehokkuutta virheiden vähentämisen lisäksi. (Franz & Messner, 2019)

Perälän tekemissä haastatteluissa urakoitsijat kokevat tietomallintamisen suurimmiksi haasteiksi puutteet osaamisessa, eri osapuolten asenteessa ja tiedonhallinnassa. Koneenkuljettajia tulisi kouluttaa koneohjauksen käyttämiseen. Tietomallintamisessa tarvitsee parantaa eri osapuolten välistä yhteistyötä, jotta mallinnusta voitaisiin käyttää paremmin aikataulun ja kustannusten seuraamiseen. Tietomallien tarkastelu voi aiheuttaa informaatiotulvaa, jolloin työmaalla saatetaan miettiä liikaa mallissa olevia yksinkertaisia asioita, jotka olisivat kuitenkin käytännössä helppoja ratkaista työmaalla. Tietomallien tarkkuustasoon toivotaan kiinnitettävän enemmän huomiota, jotta mallia olisi helpompi käyttää työmaalla ja urakoitsijalle jää liikkumavaraa ongelmanratkaisuun. Jos mallipohjainen aineisto saataisiin yleisemmin käyttöön tarjouslaskentavaiheessa, tietomallia voitaisiin käyttää laskennassa enemmän. (Perälä, 2020)

Pelkästään urakoitsijan resurssit eivät välttämättä riitä mallipohjaisen toiminnan kehittämiseen. Työmaalla yhtenä suurimmista haasteista koettiin tiedonkulku tilaajan ja urakoitsijan välillä. Koska tilaaja ei välttämättä toimita tietomalleja urakoitsijalle, koneohjauksmallin tekeminen vaatii enemmän työtä rakentamisvaiheessa. (Perälä, 2020) Suurina haasteina tietomallintamiseen siirtymisessä koetaan yhteistyökumppanit, jotka eivät käytä tietomallintamista ja mallintamisen vaatimuksen puute tilaajalta. (Bosch-Sijtsema et al, 2017)

Työmaalla on yleensä valmius käyttää eri ohjelmistoja tietokoneella tai tabletilla tietomallien tarkastelua ja työn suunnittelua varten. Perälän haastattelututkimuksen perusteella urakkamuoto vaikuttaa ohjelmistojen käytön mahdollisuuksiin. Suunnittele ja toteuta -urakoissa yhteistyö urakoitsijan ja suunnittelijoiden välillä jatkuu koko hankkeen ajan, mikä mahdollistaa myös paremman tiedonkulun. Tällöin tietomallintamiseen liittyvistä toiveista keskusteleminen on sujuvaa ja aineiston tuottamiseen saadaan tarpeelliset resurssit. Perälän haastatteluiden mukaan urakoitsijat ovat yleensä kiinnostuneita uuden teknologian käyttämisestä, vaikka aiempaa kokemusta ei juuri olisikaan. (Perälä, 2020)

Liukkosen haastatteluissa esiin tulleita haasteita toteutusmallin käytössä ovat mm. mallin erot tontin nykytilanteesta, epävarman tiedon erottaminen mallista, suunnitelmien ajantasaisuus ja järjestelmien häiriötilat. Lisäksi eri koneenkuljettajien toteutumamittaukset voivat olla erilaisia, joka vaikuttaa toteutumamallin tarkkuuteen. Koneohjausjärjestelmissä voi olla katvealueita, joihin varautuminen on haasteellista. Työmaalla on myös haasteellista varmistaa mallin paikkansa pitävyys ja tunnistaa virheet ajoissa. Joissakin malleissa on ollut puutteita törmäystarkasteluissa. Digitaalisissa järjestelmissä mahdollisesti esiintyvien häiriötilojen selvittäminen vie aikaa ja välillä joudutaan odottamaan suunnittelijalta seuraavaa mallia työmaalle. Toteutusmallin käyttämisen haasteena on myös mallintamista hallitsevien työntekijöiden vähäinen määrä. Urakoitsijat ovat toivoneet avoimempaa keskustelua työmaalla tarvittavan mallin ominaisuuksista ja kohteen lähtötiedoista. Viestinnän parantamisella voitaisiin saada urakoitsijan näkökulma mukaan suunnitteluun, jolloin työmaalta saadaan ideoita toimivampiin ratkaisuihin. (Liukkonen, 2021)

Suurimpina tulevaisuuden tarpeina Perälän haastattelemat urakoitsijat ajattelevat tietomallien määräävän aseman ja siirtymisen tietomallien käyttöön laaja-alaisemmin. Nykyistä enemmän laitteita tietomallien katseluun työmaalla ja AR-tekniikan kokeileminen koetaan myös tarpeelliseksi. Uuden tekniikan käyttöön kaivattaisiin lisää koulutusta. Useat haastateltavat totesivat, että olisi tärkeää voida hyödyntää mallipohjaista aineistoa tarjouslaskentavaiheen aikana. (Perälä, 2020)

### **3.2.3 Tietomallintaminen rakennuttamisessa**

Tietomallinnetun hankkeen tavoitteena on rakennuttamisen kannalta tilaajan toiveet täytävä, hyvin suunniteltu ja johdettu rakennushanke. Lisäksi pyritään tuottamaan liiketoimintaan. Hankkeen päätöksentekoa voidaan helpottaa tietomallintamisella, koska hankkeesta saadaan monipuolisempaa ja luotettavaa tietoa. Tietomallinnuksen avulla hankkeen tiedonhallinta on kokonaisvaltaisempaa. Suurin edellytys hankkeen omistajille on sitoutuminen koko rakennuksen elinkaaren kattavaan tiedonhallintaan panostaminen. Lisäksi heidän tulisi osata määritellä tietomallintamisen tavoitteet ennen hankkeen aloittamista. Tietomallinnettavassa hankkeessa on myös tärkeää kytkeä hankkeen vaatimukset sen ohjaukseen ja varmistaa suunnitelmien vastaavan vaatimuksia. Tietomallinnuksessa tarvitaan usein enemmän suunnitteluresursseja jo hankkeen alkuvaiheessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvältä edellytetään kykyä aikaistaa suunnitteluresursseja ja

koordinoida hankkeen eri osapuolten toimintaa. Rakennushankkeen mallintamisen tavoitteet tulee määritellä riittävän tarkasti ja tarpeeksi aikaisessa vaiheessa. Rakennuttamisessa on kirjattava selkeästi mallintamiselta haluttavat tulokset. Erityisesti suurissa hankkeissa on varauduttava tietomallikoordinaattorin hankkimiseen, koska tietomallintamisen käytännön toteutus edellyttää teknistä erityisosaamista. (RT 10-10992)

Tilaaajan kannalta tietomallintamiseen siirtymisen suurimpia hyötyjä ovat hankkeen tehostuminen koko elinkaaren ajan ja tuottavuuden parantuminen Perälän tekemien haastatteluiden perusteella. Erityisesti tiedonhallinnan laadun parantuminen ja muuttuminen avoimemmaksi helpottavat työtä tilaajien osalta. Tietomallinnuksen avulla voidaan myös saavuttaa suunnitteluprosessin tehostuminen ja korkeampi laatutaso. Eri ratkaisujen keikeleminen tietomallissa virheiden vähentämiseksi on edullista myös tilaajan näkökulmasta, koska suunnitteluratkaisuja saadaan parannettua. Niiden avulla voidaan löytää nopeasti kustannustehokkain vaihtoehto. Koneohjauksen käyttö työmaalla parantaa toteumatietojen saatavuutta. Kokonaisuudessaan Perälän tilaajien haastatteluissa nousi esiin koko elinkaaren aikaiset hyödyt. (Perälä, 2020)

Huomattavimmat kehitystarpeet tilaajan näkökulmasta ovat osaamisen kehittäminen sekä toiminnan vakiointi ja kehittäminen koko elinkaaren ajan. Rakentamisvaiheesta kunnossapitoon siirrettävien tietojen laajuudesta on ollut epäselvyyksiä, mikä saattaa aiheuttaa sekaannuksia myös rakentamisen luovutusaineiston sisällön vaatimuksissa. Vaikka avoimien formaattien käyttöä vaaditaan tilaajan puolesta, ohjelmistoissa esiintyy puutteita standardien noudattamisessa. Tilaaajien kannalta myös standardoinnin kehitys koko infra-alan yhteistyönä on tärkeää. Perälän pitämistä haastatteluista käy ilmi, että tietomallinnuksen osaaminen on parantunut lähiaikoina, mutta mallintamista voitaisiin hyödyntää infra-alalla entistä laajemmin. Henkilöstön osaamisen taso voi vaihdella saman organisaation sisällä paljon. Jotta tietomallintamisesta saadaan kaikki mahdolliset hyödyt irti, ensin tulee saada vakioitua toimintatavat. Tuottavuutta saadaan parannettua enemmän, kun hankekohtaisten erityispiirteiden käsittelyyn ei kulu erikseen resursseja. (Perälä, 2020)

Tilaaajien mukaan ohjelmistoja ei ole saatu hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla infrahankkeissa Perälän haastatteluiden mukaan. Laitteet ja ohjelmistot ovat jatkuvasti kehityksessä ja samalla niiden hyödyntämisen mahdollisuudet paranevat. Jokaisessa

projektissa määritellään erikseen käytettävät ohjelmistot, johon tilaaja ei vaikuta paljoakaan. Toimintatavat vaihtelevat hankkeiden välillä, mutta monissa hankkeissa on käytössä vanhanaikaiset paperiset suunnitelmat ja perinteiset tilanneraportit. Uusissa tietojärjestelmäprojekteissa pyritään muuttamaan yleisiä toimintatapoja digitaaliseen suuntaan. Toimintatapojen kehittyessä myös tietomallintamiseen soveltuvien ohjelmistojen käyttö kasvaa. (Perälä, 2020)

Tilaajan kannalta tulevaisuudessa on tärkeää keskittyä kehittämään mallintamisen käyttämistä koko hankkeen elinkaaren ajan ja standardoinnin jatkokehitykseen. Avoimissa formaateissa olevien tietomallien jatkokäytössä on ollut haasteita formaattien ja ohjelmistojen puutteiden takia. Vasta mallipohjaisen hankkeen toimintatapojen vakiinnuttua ja standardoinnin valmistuttua tietomallintamisesta saadaan hyödynnettyä koko potentiaali. Avoimiin formaatteihin tulee edelleen kiinnittää huomiota, mutta infra-alalla olisi kaikista oleellisinta panostaa tietomallintamisen osaamisen ja teknologian kehittämiseen. (Perälä, 2020)

Liikennevirasto ja monet kaupungit painottavat tietomallinnusta tarjouspyynnöissä paljon enemmän kuin muut tilaajat. Tietomallin käsittelyä voisi helpottaa yhdistelmämallin laatineen konsultin tekemä pikaohje, jossa kerrotaan, kuinka mallia katsellaan eri suunnista, kuinka mallissa liikutaan ja kuinka tarkastellaan eri pintoja. Parhaiten tietomallintamiseen siirtyminen on toiminut yrityksissä, joissa on yksittäisiä asiantuntijoita, jotka jakavat tietoa muille yrityksen sisäisesti. Innokas ja innovatiivinen työntekijä, joka ajaa tietomallintamiseen siirtymistä on oleellinen osa mallintamisen osaamisen kehittymistä. Kunnat tilaavat usein suunnitelmia pienemmiltä toimistoilta, joiden osaaminen tietomallintamisen kannalta ei vielä ole parhaalla tasolla. Aiemmissa Plihtari-Siltasen pitämässä tilaajien haastatteluissa tulee ilmi, että yhtenä merkittävimpänä haasteena tietomallipohjaisessa tie- ja rakennussuunnitelmassa pidetään oman tietotaidon puutteita. Tietomallipohjaisessa hankkeessa tulee kiinnittää huomiota tarvittavaan teknologiaan. Mikäli tilaajalla ei ole mallin tarkasteluun vaadittavia ohjelmistoja käytettävissä, voi jäädä epävarmuutta mallin laadusta ja sen sopivuudesta koneohjausmallin tekemiseen. Tietomallipohjaisen suunnittelun riskeissä nousi esiin myös lähtöaineiston tarkkuustaso suunnitelman eri kohdissa. Esimerkiksi maasto- tai kalliopintamalli on tarkka vain mittauspisteiden kohdalla, joten niiden välille jäävä epävarma sijaintitieto tulisi voida esittää eri tavalla. Erityisesti putkijohtojen sijaintitiedossa voi olla virhettä, vaikka se näyttäisi mallissa tarkalta. (Plihtari-Siltanen, 2018)

### 3.3 Tietomallintamisen ja jakeluasemien tulevaisuus

#### 3.3.1 Tietomallintaminen tulevaisuudessa

Liukkosen haastatteleminen suunnittelijoiden perusteella tietomallintamisen käytön suunnittelussa uskotaan olevan arkipäivää vuonna 2026. Paperisten suunnitelmien ajatellaan poistuvan työmaiden käytöstä ja IFC-formaatin toivotaan yleistyvän. Tulevaisuudessa suunnittelu alkaa suoraan tietomallintamisesta ja mallitiedostojen koko on luultavasti nykyistä suurempi. Kunnossapitoon käytettäviä malleja kehitetään jatkuvasti ja tietomallintamisen tarpeet kunnossapidossa selkiytyvät tulevaisuudessa. Ohjelmistojen käyttöliittymiin toivotaan tulevaisuudessa selkeytystä, koska helppokäyttöisempien ohjelmien avulla mallien hyödyntämisen mahdollisuudet paranisivat tietomallipohjaisissa hankkeissa. (Liukkonen, 2021) Tulevaisuudessa ohjelmistoihin voitaisiin kehittää työkaluja, joiden avulla pystyttäisiin arvioimaan kestävään kehitykseen liittyviä projektin ominaisuuksia. Tällä hetkellä tietomallista voidaan selvittää ainakin ympäristöystävällisten materiaalien käyttöä. (Carvalho et al, 2019)

Liukkosen pitämässä urakoitsijoiden edustajien haastatteluissa tulevaisuuden näkymät vuonna 2026 sisältävät tietomallintamisen käytön kasvamisen työmailla. Työntekijöiden ammattitaito ja osaaminen kehittyvät luultavasti entistä nopeammin nuorempien sukupolvien kautta, jolloin tietomallin käyttäminen on yhä useamman päivittäisten työtehtävien joukossa. Tietomallintamiseen siirtyminen helpottaa urakoitsijoiden työntekoa ja sen avulla voidaan löytää uudenlaisia ratkaisuja ja toimintatapoja työmaalle. Liukkosen työssä haastateltujen urakoitsijoiden mukaan monilla työmailla on kiinnostusta myös AR-tekniikan kokeilemiseen tietomallinnukseen siirtymisen ohella. Urakoitsijoiden tulevaisuuden tarpeissa nousee esiin myös yhteisen tiedostoformaatin käyttö maa- ja betonirakentamisessa. Avoimen IFC-formaatin käytön yleistyminen helpottaisi kaikkia hankkeen osapuolia. Myös koneohjausjärjestelmissä olisi hyödyllistä käyttää samaa avointa formaattia. Tulevaisuudessa tietomallintamisen yleistyessä jokaisella infra-alan yrityksellä tulee mahdollisesti olla osaamista tietomallintamisesta, jotta pysyy infrarakentamisen kilpailussa mukana. (Liukkonen, 2021)

Kaikkien Perälän haastatteleminen hankkeen osapuolten mielestä tulevaisuudessa tietomallintaminen yleistyy merkittävästi. Urakoitsijoiden työmaajohdon mielestä olisi hyödyllistä kokeilla lisätyn todellisuuden teknologiaa työmaalla, esimerkiksi AR-lasien avulla. Työnjohdossa aiotaan hyödyntää tietomallinnusta yhä enemmän itsenäisesti työmaalla. Nykyisin ainoastaan tietomallikoordinaattorilla tai mittaushenkilöstöllä saattaa olla tietomalli käytössä. Eri ohjelmistojen odotetaan toimivan yhteen paremmin yhtenäisen nimikkeistön ja avoimien tiedostoformaattien käyttöönoton myötä. Standardoinnin ansiosta ohjeet ja vaatimukset tulevat olemaan yhdenmukaiset eri hankkeissa. Kaikkien hankkeen osapuolten näkemyksen mukaan nykyinen dokumenttipohjainen toimintatapa katoaa ajan kuluessa. Tietomallipohjaisiin hankkeisiin siirtyminen vie kuitenkin aikaa ja muutos vaatii edelleen paljon työtä. Työntekijöiden asenteet ja toimintatavat muuttuvat samalla, koska työtä aloitettaessa ei oteta paperikuvia mukaan vaan hankkeen tietomallin tarkastelu riittää. Alan nopea kehittyminen on mahdollista, koska muutaman viime vuoden aikana on jo tapahtunut paljon edistymistä tietomallintamiseen siirtymisessä infra-hankkeissa. Tulevaisuudessa tietomallintamisen standardit voivat suuntautua enemmän kansainvälisten tietomalliohjeiden mukaisiksi, erityisesti IFC-formaatin yleistyessä. Osassa Euroopan maita tietomallintamista koskevia tavoitteita on kirjattu lainsäädäntöönkin. Suomen tulee pysyä mukana kansainvälisessä kehityksessä ja kansallisten liitteiden kehittämiseen on kiinnitettävä huomiota kansainvälisissä standardeissa. (Perälä, 2020)

Tiedonhallinnan tulevaisuus suuntautuu pitkälti avoimia järjestelmiä kohti. Perälän haastatteleminen urakoitsijoiden mukaan kehitystyössä on kuitenkin haasteita. Urakoitsijoiden edustajien näkemyksen mukaan eri ohjelmistojen välinen kommunikointi on tärkeää. Avoimien tiedonsiirtoformaattien käyttö nopeuttaisi tätä. Yhtenä haasteena koetaan yritysten intressien puute avoimien järjestelmien kehittämiseen. Ohjelmistoyrityksillä on käytössä omia suljettuja tiedonhallintajärjestelmiä, koska siten asiakkaat on saatu sitoutumaan vain yhden yrityksen järjestelmän käyttöön, mikä takaa suuremmat voitot yritykselle. (Perälä, 2020)

### **3.3.2 Tietomallintamiseen siirtymisen esteet**

Perälän tekemien haastatteluiden perusteella tietomallintamista ei vielä hyödynnetä infra-hankkeissa parhaalla mahdollisella tavalla. Työmaalla tietomalleja käytetään lähinnä

työvaiheiden suunnitteluun ja koneohjaukseen. Tietomallintamisen laajemman käyttöönoton haasteina ovat olleet työntekijöiden osaamispuutteet ja hankkeen eri osapuolten yhteisen mielenkiinnon puuttuminen. (Perälä, 2020) Yritysten sisällä on vaikea omaksua uusia menetelmiä, pääasiassa perinteisen toimintatavan aiheuttamasta muutosvastarinnasta, joka kumpuaa puutteellisista tiedoista tietomallintamiseen liittyen. Lisäksi tietomallintamiseen siirtymiselle voi olla esteenä tarvittavat investoinnit uusiin ohjelmistoihin ja henkilöstön koulutukseen, joiden takia sopeutumisvaiheessa tuottavuus voi laskea joksikin aikaa. Eri ohjelmistojen välinen yhteentoimivuus ja normalisoinnin puute hidastavat myös tietomallintamisen käyttöönottoa. (Carvalho et al, 2019) Tietomallintamisen tuomista merkittävistä eduista huolimatta kaikki rakennusalalla eivät saa siitä yhtä lailla kiinni. Taidot ja kokemukset tietomallin käyttämisestä ovat suuressa roolissa tietomallintamisen käyttöönoton hyötyjen tunnistamisessa. Tutkimuksen mukaan urakoitsijat, joilla on yli kymmenen vuoden kokemus tietomallipohjaisista hankkeista käyttävät paljon todennäköisemmin tietomallia tiedon säilyttämiseen ja työmaan ongelmakohtiin kuten aluesuunnitelmaan verrattuna niihin, joilla on alle viiden vuoden kokemus. Taipumus välttää riskejä rakennusalalla on aiheuttanut esteitä tietomallintamisen täysimittaiseen hyödyntämiseen. Tulevaisuudessa tarvitaan lisää tutkimuksia tietomallintamisen käyttöönoton tuomista rahallisista hyödyistä, mikä voisi positiivisesti vaikuttaa tietomallintamisen laajempaan käyttöönottoon. (Ahankoob et al, 2022)

Tietomallintamisen käyttöönotto ei pelkästään vaadi useiden hankkeeseen osallistuvien yritysten yhteistyötä, vaan voi myös luoda yritysrajat ylittäviä vaikutuksia hankkeen onnistumiseen. Tietomallinnus tuo laajemman näkemyksen taustalla oleviin eri osapuolten yritysten resurssien vaihtamisen vaatimuksiin. Lisäksi mallinnus edesauttaa jäsenetelmään yritysten välistä yhteistyötä siten, että se tukee resurssien vaihtamista ja yhteiskäyttöä, mukaan lukien omistusoikeudellisia tietoja ja eri tekniikkalajien asiantuntemusta. Sen lisäksi että BIM:in käyttöönotto parantaa työtehtävien vaikuttavuutta sekä suunnittelu- ja rakennusvaiheen tehokkuutta, tutkimuksen nojalla mallintamisen käyttöönotosta saatavat hyödyt ovat suhteellisen laadullisia ja siten vaikeita mitata objektiivisen datan avulla. Jos hankkeen osapuolet voivat riittävästi vaihtaa tarpeellisia tietoja ja tehdä kriittiset päätökset yhteistyössä, heillä kuluu vähemmän aikaa lisäarvoa tuottamattomiin toimintoihin kuten viimeisimmän suunnittelutiedon odottamiseen tai muutettujen rakennussuunnitelmien tarkistamiseen odottamiseen. (Cao et al, 2017)

Henkilöstön toimintatavat perustuvat dokumenttipohjaiseen suunnitteluun, joka on todettu toimivaksi vuosien aikana ja sitä on vaikea lähteä muuttamaan. Tietomallintamiseen siirtyminen vaatii sopivan teknologian lisäksi toimintakulttuurin muutoksen. (Perälä, 2020) Myös Lindblad (2019) mukaan mallintamisen käyttöönotossa on haasteellista vaihtaa työskentelytapoja ja liiketoiminnan prosesseja. (Lindblad, 2019) Tuotanto infra-alalla ei vielä ole kokonaan mallipohjaista ja tietomallien laadunvarmistuksessa on kehitettävää. Tilaajien näkökulmasta ongelmakohtia aiheuttavat vakioinnin vajavaisuus ja hankkeen elinkaaren mallipohjaiset toimintatavat. Tietomallintamisen hyödyntämisestä kunnossapidossa ei vielä ole tarpeeksi tietoa. Vaikka alalla on kattavat ohjeistukset ja standardit ovat jatkuvassa kehityksessä, niin hankekohtainen sopiminen paikallisesti on edelleen suuressa osassa infrahankkeita. Suljetut järjestelmät aiheuttavat myös haasteita tietomallintamiseen siirtymisessä. (Perälä, 2020) Lindblad (2019) esittää tutkimuksessaan, että asiakkaan organisaation rooli tietomallintamisen edistämässä rakennus-alalla on merkittävä. Useiden tutkimusten mukaan julkisen sektorin asiakkailta on sellainen asema, että ne pystyvät ajamaan tietomallintamiseen siirtymistä. Kun asiakkaat ja sääntelevät viranomaiset alkavat vaatimaan tietomallintamisen käyttöä hankkiessaan konsultteja ja urakoitsijoita, keskustelussa on kyse laajemmasta tietomallintamisen hyödyntämisestä kyseisessä hankkeessa tietomallintamisen käyttöönoton sijaan.

Tietomallintamiseen siirtymiseen liittyvää muutosprosessia voidaan käsitellä toimijaverkkoteorian avulla. Se kuvaa kuinka yksittäinen toimija koittaa vaikuttaa muihin oman ymmärryksensä perusteella muutosprosessissa. Toimija voi olla inhimillinen tai ei-inhimillinen. Tietomallintamiseen siirtymistä voidaan tutkia kääntämisprosessina. Siinä johdettava toimija pyrkii luomaan toimijaverkon tietomallinnuksen ympärille, johon muut olennaiset toimijat liittyvät. Kääntämisprosessi koostuu neljästä osasta. Ensimmäisenä vaiheena on ongelman määrittely, toisena kiinnostuksen herättäminen, kolmantena hyväksyttäminen ja neljäntenä liittolaisten mobilisointi. Tutkimalla eri toimijoiden välistä kanssakäymistä ja toimijoiden liittymistä toimijaverkkoon voidaan paremmin selvittää mitkä asiat vaikuttavat kääntämisprosessiin, esimerkiksi tietomallintamiseen siirtymiseen. Toimijaverkko on vakaa, kun ongelmia ei enää korjata ja verkkoa ei enää tarvitse muuttaa. Verkoston elementit voivat sisältää tapoja, esineitä ja ajatusmalleja. Tietomallintamisen ympärille syntyvä toimijaverkko pyritään saamaan vakaaksi. Esimerkkiprojektissa, jossa Ruotsin liikennevirasto pyrkii siirtymään tietomallintamisen käyttöön, innokkaat projektipäälliköt loivat tietomallinnusverkoston ja sille oman keskustelufoorumin. Lisäksi projektissa luotiin sisäinen tietomallinnus-strategia ja useita tietomallintamiseen liittyviä sisäisiä ohjeita. (Lindblad, 2019)

Yksi huomattava ero rakennus- (pystysuuntainen) ja infrastruktuuriprojektien (vaaka-suuntainen) välillä on koordinaatisto, jota hankkeessa käytetään. Pystysuuntaisissa projekteissa, kuten talonrakentamisessa käytetään usein suorakulmaista (karteesista) koordinaatistoa yksittäisenä vertauspisteenä. Sen sijaan vaakasuuntaiset projektit hyödyntävät useita pisteitä ja kohdistuslinjoja viitteenä. Tämä ero koordinaatiston käyttämisessä on aiheuttanut esteen tietomallinsohjelmistojen käyttöönotolle liikenneinfrastruktuurien projekteissa, koska perinteiset CAD-ohjelmistot käyttävät lähinnä suorakulmaista koordinaatistoa. (Costin et al, 2018) Tietomallintamiseen siirtymisessä on useita teknisiä ja teknologiaan liittyviä haasteita. Niitä ovat esimerkiksi tietomallipohjaisen työnkulun puute infraprojekteissa, erot mittakaavassa ja yksityiskohtaisuuden tasossa talonrakennus tietomalleihin verrattuna. Lisäksi haasteita aiheuttavat ohjelmistojen välisen yhteentoimivuuden ja tiedonkulun puutteet, sekä vaatimukset paremman suorituskyvyn laitteistolle suuren tietomäärän hallitsemiseksi. Yhteentoimivuuden puute on teknisistä haasteista merkittävin infrarakentamisessa. Yhteentoimivuus voidaan määritellä yhden järjestelmän (esim. ohjelmisto, prosessi, työnkulku) kykyä toimia muiden järjestelmien kanssa ilman loppukäyttäjän työpanosta erityisesti järjestelmien välisessä tiedonkulussa. Lisäksi täysin yhteentoimivat järjestelmät eivät sisällä virheitä, laiminlyöntejä tai tiedon menettämistä, kun tietoja siirretään ohjelmistosta toiseen. Epäyhtenäisten ohjelmistojen ja alustojen yhteentoimivuus on edelleen merkittävä ongelmakohta tietomallintamiseen siirtymisessä. Liikenneinfrastruktuuriprojekteissa säännöllinen kommunikointi on tärkeää, ja ilman yhteentoimivien ohjelmistojen parantamista projektit voivat jumiutua tietojensaantipyynnöiden takia. Yhteisten standardien, kuten IFC-formaatin kehittäminen helpottaa suurimassa osassa yhteentoimimattomien ohjelmistojen aiheuttamissa haasteissa. (Costin et al, 2018) Objektien luokittelu väärin tietomallissa hidastaa suunnitteluprosessia ja vähentää ohjelmistojen yhteentoimivuutta. Uusien algoritmien kehittäminen automaattista luokittelua varten vähentää suunnittelijoiden manuaalista työtä ja parantaa ohjelmistojen välistä tiedonkulkua. (Wu et al, 2019) Kuvaan 4 on tiivistetty yleisiä haasteita tietomallintamiseen siirtymisessä liikenneinfrastruktuuriprojektin kannalta.

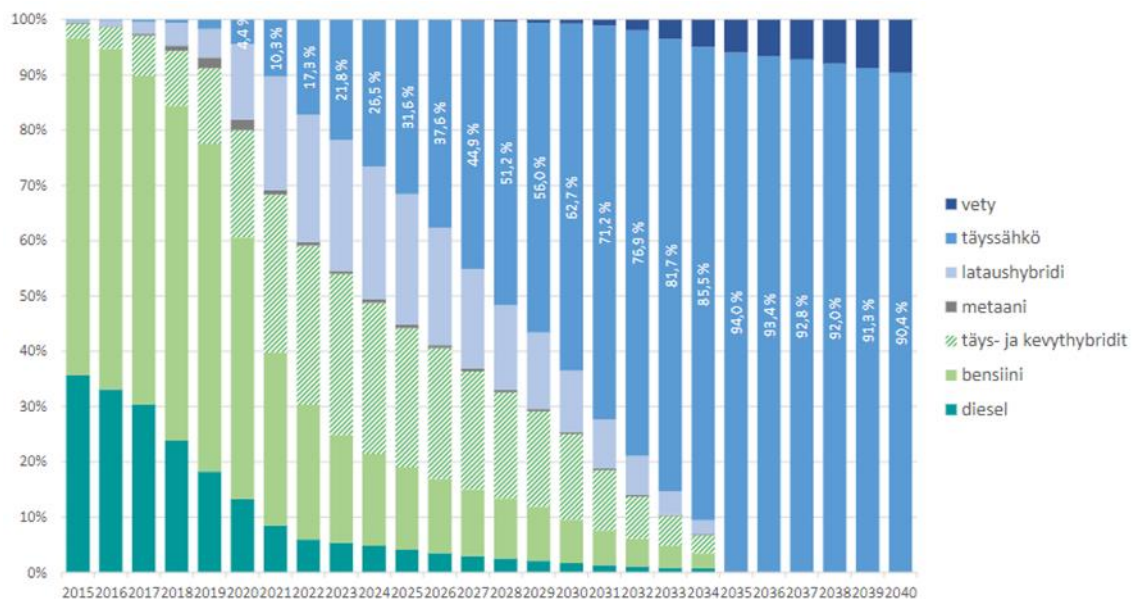


**Kuva 4 Yleisiä haasteita tietomallintamisen käyttöönotossa (muokattu Costin et al, 2018)**

Kuvasta 4 nähdään, että osaamiseen liittyvien haasteiden lisäksi tutkimuksissa on havaittu haasteita tiedonhallintaan liittyen. (Costin et al, 2018)

### 3.3.3 Jakeluasemat tulevaisuudessa

Fossiilisten polttoaineiden kulutuksen vähentäminen on merkittävässä roolissa jakeluasemien tulevaisuuden näkymissä. Kuvassa 5 on ennuste käyttövoimien osuuksista Suomessa.



**Kuva 5 Ennuste eri käyttövoimien osuudesta henkilöautojen ensirekisteröinnissä (Autoalan tiedotuskeskus, 2022)**

Kuvan 5 ennusteen mukaan täyssähköautojen kysyntä kasvaa huomattavasti, mutta vedyn ja metaanin osuudet jäävät alhaisiksi. Lähivuosina ladattavien hybridi-autojen saatavuus on parempi kuin täyssähköautojen, koska niissä on pienempi ajovoima-akku. Akkujen raaka-aineiden saatavuus hidastaa sähköautojen yleistymistä. Lisäksi akkujen elinkaareen ja kierrätykseen liittyy haasteita. Täyssähköautojen hankintaa kannustetaan esimerkiksi autoveron poistamisella ja täyssähköisten työsuhdeautojen kautta. Vuoteen 2025 mennessä täyssähköautojen osuuden ennustetaan nousevan noin 32 prosenttiin ja lataushybridien noin 24 prosenttiin. Jakeluinfran kehittäminen vaikuttaa merkittävästi käyttövoimamurroksen nopeuttamiseen. Henkilöautojen sähköistymisen ennustetaan olevan nopeampaa kuin raskaamman liikenteen ajoneuvokannan, koska henkilöautoja on mahdollista ladata kotona ilman suuria investointeja latauslaitteisiin. Erityisesti pitkän matkan kuorma- ja linja-autoliikenteessä jakeluinfra rajoittaa vaihtoehtoisin polttoaineisiin siirtymistä. Varikoilla, terminaaleissa ja muissa logistisissa solmukohtissa tulisi olla kattavampi latausverkko, jotta kuorma-autoliikenne sähköistyy. Kuorma-autojen lataaminen reitin varrella tulisi olla nopeaa ja sujuvaa, jolloin tarvitaan riittävän tiheää pikalatausverkkoa ammattiliikennettä varten. Takseja ja jakelupakettiautoja varten tulisi olla kevyen kaluston latauspisteitä kaupunkiseuduilla. Lähivuosina raskaiden yli 16 t kuorma-autojen polttoaineena yleistyy kaasu. Nesteytetty maa- ja biokaasu (LNG ja LBG) toimivat dieselin vaihtoehtoina, koska niillä voidaan ajaa yhdellä tankkauskerralla lähes yhtä pitkään kuin dieselautolla. Autokannan sähköistymisen ennustetaan etenevän paremmin vuoden 2025 jälkeen, koska akkuteknologia kehittyy ja akkujen valmistuskapasiteetti kasvaa. Kaasunjakeluverkko on Suomessa harva ja sähköautojen hinnan edullistuessaa kaasuautojen jäävät jälkeä kilpailukyvyssä. Kaasun jakelussa mahdolliset metaanihäviöt voivat heikentää kasvihuonekaasutasetta. Jakeluinfran laajentaminen on edellytys vedyn yleistymiselle liikennekäytössä, koska tällä hetkellä se puuttuu Suomesta kokonaan. (Fonseca, 2021; Autoalan tiedotuskeskus, 2022) Vedyn tuotanto polttoaineeksi vaatisi myös edullista uusiutuvaa sähköä. Vedyn arvioidaan yleistyvän käyttövoimana vuodesta 2026 eteenpäin. (Autoalan tiedotuskeskus, 2022)

Euroopassa on tutkittu vedyn jakelua multiasemilla, joilla jaeltaisiin monia eri polttoaineita. Esimerkiksi Viroon on rakennettu yksi multiasema. Vedyn jakeluun tarvittavia lupavaatimuksia ja riskinarviointimenetelmiä on tutkittu neljäntoista eri eurooppalaisen valtion välillä. (Fonseca, 2021) EU valmistelee muutoksia lainsäädäntöön, jotka mahdollistavat yhteisten vetyratkaisujen kehittämisen. Koska Suomessa voidaan tuottaa sähköä melko vähähiilisesti ja sähköverkko on laaja, vetytalous vaikuttaa mahdollisuudelta vähentää hiilidioksidipäästöjä. EU ohjaa myös vaihtoehtoisten polttoaineiden jakeluinfran

rakentamista. (Sivill et al, 2022) EU-komission vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönottoa koskevan asetuksen (Alternative Fuels Infrastructure Deployment, AFID) mukaista toimintaa ja vaihtoehtoisten polttoaineiden markkinoiden kehittymistä on arvioitu eri jäsenmaissa. (European commission, 2021)

Tulevaisuudessa koko infra-alalla pyritään kiinnittämään huomiota rakentamisen ympäristöystävällisyyteen. Jakeluasemilla voidaan lisätä viihtyisyyttä viherkattojen avulla, mutta niiden vaikutuksesta jakeluaseman ympäristöön ei ole tutkimustietoa. Kuvassa 6 on esitetty havainnekuva multiasemasta, jossa on käytetty viherkattoja.



***Kuva 6 Viherkatollinen multiasema (Bentzmann, 2020)***

Kuvan 6 jakeluasemaa on suunniteltu keskelle Ranskaa Île-de-Francen alueelle ja siellä aiotaan jaella LNG- ja CNG-kaasuja läheisen biokaasulaitoksen kautta. Multiasema on suunniteltu yrityspuiston viereen. (Bentzmann, 2020) Kuvasta 6 voidaan havaita, että esimerkkinä oleva multiasema on rakennettu tien varrelle ja sille on varattu melko paljon tilaa. Suomessa on tyypillisempää rakentaa jakeluasemat esimerkiksi kaupan parkkipaikan yhteyteen, jolloin tilaa rakentamiselle on paljon vähemmän.

## 4. TIETOMALLINTAMISEN TEKNISET VAATIMUKSET

### 4.1 Tietomallipohjainen hanke

#### 4.1.1 Tietomallintamiseen tarvittavat lähtötiedot

Suunnittelijoiden haastatteluiden perusteella tietomallintamiseen tarvittavien lähtötietojen sisältö on samankaltainen kuin perinteisissä kaksiulotteisissa piirustuksissa. Digitalisaation konsultti (H1) kertoi, että joka tapauksessa YIV:ssä lanseerattu lähtötietoaineisto, lähtötietojen keräämisen prosessi ja dokumentaatio ovat yhteistä lähtötiedoissa. 3D-suunnittelussa tulee lisäksi ottaa huomioon rakenteiden kooditus. Kaikki samat tiedot tarvitaan suunnitteluun tietomallintamisessakin. Suunnittelu lähtee tietomallintamisessa arkkitehdin mallista samalla tavalla kuin perinteisessä kaksiulotteisessa suunnittelussa aloitetaan arkkitehdin lähettämistä piirustuksista. Lähtötietojen tulisi olla oikeassa korkotasossa. Tietomallissa on tärkeää, että korkopisteisiin sisältyy tieto korkotasosta, ettei korkotieto olisi pelkkänä tekstinä tai korkopisteet nollassa. Lähes kaikissa suunnittelijoiden haastatteluissa nousi myös esiin jakeluasemien tonttien ahtaus. Sallitun tontin rajoissa pysymiseen vaaditaan lähtötiedoiksi erilaista paikkatietoa ja riittävän tarkka maastomalli. Ideaalitulanteessa olemassa oleviin verkostoihin liittyminen helpottuisi niiden 3D-mallin ja ominaisuustietojen avulla. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) kertoo:

*”Todellisuudessa olemassa olevasta infrasta on heikosti saatavilla tarkkaa sijaintitietoa ja vanhojen jakeluasemien putkiverkostosta on hankalaa saada täsmällisiä korkotietoja. Hankkeen alussa voi usein olla saatavilla pelkästään maanpinnan korko ja epämääräiset säiliöiden sijainnit.” (H5)*

Työmaalla on oltava taitoa epävarmuuksien sietämiseen ja usein joudutaan tekemään arvioita sijainneista, jotka paljastuvat vasta työmaalla kaivutyön aloituksen jälkeen. Jakeluasemasuunnittelijan 2 (H5) mukaan vanhojen verkostojen sijainneista ei ole saatavilla tarkkaa tietoa, jos niitä ei ole alun perin tarkemmitattu. Kaikista vanhimpien jakeluasemien maanalaisista rakenteista ei välttämättä saada mitään tietoa, jos niitä ei ole esitetty vanhoissa tiesuunnitelmissa tai loppupiirustuksissa. Työnjohtajan (H6) mukaan lähtötietojen puuttuessa putkilinjoja pystytään jollain tasolla havainnoimaan työmaalla, esimerkiksi kaivojen välillä menee useimmiten suora linja. Kaapelikarttojenkin sijaintitarkkuus voi olla puolen metrin luokkaa. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) kertoo, että uusien jake-

luasemien rakentamisessa on helpommin saatavilla oikeat lähtötiedot esimerkiksi verkoston ja jakelulaitteiden koroista. Mittareissa on oltava polttoaineet tietyssä järjestyksessä ja mittarityyppejä on erilaisia, jolloin lähtöaineiston saaminen ajoissa helpottaisi suunnittelutyötä. Lähtötietojen käsittelyyn ja selvittämiseen on varattava riittävästi aikaa, erityisesti jos on mahdollista mitata verkoston tai olemassa olevien rakenteiden sijaintia. Tämä vastaa YIV:tä, jonka mukaan lähtötietojen keräämiseen on varattava riittävästi aikaa.

Jakeluasemahankkeiden lähtötiedoissa tuli ilmi puutteet etukäteisessä suunnittelussa. Jakeluasemasuunnittelijoiden (H2; H5) mukaan tilaajat eivät aina ymmärrä, että kohteita on suunniteltava ajoissa ja lähtötietojen selvittämiseen on hankittava enemmän resursseja. Esimerkiksi pohjatutkimuksista tai kaivantojen suunnittelusta ollaan haluttomia maksamaan, koska ne vaikuttavat tilaajan näkökulmasta turhalta ylimääräiseltä kustannukselta. Tällaisen asenteen takia pohjatutkimukset voivat jäädä hyvinkin suppeiksi, vaikka laajempien lähtötietojen avulla välttyttäisiin pohjaolosuhteiden aiheuttamilta yllätyksiltä myöhemmässä vaiheessa. Työstä tulisi todellisuudessa kustannustehokkaampaa, koska virheitä työmaalla voitaisiin välttää suunnittelutyön tilaamisella ja tarkemmalla lähtötietojen selvityksellä. Jakeluasema-alalla kuitenkin edistytään asian suhteen koko ajan.

#### **4.1.2 Mahdolliset hyödyt tietomallintamiseen siirtymisessä**

Digitalisaation konsultti (H1) painottaa, että yhteensovittaminen on tärkeää tietomallintamisessa. Sen avulla voidaan tarkastaa, ettei eri tekniikkalajien kesken tapahdu törmäyksiä. Kolmiulotteinen malli auttaa ymmärtämään kohdetta paremmin oli sitten suunnittelija tai ulkopuolinen asiantuntija. Tietomallin toinen merkittävä etu on visualisointien tekeminen. Esimerkiksi asiakasvuoropuhelua varten voidaan esittää katu ympäristön muuttuminen tietomallin avulla paljon selkeämmin kuin teknisten piirustusten perusteella. Haastattelun vastaukset ovat linjassa Ahankoob et al (2018) tekemän tutkimuksen kanssa, jossa tietomallin havainnollistavuus todettiin suureksi hyödyksi. Karttakuvista ja leikkauksista on kuitenkin apua joka tapauksessa, koska riippumatta siitä onko katsojissa asiantuntijoita vai muita ihmisiä, kaikilla on silti erilainen mielikuva kokonaisuudesta. Tietomallintamisessa on tulevaisuudessa paljon mahdollisuuksia suunnitteluprosessin automatisoimiseen, mutta se vaatii paljon lisää kehitystyötä. Digitalisaation konsultti (H1) kertoo:

*”Tietomallintamisessa on paljon mahdollisuuksia, kuten määrälaskennan automaatio ja manuaalisen työn vähentäminen, mutta ne ovat edelleen lapsenkengissä.” (H1)*

Wu et al (2019) mukaan algoritmien kehittäminen automaattiseen objektien luokitteluun tietomalleissa voi vähentää manuaalista työtä suunnittelussa. LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan tietomallintamisen suurin hyöty on tilatarkastelussa. Esimerkiksi talotekniikan kannalta voidaan tarkistaa eri putkistojen mahtuvan niille varattuun tilaan. Tietomallintamiseen siirtymisen jälkeen ei ole tarvinnut erikseen piirtää leikkauskuvia, vaan tietomallista voidaan nähdä suoraan, risteääkö verkosto talon rakenteiden kanssa. Verkostosuunnittelu tarkentuu tietomallintamisen avulla, koska verkostojen tasapainotuksessa mallinnetaan putket samalla tavalla kuin ne asennetaan työmaalla. Toinen LVI projekti-insinöörin (H3) esiin nostama hyöty on asennusjärjestyksen tarkentuminen. Aiemmin kaikki suunnittelijat ovat lähettäneet urakoitsijoille vain 2D-piirustuksia. Sen jälkeen urakoitsijat ovat menneet asentamaan verkostoa mihin aikaan nyt sattuvat ehtimään, mistä on aiheutunut ongelmia, jos putkistoja ei ole suunniteltu asennettavan siinä järjestyksessä. Tietomallipohjaisessa hankkeessa työnjohtaja voi käydä katsomassa asennusjärjestystä tietomallista. Siitä näkee saman tien mikä putki on korkeimmalla, jolloin voidaan nopeasti sopia urakoitsijoiden kanssa, kuka tulee ensimmäisenä työmaalle asentamaan putkia. Kun työmaalla saadaan etukäteen mietittyä asennusjärjestys, hanke pysyy paremmin aikataulussa ja asentajat eivät kulje ristiin.

Geotekninen suunnittelija (H4) näkee suurimpana hyötynä tietomallin visuaalisuuden samalla tavalla kuin digitalisaation konsultti (H1). Tietomallia on nopeampi hahmottaa kuin paperisia suunnitelmakuvia. Geoteknisessä suunnittelussa tietomallista näkee suoraan oletetut maan- ja kalliopinnan muodot verrattuna perinteisten 2D-kuvien korkeuskäyriin. Erityisesti ulkopuolisille esiteltäessä 3D-mallista saa helpommin käsityksen projektista. Geoteknistä suunnittelua varten tehdään yleensä yhdistelmämalli, josta voidaan verrata perustuksien sijaintia kaivumalliin ja tarkastaa suunniteltu kaivun korkeustaso. Geotekninen suunnittelija (H4) kertoo, että ohjelmistoissa on yleensä erillinen työkalu törmäystarkastelujen tekemiseen. Tietomallintamiseen siirtyminen myös tarkentaa laskelmia, esimerkiksi kaivumalleista saa suoraan massalaskennan tulokset. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) näkee tietomallintamisen mahdollisena etuna ongelmakohtien ratkaisemisen jo suunnitteluvaiheessa. Tämä vähentää painetta työmaalla, koska rakentamisessa on yleensä tiukka aikataulu. Tietomalli myös auttaa havainnollistamaan työmaata. Esimerkiksi täyttöpäikalla autojen kääntösäteiden huomiointi olisi helpompaa 3D-kuvan perus-

teella. Usein käy niin että mitä enemmän tietoa saa, sitä enemmän aukkoja tulee. Muutostyöt ovat aina hankalia. PEK ja NOK muutostöissä eli öljynerottimen sekä näytteenotto- ja sulkuventtiilikaivon vaihdoissa tiedettäisiin etukäteen missä putket kulkevat, jos asemasta olisi tietomalli. Työnjohtajan (H6) mielestä ehdottomasti suurimpana etuna tietomallintamisessa on törmäystarkastelut eri rakenteiden ja maanalaisen tekniikan välillä. Hänen mukaansa urakoitsija käyttää koneohjauksessa 3D-mallia ja teettää maarakenteista mallit rakentamista varten.

Tilaaajan (H7) näkökulmasta tietomallintaminen vaikuttaa hyödylliseltä, koska sen avulla näkee osviittaa miltä tuote näyttää valmiina. Tietomallista saa kilpailutusta varten apuja määrälaskentaan ja samalla kustannuslaskenta helpottuu. Tietomallista voi myös nähdä ennalta tulevia haasteita eri rakenteiden kanssa. Mallin pohjalta voidaan laskea aikatauluja eri vaiheita varten, joita ei välttämättä tulisi esiin 2D-kuvista. Tilaaajan mielestä tietomalli antaa paremman tuntuman hankkeesta kuin dokumenttipohjaiset suunnitelmat. Tilaaaja (H7) esittää:

*”Määrälaskennan ja työmenekkien kautta saa yleensä laskettua ainakin jonkinlaisen aikataulun helpommin kuin dokumenttipohjaisessa hankkeessa.” (H7)*

Ahankoob et al. (2022) mukaan tietomallipohjainen määrälaskenta on tarkempaa dokumenttipohjaiseen suunnitteluun verrattuna. Tällöin kustannuksiakin voidaan laskea tarkemmin. Kustannusarvion tekeminen on luotettavampaa, kun tietomallissa on määritetty eri tarkkuustasot.

Kuvaan 7 on koottu tietomallintamisen mahdollisia hyötyjä haastateltavien näkemyksen mukaan.



**Kuva 7 Tietomallintamisen mahdolliset hyödyt**

Kuvasta 7 nähdään, että haastateltavien tunnistamat hyödyt ovat melko samankaltaisia kuin kappaleessa 3.1.3. Kysyttäessä haastateltavien mielipidettä tietomallintamisen mahdollisista hyödyistä esiin nousevat toistuvasti törmäystarkastelut, tietomallin havainnollisuus ja suunnittelun tarkentuminen.

### 4.1.3 Mahdolliset riskit tai haasteet tietomallintamiseen siirtymisessä

Digitalisaation konsultti (H1) esittää, että haasteena tietomallintamiseen siirtymisessä on tilaajan vaatimukset lopputuotteelle, koska ne ovat hyvin piirustuspainotteisia. Usein tarvitaan suunnitelmapiirustuksien lisäksi kaivokortteja ja muita erilaisia dokumentteja. Tällöin samaa tietoa toistetaan monessa eri paikassa ja suunnittelupuolella joudutaan tekemään paljon käsityötä. Ongelmana on, että pitäisi porukalla saada luottamus tietomalliin ensisijaisena tiedon säilytysvälineenä. Mallista saa kuitenkin otettua karttanäkymiä, leikkauksia ja määräluetteloita. Tällä hetkellä tietoa ylläpidetään monessa eri paikassa, esimerkiksi tietomallin lisäksi on excel-taulukkoja ja käsin editoituja kaivokortteja. Tiedon päällekkäisyys aiheuttaa suuria haasteita, koska mallintamiseen ei vielä luoteta. Piirustusten tekemiseen kuluu turhaa aikaa ja energiaa, koska vaatimukset viivapaksuuksista ja väreistä ovat hyvinkin yksityiskohtaisia. Nykyiset suunnitteluvälineet eivät tarjoa kaikkia mahdollisuuksia, joita pitäisi olla. Vaikka ne ovat 3D-mallinnuksen välineitä, ne eivät ole kovinkaan älykkäitä. LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan tietomallintamisessa suunnittelijan tulee kiinnittää erityistä huomiota korkotasoihin. Hän kertoo:

*”Tietomallintamisessa suunnittelijan tulee tosissaan miettiä korkoja. Joku vanhan liiton suunnittelija voi olla tästä närkästynyt, jos on tottunut katsomaan korot vasta työmaalla. Rakenteet tulee kuitenkin suunnitella suoraan sinne, mihin ne oikeasti menevät. Tietomallintamisessa suunnittelijan tulee olla enemmän hereillä.” (H3)*

LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan tietomallinnus on verrattain uusi juttu, joten kaikki tavat eivät ole vielä vakiintuneet ja kaikilla ei ole samanlaista toimintatapaa. Hän kertoo, että tietomallipohjaisten projektien luonnosvaiheessa on haasteita. Esimerkiksi joissain projekteissa tietomallinnuspalavereissa keskitytään liian suuren tarkkuustason asioihin jo alkuvaiheessa. Silloin risteilyt putkistoissa eivät ole merkittäviä, mutta loppuvaiheessa yksityiskohdatkin tulee olla kunnossa. Jos ollaan vasta miettimässä rakennuksen tilojen sijoittelua, ei tarvitsisi vielä kiinnittää huomiota putkien sijaintiin. Koska tietomallipohjaisia projekteja ei ole ollut paljoa, niin vakiintunutta toimintatapaa ei ole ja luonnosvaiheessa

voi kulua turhaa aikaa. Tietomallinnusprojekteissa tulee nimetä tietomallinnuskoordinaattori, joka kerää tietomallit yhteen ja jättää kommentteja niiden yhteensopivuudesta. Tietomallikoordinaattorin ammattitaito vaikuttaa paljon ja hänen tulisi ymmärtää joka alasta vähän, jotta hahmottaisi suunnitteluvaiheeseen sopivan tarkkuustason.

Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) pitää riskinä virheellisen tietomallin päätymistä työmaalle. Koska kaivinkoneet lukevat korkeustasoja koneohjausjärjestelmän avulla ja työmaalla ei ole mittausryhmää, niin kaivanto tehdään pelkän koneohjausmallin perusteella. Jos mallissa on virheitä ja työmaalla luotetaan sokeasti sen toimivuuteen, niin kaivannon korkotasosta voi tulla väärä. Geotekninen suunnittelija (H4) esittää yhtenä riskinä lähtötietojen saatavuuden tietomallia varten. Pinnan muodostamista maaperästä voi olla kairauksia vain tietyn matkan välein, joiden ulkopuolelle jäävät alueet ovat tietokoneen arvauksia. Havainnollistavaa tietomallia katsoessa on pidettävä mielessä pohjatutkimustietojen tarkkuustaso. Mallissa olevan pinnan korkeustasoja luulee helposti todellisiksi, vaikka tutkimuspisteiden väli on vain interpoloitu kairaustiedoista. Esimerkiksi kalliopinnan korkeustasossa voi olla huomattavasti vaihtelua pienelläkin pinta-alalla. Geoteknisessä suunnittelussa on ollut haasteita joidenkin tietomallien muokkaaminen. Esimerkiksi kaivumallien muokkaaminen on usein hidasta ja työlästä jos kaivanto on monimutkainen. Suunnittelija joutuu usein käsityönä poistaa osia kaivusuunnitelmasta ja tekemään ne uudelleen tietomallia varten.

Työnjohtaja (H6) näkee tietomallintamiseen siirtymisen riskinä suunnittelijoiden ammattitaidon puutteet. Hänen mukaansa mallia tekevän suunnittelijan pitäisi ymmärtää miten rakenteet tehdään työmaalla. ”Jos ei ole kokemusta työmaapuolesta, niin todennäköisesti mallista ei tule ainakaan jakeluasemien käyttöön sellainen kuin sen tarvitsisi olla”, hän selventää. Työmaalla on monimutkaisia rakenteita ja monta tekijää. Ei voida olla varmoja, että kuinka tarkasti työ voidaan suorittaa, vaikka tietomalli olisi yksityiskohtainen. Talopuolella rakentaminen on paljon helpompaa, kun seinät ja kiinteät rakenteet rajoittavat töiden tekemistä. Infrapuolella maanrakennustyöt eivät ole samanlaista millintarkkaa rakentamista kuin talopuolella. Erityisesti LVI-tekniikassa tietomallintamisesta on suuri etu, mutta silloin rakentamisessa on oltava seinät ja perusrakenteet tarkasti paikoinaan. Kaivinkoneella esimerkiksi täyttöjä tehdessä puhutaan kuitenkin senttimetrin eikä millimetrin tarkkuudesta. Putkilinjoja kaivettaessa voi olla hyvinkin haasteellista saada pohja täysin tietomallin mukaiseksi. Koneohjauksella se saadaan tehtyä jollain

tavalla, mutta lopulta siinäkin päädytään senttimetrin tarkkuuteen. Jos tietomalli on tehty liian tarkasti, se kostaatuu työmaalla. Työnjohtaja (H6) selventää:

*”Mallintamisessa tulisi muistaa toleranssit, esimerkiksi jakeluasemilla suojaetäisyyksiä ei tarvitse tehdä millin tarkasti. Niissä tarvitaan pelivaraa rakentamista varten. Ei siitä tule mitään, että siellä on mittamies heilumassa takymetrin kanssa pohjia tekemässä, eikä sellaista kustannuksetkaan suosi.” (H6)*

Työnjohtajan (H6) mukaan tietomallintamisessa ei kannata käyttää aikaa liian suuren tarkkuustason tavoittelemiseen.

Tilaaajan (H7) mielestä mahdollisia riskejä tietomallinnuksessa aiheuttavat eri tekniikkalajien yhteensovitus ja pelkästään tietomalliin luottaminen määrälaskennassa. Hänen mukaansa on haaste, jos tietomalliin eri mallinnetakaan jokaista rakennetta ja eri tekniikkalajien mallit pitäisi yhteensovittaa. Mikäli yhdistelmämallista jää virheellisesti poistamatta törmäilyjä, mallin pohjalta tehdyt piirustukset eivät vastaa suunniteltuja rakenteita. Työmaalla voi tällöin tulla törmäilyjä esimerkiksi eri putkistojen välillä, joita on todella työlästä korjata rakentamisvaiheessa. Toisena haasteena tietomallin avulla tehdystä määrälaskennasta ei saa absoluuttisia arvoja ulos, koska malli ei ota huomioon esimerkiksi hukkaa laskennassa. Rakennuttaja joutuu joka tapauksessa selvittämään hukka-prosentit itse, joka voi jäädä oman arvion varaan tai sitä pitää etsiä ratu-korteista. ”Vain ja ainoastaan tietomallin pohjalta laskiessa menee huonosti”, tiivistää tilaaja (H7).

Kuvassa 8 on esitetty haastateltavien kokemat riskit tai haasteet tietomallintamiseen siirtymisessä.



**Kuva 8 Mahdolliset riskit tai haasteet tietomallintamiseen siirtymisessä**

Kuvan 8 mukaan yhtenä haasteena on tilaajan intressien puute tietomallintamiseen siirtymisessä. Yhteisten toimintatapojen puute aiheuttaa myös haasteita siirtymisessä, mihin liittyy huomion kiinnittäminen vääriin detaljeihin tietomallipohjaisen suunnittelun alkuvaiheessa. Haastateltavat kokevat riskinä myös sokean luottamisen tietomalliin ja virheellisen mallin käyttämisen rakentamisessa. (H3; H5)

#### 4.1.4 Jakeluasemahankkeiden ominaispiirteet

Tilaajan (H7) mukaan Suomessa tehdään vuosittain paljon uusia asemia, mutta niitä myös korjataan yhtä paljon ja asemia puretaan jatkuvasti. Asemia ehkä puretaan yhtä paljon kuin rakennetaan. Tilaaja (H7) kertoo, että asemia saatetaan jopa purkaa suurempi määrä kuin uusia rakennetaan. Työnjohtajallakaan (H6) ei ole ajantasaisia lukuja, mutta hänen mukaansa uusia jakeluasemia tehdään tasaiseen tahtiin koko ajan. Tämän hetken taloustilanne on vähän hidastanut uudisrakentamista.

Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) kertoo yhdeksi jakeluasemakohteiden ominaispiirteeksi hankkeiden säädösperustan. Koska jakeluasemien suunnittelu on säädöksiin ohjattavaa toimintaa, säädösperusta vaikuttaa paljon enemmän suunnitteluun kuin muissa kohdeissa. Periaatteessa jakeluasemien suunnittelu on miljööön luomista, koska kohde on aina osa ympäröivää aluetta. Suunnittelun pettäessä voi aiheutua tuhoja ympäristölle, omaisuudelle tai ihmisille. Jakeluasemien suunnittelu on tavallista suunnitteluhommaa, mutta takaraivossa on oltava, että aseman suunnittelu ei ole mitä tahansa vesiputkien suunnittelua. Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) kertoo, että jakeluasemien suunnittelussa hallitsevin urakkamuoto on kokonaisurakka. Siinä tilaaja tekee sopimuksen yhden urakoitsijan, eli pääurakoitsijan kanssa. Pääurakoitsija hankkii mm. säiliöt ja asentaa putket, kun taas esimerkiksi sähköt ja ympäristörakentaminen tilataan aliurakoitsijoilta. Toinen urakkamuoto jakeluasemakohteissa on ollut jaettu urakka, jossa tilaaja kilpailuttaa erikseen maarakennusurakoitsijan, viemärointiurakoitsijan, polttonestelaiteurakoitsijan jne. Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) kertoo:

*”Samassa hankkeessa voi olla kuudesta seitsemään eri urakoitsijaa. Tätä urakkamuotoa on kuitenkin kritisoitu koska tilaajan äijät teettävät urakoita, jotta niillä olisi itselleen töitä. Jaetun urakan hallinta on tosi hankalaa verrattuna kokonaisurakkaan.” (H2)*

Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) mukaan kokonaisurakassa pääurakoitsijalla on enemmän vastuuta hankinta-aikataulusta verrattuna jaettuun urakkaan. Kolmas yleinen urakamuoto on KVR urakka, joka sisältää suunnittelun. Alliansseja ei ole ollut enää 80-luvun jälkeen. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) painottaa jakeluasemahankkeissa tarvittavien putkistojen määrää ja polttonestetekniikkaa. Perinteisesti piirtäminen on ollut todella tarkkaa. Esimerkiksi 2D-kuvissa putkistot merkitään eri paksuisilla viivoilla. Maanpäällisissä säiliöissä merkitään usein kahdella viivalla putken ääriviivat. Suomessa jakeluasemilla maanalaiset säiliöt ovat yleisempiä kuin maanpäälliset säiliöt, paitsi raskaamman liikenteen diesel-pisteillä, eli truck-pisteillä. Mallinnuksessa täytyy olla putken dimensiot tarkemmin selvillä 2D-kuviin verrattuna ja tekstiosioon tulee merkitä putkityyppi selkeästi.

Työnjohtaja (H6) esittää, että jakeluasemapuolella on omanlaista tekniikkaa ja erilaisia suojausrakenteita, joita on harvassa muussa kohteessa. Erityisesti maanalaista tekniikkaa on paljon, kuten esimerkiksi polttonesteputket ja kaasuputket. Pienelle alueelle mahdutetaan paljon tekniikkaa samalla kun pitää varmistaa asianmukaisten suojausrakenteiden mahtuminen tontille. Työnjohtaja (H6) kertoo:

*”Yleensä jakeluasemakohteissa pyritään saamaan asema mahdollisimman pienelle pinta-alueelle. Monesti kaupan pihaan tai parkkipaikalle varataan yksi nurkka jakeluaseman rakentamista varten.” (H6)*

Jakeluasemia rakennetaan harvoin täysin tyhjälle tontille. Työnjohtajan (H6) mukaan on ollut kohteita, joihin rakennetaan myöhemmin muuta ympärille, mutta yleensä asema tulee valmiille pihalle. Jakeluasemilla on paljon korjausvelkaa. Yhdessä menossa olevassa projektissa korjataan asemaa, johon tulee täysin uudet säiliöt ja uusitaan koko aseman tekniikka samalla. Yksi jakeluasemien ominaispiirre työnjohtajan (H6) mukaan on myös yleisesti alalla hyväksytyjen tyyppiratkaisujen käyttäminen. Niiden takia ei luultavasti ole hyötyä lähteä viemään tietomallia liian tarkalle tasolle. Alalla toimivat yritykset käyttävät useimmiten saman valmistajan tuotteita. Jokaisella öljy-yhtiöllä on käytännössä omat tyyppikuvansa jakeluasemien rakentamiseen. Liikkumavara jakeluasemien suunnittelussa on aika pientä, kun noudatetaan tyyppiratkaisuja. Tilaaja (H7) painottaa ominaispiirteissä myös ympäristötekniistä näkökulmaa samoin kuin työnjohtaja (H6) ja jakeluasemasuunnittelija 1 (H2). Hänen mukaansa ympäristötekniisten ratkaisujen lisäksi jakeluasemilla on erityistä myös polttonesteinfrastruktuuri. Jakeluasemien tekniset detaljit tulee tuntea hyvin tarkkaan ennen kuin voi rakentaa niitä, esimerkiksi kuinka

maan alle tulevat polttonestetekniset rakenteet on asennettava. Ympäristötekniinen vaatimus on jakeluasemien suurin ero muihin kohteisiin, koska Suomessa ollaan hyvin tarkkoja polttonestetekniikan suhteen.

Haastatteluiden perusteella suurimpina haasteina jakeluasemakohteissa ovat vähäinen käytettävissä oleva tila, maanalainen tekniikka ja osaamispuutteet. Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) kertoo, että suurimmat haasteet jakeluasemien suunnittelussa pohjautuvat maanalaiseen tekniikkaan. Polttonestesäiliöiden- ja putkistojen on mahdollista öljyistä vettä kuljettavien viemärointien sekaan. Tietomallinnus ja 3D-suunnittelu eivät itsessään ole hyviä ratkaisuja, mikäli jokainen tekijä ei ymmärrä jakeluasemien toimintaa ja 2D-kuvia. Hankkeen konteksti tulee olla hallussa ennen kuin lähdetään mallintamaan jakeluasemaa. Tietomallia tekevän suunnittelijan tulee hahmottaa käytännön asioita, kuten nesteen virtaussuunta sekä millä korkeuksilla putkistot ja laitteet ovat. Jakeluasemasuunnittelija 1 mukaan 3D-suunnittelussa tarvitaan enemmän tiimityötä. Perinteisesti alalla on yksittäisiä suunnittelijoita, jotka osaavat vain tietyn osa-alueen, mutta tietomallintamiseen siirryttäessä on oltava useampia ihmisiä mukana. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) esittää haasteiden liittyvän jakeluasemakohteisiin käytettävissä olevan tilan pienen kokoon. Jakeluasema liittyy tiiviisti ympäristöön erityisesti kauppojen läheisyydessä. Suunnittelussa on perehdyttävä suureen määrään polttonestetekniikan detaljeja ja lainsäädäntöä. Standardeja ja määräyksiä on noudatettava hyvin tarkasti. Varsinkin jakeluasemiin kytkeytyviin rakenteisiin, kuten sähköliitäntöihin liittyy paljon määräyksiä. Kaikilla asemilla tulee huomioida raskaan kaluston jakeluvaatimukset ja riittävä kääntymistila raskaan liikenteen ajoneuvoja varten. Ahtauden takia on keskityttävä kokonaisvaltaiseen suunnitteluun, koska on mahdollistettava ympäristöön liittyminen ja turvallisuusnäkökulma. Työnjohtaja (H6) ei koe pienen tilan aiheuttavan haasteita tekniikan soveltamiseen tontille. Hänen mukaansa enemmän ongelmakohtia tuo pienikokoisen työmaan ympärillä oleva muu toiminta. Tyypillisesti jakeluasemaa rakennetaan parkkipaikalla, jolloin vilkas ympäristö on heti työmaa-aidan toisella puolella. Työmaa ei saa vaikuttaa ympäristön, kuten parkkipaikan toimintaan, joten rakentaminen on ahdasta.

”Jakeluasemien rakennuttamiseen haasteita tuovat eri viranomaiset ja maaperän laatu”, kertoo tilaaja (H7). Vaikka samanlainen asema rakennetaan joka paikkaan, niin hankalaksi osoittautuva maaperä tuo haasteita. Suunnittelijoiden osaamisessa on myös välillä puutteita.

*”Hyviäkin suunnittelijoita on, mutta on myös sellaisia, jotka eivät ole montaa jakeluasemaa suunnitelleet. Heitä joutuu käsi kädessä opastamaan ja tarkistamaan kaikki heidän suunnitelmansa perusteellisesti, mihin ei ole kaikissa projekteissa aikaa.” (H7)*

Välillä tilaaja (H7) joutuu luottamaan suunnittelua valvovaan konsulttiin. Aloitteijoiden suunnitelmat eivät vastaa määräyksiä tai niissä on usein helppoja virheitä, jotka olisi voitu välttää hyvällä sisäisellä tarkistuksella. Jakeluasema-alalle pitäisi saada lisää kokeneita suunnittelijoita. Suomessa ei varsinaisesti ole mitään koulutusta, joka valmistaisi suoraan tämän alan töihin. Prosessitekniikassa ja LVI-alalla käydään jonkin verran erilaisia putkituksia läpi, mistä voi olla hyötyä jakeluasema-alan töissä. Koska itse jakeluasemiin liittyvää koulutusala ei ole Suomessa, niin aikoinaan ÖKA:n ja nyt FCG:n koulutukset (ympäristörakentamisen laadunvalvonta jakeluasemilla) ovat tärkeitä. Standardeja tulee luonnollisesti osata lukea ja niistäkin oppii huomattavan paljon. Vanhemmat suunnittelijat pitkälti opettavat nuorempia tälle alalle.

Jakeluasemien ominaispiirteet on koottu kuvaan 9.



**Kuva 9 Jakeluasemahankkeiden ominaispiirteet**

Kuvan 9 mukaisesti jakeluasemakohteissa on monia ominaispiirteitä, jotka tulee ottaa huomioon tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirtyessä. Jakeluasemien tyypillinen polttonestetekniikka, lainsäädäntö ja standardit sekä vähäinen käytössä oleva tila toistuvat monissa haastatteluiden vastauksissa.

### 4.1.5 Jakeluasemien kunnossapito ja saneeraus

Jakeluasemien kunnossapidosta ja saneerauksesta puhuttaessa Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) nostaa esiin tietomallintamisen havainnollisuuden. Kolmiulotteinen malli lisää tietoisuutta kohteesta. Jos olisi mallinnettu ahtaassa kaupunkiympäristössä oleva asema, mallista näkisi missä öljynerotin kulkee ja missä ovat polttonesteputket, joihin ei pääse käsiksi ilman kaivinkonetta. Suunnittelun tarkentumisen lisäksi tietomallintaminen voisi auttaa jakeluasemien kunnossapidossa. Jakeluasemasuunnittelijan 2 (H5) mukaan olemassa olevien maanalaisten putkistojen suurpiirteisen sijainnin voi saada, mutta korjausrakentamista varten tietomallista ei välttämättä ole paljon hyötyä. Jos maanalaiset säiliöt otetaan kokonaan pois ja rakennetaan uudet tilalle, niin mallinnus on hyödyllisempää, jos lähtötiedot ovat tarpeeksi tarkat. Maanalaisten rakenteiden tarkan sijainnin mittaaminen tulee kuitenkin yleensä kalliiksi. LVI-projekti insinööri (H3) sanoo, että ei osaa talopuolelta kommentoida tietomallintamisen hyötyä kunnossapidossa. Ainakin talotekniikan suhteen ylläpidettävät rakenteet löytyvät helposti paikan päältä, joten tietomalli ei yleensä kiinnosta huoltohenkilöstöä. LVI projekti-insinööri (H3) kertoo:

*”Ehkä jakeluasemahankkeissa putkikorot voidaan nähdä selkeämmin tietomallista. En usko, että kunnossapidossa on hyödynnetty tietomallinnusta tällä hetkellä paljoakaan.” (H3)*

Myöskään työnjohtaja (H6) ei näe tietomallinnuksesta jokapäiväiseen kunnossapitoon suurta apua. Ongelmatilanteissa ajantasaisesta mallista voidaan mahdollisesti selvittää nopeammin olemassa olevat rakenteet. Tilaajan (H7) mukaan vanhasta jakeluasemasta tehdystä tietomallista voi olla hyötyä korjaustöissä, koska siitä näkee mitä alun perin on rakennettu. Esimerkiksi talopuolella toimistorakennusten kunnossapidossa tietomalli voi olla hyödyllinen talotekniikan ja automaation takia, koska tällaisissa kohteissa hallittavan tiedon määrä on paljon suurempi. Jakeluasemakohteen tietomallista varmaan näkee korkotiedot, mutta en näe vielä tässä vaiheessa suurta hyötyä. Tietomallintamisen pitäisi edetä niin pitkälle, että mallista saa absoluuttista tietoa.

### 4.1.6 Jakeluasemien tulevaisuus ja uudet käyttövoimat

Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) mukaan uudet käyttövoimat tulisi huomioida yleisten suunnitteluohjeiden tai yhteisen standardin kautta. Suomen standardoimisliiton asiantuntijaryhmä on laatimassa uutta jakeluasemastandardia, jossa otetaan kantaa kaasun

ja sähkön jakeluun liittyviin asioihin, kuten suojaetäisyyksiin. Esimerkiksi bensiini ja sähkölataus sopivat huonosti samalle tontille ATEX-luokituksen takia, niistä voi syntyä räjähdysvaara. Standardista on tulossa 7. painos. Varsinaisia yhteisiä suunnitteluohjeita ei kuitenkaan vielä ole. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) kertoo, että tulevaisuudessa polttoaineet monipuolistuvat ja samalla turvallisuuskäytännöistä tulee monimutkaisempia. Käyttövoimien lisääntyessä tietomallinnus voisi auttaa esimerkiksi suojaetäisyyksien laskennassa. Niille voisi olla oma taso tai blokki tietomallissa, josta ne voisi tarkastaa suoraan. Ohjelmistoissa voisi olla sisäänrakennettuja ominaisuuksia uusien standardien tarkasteluun. Kun sähköautot yleistyvät, asemilla voi olla myös sähkönjakelu nestemäisten polttoaineiden kanssa. Polttonesteitä tulee erilaisia. Uusien polttoaineiden, kuten nestekaasun suojaetäisyydet kasvavat. Työnjohtajan (H6) mukaan sähköautojen huomioidussa ei ainakaan vielä ole muuta erikoista kuin vedetään uusia kaapeliputkireittejä latauspisteitä varten. Kuitenkin niin kauan kuin jakeluasemalla myydään fossiilisia polttoaineita ja siellä syntyy räjähdysvaarallisia kaasuja, latauspiste ei luonnollisestikaan voi olla kovin lähellä jakeluasemaa. Latauspisteet ovat käytännön syistä eriytettyjä, jotta latauspiste olisi parkkipaikalla kauempana jakeluaseman nurkasta. Toki kaasut ja biopolttoaineet ovat luonteeltaan erilaisia fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna, mutta sähköautojen latauspisteitä rakennetaan kaikista eniten tällä hetkellä. Kaasulla toimivia autoja ei vielä ole Suomessa kovin paljoa. Kuvassa 10 on virolainen multiasema.



**Kuva 10 Multiasema Virossa**

Kuvasta 10 nähdään, kuinka mittarikatoksen vieressä sijaitsee kaasunjakelu. Sähköautojen latauspiste on kauempana parkkipaikan toisella laidalla. Tilaajan (H7) mukaan uudet käyttövoimat täytyy varmasti ottaa huomioon jossain vaiheessa, mutta tällä hetkellä ne eivät ole vielä keskeisessä asemassa. Suomessa vaihtoehtoisia polttoaineita hyödyntävä autokanta on vähäistä siihen nähden, että kannattaisi miettiä käyttövoimia kovin pitkälle tässä vaiheessa.

## **4.2 Valmiudet tietomallintamiseen siirtymiseen**

### **4.2.1 Ohjelmistot tietomallintamisen käyttöönnotossa**

Digitalisaation konsultin mukaan infra-alalla suunnittelussa on yleisesti käytössä ohjelmistoja, kuten Tekla, Civil 3D ja Novapoint, jotka ovat tavallaan tietomallipohjaisia ohjelmistoja. Niillä kaikilla on pitkä historia, mikä tuo haasteita, koska jokainen ohjelma on valmistettu eri tavalla. Ohjelmistojen taustoissa ja niiden pohjalla olevissa tietomalleissa on eroja. Vaikka kaikista ohjelmistoista saadaan kolmiulotteista geometriaa suunnitelmia varten, niin yhdenmukaisen aineiston tuottamisessa on silti vaikeuksia. Digitalisaation konsultti (H1) kertoo, että Revit ohjelmisto voisi toimia hyvin Civil 3D ohjelmiston kanssa, jota on totuttu käyttämään jakeluasemaryhmässä. Vaikka Suomessa Revit ei ole yhtä laajalti käytössä kuin Tekla structures, niin se on yleensä hyvä kappaleiden mallintamiseen. Civil 3D toimii maarakenteisiin ja maantieteellisessä koordinaatistossa olevan tiedon käsittelyyn. Revit toimisi itse aseman ja katosten mallintamiseen. LVI projekti-insinööri (H3) kertoo, että jokaisessa tietomallipohjaisessa projektissa on käytetty Solibri ohjelmistoa. Talotekniikalla on käytössä Solibri ohjelma yhdistelmämalleja varten, johon voi jättää kommentteja. LVI projekti-insinööri (H3) ei osaa kommentoida saako suoraan aikataulujärjestystä suoraan ohjelmaan, mutta ohjelmassa on helppo jättää kommentteja. Asennusjärjestys tai aikataulu ovat enemmänkin työmaan hommia, siellä voidaan itse miettiä aika-taulutusta mallin pohjalta. Solibri ohjelmistossa kommentointi on toimivaa, koska kommenttia klikkaamalla malli siirtyy suoraan kohtaan, josta kommentti on tehty, joten ongelmakohtan sijainti saadaan selville nopeasti. Lisäksi suunnittelijat käyttävät paljon Teklaa, mikä nousi esiin myös digitalisaation konsultin haastattelussa. Geotekninen suunnittelija (H4) tarkensi, että Solibria hyödynnetään IFC-tiedostojen katselemiseen ja kommentointiin. Varsinkin talogeon puolella sitä yleisempi ohjelmisto on Trimble connect, jota voi käyttää myös projektipankin luomiseen. Tietomallipohjaisiin hankkeisiin käytetään usein Civil 3D ohjelmistoa yhdessä Novapoint soundings moduulin

kanssa pohjatutkimustietojen käsittelyyn. Novapoint ohjelmisto itsessään on ihan hyödyllinen esimerkiksi maanpintamallin tekemiseen.

## 4.2.2 Nimikkeistöt ja standardit

Digitalisaation konsultti (H1) kertoo, että infrapuolella rakennusosanimikkeistö ja infra-BIM-nimikkeistö on saatu hyvin käyttöön. Nimikkeistön kannalta mallinnus on jo melko toimivaa. Yleisesti ottaen YIV toimii kohtalaisesti, toki siinä on haastetta vaatimusten tulkittamisessa, vaikka sitä varten onkin ohjeita. YIV:n lukemiseen pitäisi olla tiukemmat määrittelyt, koska nyt sitä tulkitaan eri tavoin, joten aineisto ei ole harmonista. Kaikki eivät tiedosta nimikkeistöjä infrapuolella, vaikka se olisi tärkeää. Digitalisaation konsultin (H1) mukaan suurin osa käyttää kuitenkin vähintään infraRYL:ää tai infra-määrämittausohjetta. Kummankin pohjalla on infra-rakennusosanimikkeistö.

LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan talopuolella noudatetaan YTV2012 mukaista nimeämistä. CAD-ohjelmistoissa on valmiina YTV:n mukaiset tiedot eri rakennusosien attribuuteissa. Suunnittelija saa ohjelmiston valikosta valmiiksi standardin mukaiset tiedot tuotteesta. Kaikki eivät kuitenkaan tunne standardia tarkasti. LVI projekti-insinööri (H3) kertoo:

*”Vaikka ei lue standardia tarkasti, niin ongelmia ei tule, kunhan se ei vaikuta suunnitteluratkaisujen laatuun. Jossain vaiheessa, kun säännöt alkavat pysyä ihmisten muistissa niiden noudattamista aloitetaan seuraamaan tarkemmin.” (H3)*

Kaikkiin tietomallissa olevien rakenteiden attribuuttitietoihin ei vielä puututa kovin paljoa. Tilaajan (H7) mielestä jakeluasemia varten pitäisi luoda oma nimikkeistö, jos ajatellaan Talo2000 nimikkeistöä, joka on suoraan nykyisten tietomallien sisällä. Standardeista voisi saada nimikkeistön suoraan ja standardeja kehitetään koko ajan.

## 4.2.3 Tekniikan kannalta tarvittavat parannukset

Digitalisaation konsultin mukaan tekniikan kannalta tarvittaisiin puhtaalta pöydältä tehty uusi ohjelmisto. Kaikissa ohjelmistoissa on hyviä puolia, mutta kaikki vaikuttavat olevan ytimeltään kolmenkymmenen vuoden takaa ja ohjelmistoyritysten täytyy pitää kiinni kaikesta asiakkaistaan. Digitalisaation konsultti (H1) selventää:

*”Ohjelmia parannetaan kuorrutusta lisäämällä, mutta vanhat rasitteet säilyvät. Toki niillä saa tehtyä työt, mutta hirveästi tulee nippelinappeli-ominaisuuksia. Olen aistunut suunnittelijoiden olevan väsyneitä ohjelmistojen hienosäätöön.” (H1)*

Toisaalta tulee uutta teknologiaa, kuten laserkeilaus, jossa älykäs tieto korvataan pistemäärällä. Ne ovat erikoistuneet pisteaineistojen käyttöön ja ne tuovat aina vain enemmän pisteitä, joihin tavalliset ohjelmat tukahtuvat. Toisaalta tällä hetkellä kehitetään hienoja kuvaustekniikoita, mutta niissäkin on omat haasteensa. LVI projekti-insinööri (H3) kertoo, ettei tule suurempia parannusehdotuksia mieleen. Hän ei näe tekniikassa mitään suurta puutetta. Tietokoneista tulee tehokkaampia jatkuvasti. Olisi hienoa, jos tietomallinnus kehittyisi siihen suuntaan, että suunnitelmia voisi muokata yhdistelmämallissa. Suunnittelu olisi vielä tehokkaampaa, jos mallissa voisi työskennellä reaaliajassa ja muutokset päivittyisivät kaikille käyttäjille samaan aikaan. Tällä hetkellä eri tekniikkalajien suunnitelmat täytyy viedä takaisin omaan ohjelmaansa ja muokata siellä, jonka jälkeen se tuodaan uudestaan yhdistelmämalliin. Sitä käytetään vain suunnitelmien katseluun. Geotekninen suunnittelija (H4) esittää, että tekniikan kannalta mallinnuksen automatiikka esimerkiksi kaivumalleissa voisi toimia paremmin. Yksinkertaisissa malleissa se toimii melko hyvin, mutta monimutkaisemmissa malleissa on helposti kohtia, joita ei saa automaattisesti tehtyä oikein. Suunnitelmia joutuu manuaalisesti pyörittelemään ja joidenkin mallien muokkaaminen on tosi haastavaa ja hidasta. ”Osittain mallinnus on kuitenkin vielä uutta, joten varmasti mallintamiseen on työkaluja, joita ei vaan itse osaa vielä käyttää”, Geotekninen suunnittelija (H4) sanoo.

#### **4.2.4 Valmiudet tietomallin käyttämiseen työmaalla**

Työnjohtajan (H6) mukaan tietomallit pyörivät yleensä normaalilla tietokoneella aika hyvin. Hän kertoo, että

*”Työnjohdolta löytyy kyllä tekniset valmiudet tietomallin katseluun, mutta henkistä valmiutta ei välttämättä löydy kaikilta. Tekniikka ei aiheuta lisää vaivaa paperikuvien selaamiseen verrattuna, sen suhteen ei ole mitään ongelmaa.” (H6)*

Työnjohtajan (H6) mukaan paperikuvat ovat osittain tarpeellisia ja osittain eivät. Hänellä itsellään ei enää ole tapana ottaa paperisia suunnitelmia työmaalle, koska suunnitelmiin tulee aina muutoksia. Tällöin vanhoista revisioista ei ole paljoakaan hyötyä, ja paperikuva-sarjan ajan tasalla pitäminen on vaivalloista. Tällä hetkellä jakeluasemien työmailla hyödynnetään pääasiassa PDF- ja CAD-kuvia, joista on aina ajantasainen versio saatavilla. Työnjohtaja (H6) kertoo, että yrityksessä on tapana teettää mallit työmaalle pelkän

tasokuvan pohjalta. Tähän mennessä ei ole ollut käytössä valmista tietomallia mistä pystyttäisiin suoraan tekemään koneohjausmalli. LVI projekti-insinööri (H3) kertoo, että tietomallipohjaisissa hankkeissa työnjohtajalla on ollut erillinen konetti tietomallia varten, tai sitten toimistokonteissa on ollut erillinen tietokone tietomallin tarkastelua varten.

Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) kertoo, että tietomallin tietojen tulisi olla helposti käännettävissä 2D-kuviksi, jotta tarvittaessa voidaan lähettää työmaalle piirustuksia. Suunniteluohjeissa vaaditaan joka tapauksessa perus suunnitelmakuvat, mutta kolmiulotteinen suunnitelma on hyvä lisä jakeluasemaa varten. Jakeluasemasuunnittelijan 2 (H5) mielestä viranomaisilta ei voida vaatia ohjelmistoja tietomallien katselemiseen, koska se olisi yhteiskunnallisesti suuri kustannus.

Kuvaan 11 on koottu vastaukset tekniikan roolista tietomallintamiseen siirtymisessä.

sopivien ohjelmistojen valinta

ohjelmistoihin uusia ominaisuuksia vanhojen rasiitteiden päälle

työmaan valmiudet mallin katseluun yleensä hyvät

työmaalla nykyisin PDF- ja CAD-kuvia

tiedonsiirto ohjelmistojen välillä avoimella IFC-formaatilla

#### ***Kuva 11 Tekniikka tietomallintamiseen siirtymisessä***

Kuvan 11 mukaisesti tekniikan kannalta on olennaista valita konsulttitoimistolle sopivat ohjelmistot. Tietomallintamiseen siirtyminen ei ole kiinni työmaan valmiuksista tietomallin katsomiseen tai nimikkeistöjen toimivuudesta.

### **4.2.5 Haasteet tietomallintamisen käyttöönotossa**

Digitalisaation konsultti (H1) sanoo, että on ollut melkein masentunutkin tietomallintamisen osaamisen suhteen. Tietomallinnus vaatii kaikkien hankkeen osapuolten mukana olemista. Tällä hetkellä tietomallinnus meinaa jäädä vain yhden tekniikkalajin rooliin ja

kulkee hankkeessa kaiken muun rinnalla, koska tärkeintä on saada hyväksyttävät suunnitelmapiirustukset tehtyä. Projektinvetäjät ovat tottuneet tulkitsemaan niitä ja vetämään työtä eteenpäin niiden avulla. Vastaavasti tilaajat ovat tottuneet kommentoimaan piirustuksia. Vaikka suunnittelu on periaatteessa tietomallipohjaista, niin sitä ei hyödynnetä täysimääräisesti. Esimerkiksi kokouksissa ei käsitellä projektin etenemistä tietomallin avulla. Digitalisaation konsultti (H1) kertoo:

*”Tietomallinnus ei vielä ole valtavirtaa ja kaikki eivät ole siinä mukana. Tällöin siitä ei saavuteta täysiä hyötyjä.” (H1)*

Ympäristövaikutuksiin ja muihin vahvasti paikkatietoon pohjautuviin aiheisiin perehtyneet henkilöt pelästyvät helposti puhetta tietomallintamisesta. He hahmottavat asiat vahvasti paikkatietona ja karttanäkymänä. Digitalisaation konsultti (H1) esittää, että yhteinen piirre BIM:n (building information modelling) ja GIS:n (geographic information system) välillä on termin keskellä oleva informaatio. Molemmat käsittelevät tietoa, mutta vain vähän eri näkökulmista. Kaksiulotteinen paikkatietokin voi olla eri näköistä esitystavasta riippuen. Esimerkiksi kiinteistörajojen mallintamisessa on pohjimmiltaan kyse visualisoinnista, koska raja voidaan esittää seinämäisen tason muodossa tai viivana, joka pudotetaan maan pinnalle. Digitalisaation konsultin mukaan tietomallintaminen on osittain myös sukupolvihaaste. Mallinnus on hyvin vaikeaa henkilöille, jotka ovat tottuneet dokumenttipohjaiseen toimintatapaan alusta lähtien ja eivät osaa päästää irti vanhoista tottumuksista. Alalle tarvitaan nuorempia viemään asiaa eteenpäin. Digitalisaation konsultti (H1) painottaa projektipääällikkötasoa, tilaajia ja asiakaspuolta mallintamiseen siirtymisessä. Jos tilaaja oppisi pois vanhasta dokumenttipohjaisesta toimintatavasta, niin hankkeissa olisi matalampi kynnyks tietomallintamiseen siirtymiselle. Myös jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) painottaa tilaajan roolia hankkeessa. Hän kertoo, että oletettavasti tilaajat sanovat, että projektissa ei olisi tullut virheitä, jos olisi suunniteltu kolmiulotteisesti alusta alkaen. 3D-suunnitelmat eivät kuitenkaan itsessään poista virheitä suunnitelmista. Tietomallintamiseen siirtymisen on lähdeittävä tilaajataholta. Hilujen maksajan on oltava aloitteellinen, koska tällä hetkellä joudutaan myymään tietomallinnusta projektille hyvin vaihalloisesti.

LVI projekti-insinööri (H3) näkee yhtenä haasteena tietoteknisen osaamisen. Kolmiulotteinen hahmottaminen ja suunnitelmien lukeminen voi olla aluksi vaikeaa 2D-kuviin tottuneille henkilöille. Nuorempi sukupolvi hahmottaa 3D-malleja yleensä paljon nopeammin. Rakennusala on vielä aika konservatiivinen. Rakennuttajat, urakoitsijat ja suunnittelijat ovat todenneet, että näin homma toimii ja on totuttu tekemään vuosikymmenet

samalla tavalla. Uudempaan parempaan tapaan siirtyminen vie aikaa. Talopuolella tietomallintamiseen on totuttu jonkin verran ja sitä ei enää kauhistella niin paljoa. Asenteet ja totutut toimintatavat vaikuttavat huomattavasti. Tietomallintamisen opetteluun voisi auttaa joku työkaveri, joka hallitsee mallintamista paremmin. Suunnitteluun kuluu varmasti enemmän aikaa tietomallintamista opetellessa vanhaan tapaan verrattuna, mikä aiheuttaa turhautumista suunnittelijoille. LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan talopuolella tietomallintamiseen siirtyminen on pitkälti kiinni tilaajista. Hän selventää:

*”Alussa tietomallinnus koettiin kivaksi lisäksi, mutta melko tarpeettomaksi hankkeen kannalta. Sen jälkeen alettiin huomaamaan mallintamisen hyötyjä, mutta tilaaja ei suostunut maksamaan siitä ylimääräistä. Lopulta tajuttiin, että oikeastaan tilaajan ei tarvitsekaan maksaa ylimääräistä. Tietomallinnus tuo säästöjä, jolloin tilaajat ovat alkaneet vaatia hankkeen tietomallintamista, jotta säästetään kaikissa kuluissa.” (H3)*

Jos tilaaja ajaa tietomallinnusta, niin projekti täytyy mallintaa ja muutos tapahtuu joka tapauksessa. Tilaajille tulee esittää konkreettinen hyöty, LVI projekti-insinööri (H3) kertoo. Mikäli urakoitsija kertoo, että putkistojen sovittamisen kanssa tulee ongelmakohtia työmaalla, niin tietomallinnuksesta voisi olla apua. Kun mallinnus parantaa urakoitsijan töitä, niin tilaajakin herää, että putket ovat heti oikeissa koroissa ja lisätöiltä vältytään.

Työnjohtaja (H6) kertoo, että yrityksessä on kiinnostusta tietomallintamiseen siirtymiselle, mutta mallin pitäisi tulla tilaajan puolesta. Tietomallinnuksessa tahtoo olla lisäksi ongelma, että suunnittelutoimistot rahastavat sillä mahdollittoman paljon. Nykyään suunnitellaan aika pitkälti jo 3D:nä ja ei se mallintaminen viime kädessä lisää työmäärää kovin paljoa. Hinnassa se näkyy aika rajusti suhteessa siihen työmäärään. Vaikka mallintaminen helpottaa suunnittelijoiden työtä niin sitä kuitenkin myydään lisätyönä eteenpäin. Esimerkiksi talotekniikan puolella piirretään yleensä suoraan 3D-kuvat, joista pitäisi saada muodostettua tietomalli. Jakeluasemapuolella on varmaan sen verran vanhanaikaisia suunnittelijoita, että he varmaan piirtävätkin perus CAD-ohjelmistolla tasokuvia. Työnjohtaja (H6) kertoo:

*”Jakeluasema-alalla ei varmaan ole paljoa uusia sovelluksia käytössä, vaikka niistä olisi hyötyä suunnittelupuolelle. Uusien ohjelmistojen käyttöönottoa ei kuitenkaan haluta itse maksaa vaan koitetaan saada joku muu kustantamaan se. Bisnes on aina tehtävä, jos suunnitelmat saa tehtyä vanhalla tavalla niin mitäs sitä muuttamaan sitten.” (H6)*

Työnjohtajan (H6) mukaan muutama vuosi sitten yritettiin saada suunnittelijoita tekemään edes yksi jakeluasema 3D-mallintamalla, mutta se ei oikein lähtenyt liikkeelle. Ilmeisesti hankkeen tilaaja ei ollut halukas maksamaan ylimääräistä mallintamisesta.

Geotekninen suunnittelija (H4) pitää tekniikan kannalta haasteena ohjelmistojen opettelu. Hänen mukaansa ohjelmistot kehittyvät jatkuvasti ja niihin lisätään monia erilaisia ominaisuuksia, joita olisi mahdollista hyödyntää suunnittelussa. Niiden kaikkien oppiminen vaatisi suunnittelijoilta omaa kehitystyötä. Aina ei edes tiedä mitä kaikkia työkaluja on tarjolla 3D-suunnitelmia varten. Geoteknisen suunnittelijan (H4) mukaan tietomallinnus voi osittain hidastaa suunnittelua, mutta se riippuu esimerkiksi mallinnettavasta kohteesta ja muutosten määrästä suunnittelun aikana. Yksinkertaiset mallit kuten maanpintamalli tai saven alapintamalli voidaan tehdä nopeasti ja ne eivät vie oikeastaan yhtään enempiä aikaa. Tietomallin muokkaamiseen menee usein enemmän aikaa kuin perinteisten piirustusten. Mitä enemmän mallinnusta tekee, niin sen nopeammaksi siinä varmasti oppii. Toisena merkittävänä haasteena geotekninen suunnittelija (H4) kokee tietomallintamisen osaamisen. Vaikka on ohjeistusta tietomallintamiseen, niin välillä tulee silti tilanteita, joissa kuvittelee tekevänsä kaiken oikein mutta tietomalli näyttää lopulta vääränlaiselta. Ongelmatilanteiden ratkominen on hankalaa, jos ei tiedä mistä ongelma johtuu. Kaikki syötetyt tiedot voivat näyttää oikeilta, mutta tietomalli on silti vioittunut. Tämä haaste johtuu varmasti osittain siitä, että ei ole kokemusta tietomallintamisesta tarpeeksi, jolloin ei osaa löytää ratkaisuja. Ensimmäinen askel on aina koittaa kysyä muilta mallinnusta tehneiltä kollegoilta, että onko tullut samankaltaista ongelmatilannetta vastaan ja osaisiko joku auttaa. Geoteknisen suunnittelijan omalle osastolle on ollut apua toisen osaston suunnittelijasta, joka on pitänyt heille myös sisäistä koulutusta. Toisen osaston suunnittelija opasti ensin yhtä suunnittelijaa, joka jakoi tiedon koko geoteknisen suunnittelijan osastolle. Tällä hetkellä osastolla on jatkuvasti käynnissä joku tietomallinnettava projekti ja geotekninen suunnittelija (H4) näkee, että tietomallintaminen on alkanut yleistymään geoteknisessä suunnittelussa. Esimerkiksi stabilointisuunnitelmista halutaan usein vain 2D-kuvat, mutta silti ne ovat tapana mallintaa, koska kaikkien mielestä on helpompi tuottaa 2D-kuvat tietomallin pohjalta. Mallista saa stabilointimäärätkin suoraan. Vaikka tilaaja ei vaadi tietomallintamista, se on silti tehokkaampaa suunnittelijoille.

Koulutus on jakeluasemasuunnittelijan 2 (H5) mukaan yksi merkittävimmistä edellytyksistä tietomallintamiseen siirtymisessä. Tietojen on oltava saatavilla kaikille osapuolille

ja helposti käytettävissä. Lähtötietojen pitää olla helposti luettavissa ohjelmistoon. Lisäksi valmiin tietomallin tulee olla sellaisessa muodossa, että tilaaja voi vaivattomasti käsitellä sitä. Digitalisaation konsultti (H1) ja jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) painottavat että asiantuntija, joka lähtee vetämään tietomallintamiseen siirtymistä, on tärkeässä roolissa. Jonkun on tuettava tietomallintamiseen siirtymistä yrityksessä, ja muut tarvitsevat opastusta uuteen toimintatapaan. Kurssien pitäminen ja esimerkkitapausten esittely ovat Jakeluasemasuunnittelijan 1 (H2) mukaan olennaisia osia mallintamiseen siirtymisessä. Lähtötietojen merkitys on tilaajankin (H7) mielestä suuri. Jakeluasemien tietomallinnuksen kannalta tilaajilla pitäisi olla ehkä vielä paremmin lähtötiedot itsellään ylhäällä. Tilaa-ajan (H7) mukaan tietomallinnus kustantaa enemmän ja vie enemmän aikaa kuin perinteinen suunnittelu. Suunnittelulle ja toteutukselle pitää laskea läpimenoaika, ja sen lisäksi selvittää kustannuksia elinkaarelle. Tietomallinnuksesta aiheutuu hankkeen alussa, keskivaiheella ja lopussa kustannuksia. Tietomallinnukseen siirtyessä pitää miettiä kuka päivittää tietomallia, koska pitäisi olla erikseen henkilö, joka sitä päivittää.

Tietomallintamiseen siirtymisen haasteita on havainnollistettu kuvassa 12.

mallinnus jää yhden tekniikkalajin rooliin

kaikki osapuolet eivät ole mallintamisessa mukana

tietomallintamiseen siirtymistä ajava tahon

uusien toimintatapojen ja ohjelmistojen opettelu

suunnittelijat ja työnjohtaja painottavat tilaajan roolia

### ***Kuva 12 Tietomallintamisen käyttöönoton haasteita***

Kuvan 12 mukaisesti tällä hetkellä suurimmat haasteet liittyvät eri osapuolten osaamiseen ja uusien toimintatapojen omaksumiseen. Haastatteluiden vastaukset mukailevat suurelta osin kuvan 4 mukaisia haasteita.

## 4.3 Tiedonkulku

### 4.3.1 Ohjelmistojen välinen tiedonkulku

Digitalisaation konsultti (H1) kertoo olevansa mukana avoimen tiedonsiirron kehityksessä jonkin verran. Hänen mukaansa tiedonkulku eri ohjelmistojen välillä toimii jollain tavalla, mutta on vielä tehtävä töitä, jotta geometrian lisäksi saataisiin ominaisuustiedotkin siirtymään. Tällä hetkellä käytetään vielä ohjelmistojen omia natiiviformaatteja, tai sitten käytetään DWG-tiedostoja, joita digitalisaation konsultti (H1) ei laske tiedonsiirtoformaattiksi. Hänen mukaansa DWG-kuvien tekeminen on käsityötä, johon kuluu turhaa aikaa. DWG on tietyllä tavalla suljettu formaatti, koska se on Autodeskin omistama ja siitä ei ole julkista dokumentaatiota. Joillakin ohjelmistoilla kuten Trimble ja Autodesk on omia sisäisiä tiedonsiirtoa connector-sovelluksen avulla. Digitalisaation konsultti (H1) kuvailee formaatteja:

*”Villi viidakko. Asiakkaan kannalta on tärkeää vaatia lopputuotteet avoimessa formaatissa.” (H1)*

OpenBIM tarkoittaa, että käytetään avoimesti dokumentoitua, standardoitua formaattia tai tiedonsiirtotapaa. OpenBIM on avoimesti määritelty, ja sen lisäksi Inframodel ja landXML ovat tavallaan avoimia. LVI projekti-insinööri (H3) kertoo, että IFC-tiedostot ovat yleisesti käytössä. Kun kaikki tiedostot ovat IFC-muodossa ja ne tuodaan Solibriin, niiden alkuperäisellä tiedostomuodolla tai ohjelmistolla ei ole mitään merkitystä. Solibri lukee pelkästään IFC-formaatissa olevia malleja. Mallinnukseen käytettävällä ohjelmistolla ei ole merkitystä, kunhan se osaa muuttaa tiedoston IFC-muotoon. Kerran kokeiltiin, että kaikki mallintavat Revit ohjelmistolla ja siitä on tullut enemmän ongelmakohtia. Paras ratkaisu on, että jokainen tekee omalla ohjelmistollaan ja kaikki muutetaan avoimeen tiedostoformaattiin. Geoteknisen suunnittelijan (H4) näkemys avoimen formaatin käyttämisestä on samansuuntainen. Hänen mukaansa eri tekniikkalajien suunnittelijat tekevät suunnitelmat valitsemillaan ohjelmistoilla, jotka käyttävät ohjelmiston omaa tiedostoformaattia. Kun suunnitelmat viedään projektipankkiin ja tehdään yhdistelmämalli, niin kaikki tiedostot muutetaan aina IFC-tiedostomuotoon. IFC-tiedostoja on helppo verrata ristiin. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) kertoo, että tiedonkulun varmistamiseksi tietomallin pitäisi olla sellaisessa muodossa, että sitä voidaan käyttää suoraan työmaalla. Tehokkainta olisi muodostaa koneohjausmallit suoraan suunnittelijoiden mallista. Tietomallinnuksen tietojen ajantasaisuutta on ylläpidettävä, joten tulevaisuudessa ohjelmistojen pitää jutella ikivanhojen tietomallien ohjelmistojen kanssa. Tiedon yhteensopivuutta

uusimpien ohjelmistojen kanssa voi olla vaikea varmistaa. Tietojen luettavuus ei välttämättä säily.

### 4.3.2 Kommunikointi eri osapuolten välillä

Digitalisaation konsultin (H1) mukaan erityisesti isoissa tie- ja ratahankkeissa on massiivista tiedonhallintaa, johon tulee panostaa. Hankkeisiin liittyy myös prosessinäkökulma, koska jokaisen tekniikkalajin on toimitettava oma aineistonsa sovitun sisältöisenä ja oikeaan aikaan. Tietomallikoordinaattori valvoo yleensä tätä prosessia. Toimintatapojen sisään-ajo vie aikaa tietomallipohjaisissa hankkeissa. Kommunikointi hankkeessa on ensisijaisen tärkeää jakeluasemasuunnittelijan 1 (H2) mukaan. Perinteisesti tiedonhallinnassa ja koulutuksissa kiinnitetään huomiota yritysten väliseen kommunikointiin tai tiedottamiseen ulkopuolisille sidosryhmille. Hankkeen eri vaiheissa pidetään paljon kokouksia ja vastaanottotarkastuksessa välitetään paljon tietoa eteenpäin. Suunnitteluvaiheen raportointi on täysin hankkeen vetäjän vastuulla. Viime vuosina urakoitsijalta ja valvojilta on edellytetty viikkoraportointia. Urakkavaiheessa eri osapuolia yritetään sitouttaa kommunikaatioon, joka on yhdensuuntaista. Tietoa välitetään mutta ei varmisteta, että se on mennyt perille. Tiedon välitys on lähinnä suunnittelukokousmuistioiden jakelemista.

Kommunikointi on aina haasteellista varsinkin isoissa hankkeissa, kertoo jakeluasemasuunnittelija 2 (H5). Sujuva kommunikointi yhteisellä kielellä ja samalla tarkkuustasolla pitäisi olla hyvä pohja hankkeelle. Siihen pitäisi keskittyä jo aikaisessa vaiheessa. Suunnittelijat voisivat esitellä suurpiirteisiä ratkaisuja, joita voitaisiin näyttää tilaajalle. Esimerkiksi alkuun voidaan miettiä, tuleeko jakeluasemalle maanalainen vai maanpäällinen säiliö. Jokainen on yleensä oman kuvittelunsa varassa, mutta 3D-kuvasta näkee ratkaisun paljon selkeämmin. Tilaajakin näkisi, että jakeluasemien suojaetäisyydet vievät tilaa ja voidaan varmistaa tilan riittävyys projektissa. LVI projekti-insinööri (H3) sanoo: ”Tilaaja on ottanut rakennuttajan, jotta ei tarvitse jutella suunnittelijoiden kanssa.” Hänen mukaansa rakennuttajasta eteenpäin kaikki kommunikointi on hyvin nopeaa varsinkin koronan jälkeen. Teamsissa voi näyttää ongelmakohtaa muille projektin jäsenille ja se korjataan heti. Aikaa ei kulu enää sähköpostien lähettelyyn.

Työnjohtajan (H6) kokemusten mukaan tiedonkulku toimii hankkeissa tällä hetkellä. Kommunikointiin vaikuttaa myös huomattavasti hankkeessa toimivat henkilöt. ”Riippuu

suunnittelijoista ja valvojista jonkin verran”, kertoo työnjohtaja (H6). Hän sanoo olevansa herkästi yhteydessä suoraan projektin suunnittelijoihin. Geoteknisen suunnittelijan (H4) mukaan mallinnettavat kohteet sovitaan erikseen ja tietomallikoordinaattorit pitävät palaveria, joissa sovitaan käytännön asioista. Jokaisella suunnittelualalla on oma tietomallivastaava, joka tekee tietomalliselostuksen. Palavereissa tulee käydä läpi käytössä olevat koordinaatit ja kohdistuskuutioiden tekeminen. Tilaajan (H7) mielestä kommunikointi toimii suurimmaksi osaksi eri osapuolten välillä. Sitä painotetaan paljon. Informaation kulku on yksi tärkeimmistä asioista mitä pitää ottaa työmaalla huomioon.

### 4.3.3 Eri osapuolten välisen kommunikoinnin parantaminen

Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) esittää, että tehokas keino kommunikointiin voisi olla urakoitsijan viikoraportin pohjalta pidetty viikottainen Teams-kokous, jossa käytäisiin kaikkien kanssa läpi projektin tilanne. Raportoinnista hän kertoo:

*”Vaikka suunnittelija tekee kuinka hienoja raportteja, ei voi varmistaa onko tilaaja tai urakoitsija lukenut ja sisäistänyt tiedot. Kommunikointiin on panostettava, mikä vie aikaa mutta lopulta tehokkaampaa toimintaa.” (H2)*

Jakeluasemasuunnittelija 1 (H2) mukaan kommunikoinnin tapa ja säännöllisyys tulee sopia aloituksessa ennen urakoitsijan ja suunnittelijan valintaa. Kommunikointiin pitää sitoutua koko hankkeen ajaksi. Viikkoraportin teko ei olisi urakoitsijalle niin vaivalloista, jos niiden pohjalta olisi joka viikko kokous. Muutaman kerran on käynyt niin, että viikon jälkeen työmaan käynnistämistä kysytään viikkoraporttia ja urakoitsija sanoo, ettei tiennyt, että semmoista raporttia on pyydetty.

## 5. ERI OSAPUOLILTA VAADITTAVA OSAAMINEN

### 5.1 Tietomallintaminen suunnittelun näkökulmasta

#### 5.1.1 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelussa

”Tietomallinnus tuo varmuutta kokonaisuuden hahmottamiseen”, painottaa digitalisaation konsultti (H1). Plaanikuvaa ja leikkausta voi pyöritellä ajatuksissaan, jolloin jokaiselle muodostuu hieman erilainen mielikuva. Mallinnuksessa rakennetaan tilanne ohjelmistolla, jolloin kaikille tulee samanlainen käsitys. Ohjelmassa oleva malli on yksiselitteinen ja siitä on helppo selittää asioita toisille verrattuna 2D-suunnitelmaan. LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan tietomallintaminen ei ole yhtään hitaampaa kuin dokumenttipohjainen suunnittelu siinä vaiheessa, kun ohjelmistoja on käyttänyt tarpeeksi kauan. Tietomallinnus on vain erilainen tapa esittää suunnittelukohte. Suunnittelutavasta riippumatta putkistoista on mitoitettava ja piirrettävä tasan samat asiat, mutta tietomallissa ne esitetään tarkemmin. Piirtämiseen kuluu ehkä hieman lisääaikaa, mutta tietomallinnus on niin hyödyllistä, että huomattava osa suuremmista projekteista mallinnetaan. Periaatteessa tietomallinnus ei ole kovin monimutkaista, koska kaksiulotteiseen kuvaan tulee vain yksi ulottuvuus enemmän, kun korot merkitään suunnitelmaan. Lisäksi ohjelmaan viedään lisätietoja kohteesta. LVI projekti-insinööri (H3) uskoo, että tietomallinnus alkaa yleistymään myös suuremmissa jakeluasemahankkeissa.

Jakeluasemasuunnittelijan 1 (H2) mukaan tietomallinnus on hyödyllistä suunnittelijoille, koska palavereissa voidaan helpommin keskittyä ongelmakohtiin ja purkaa ongelma ennen kuin se jää työmaan tehtäväksi. Geotekninen suunnittelija (H4) kertoo, että suunnittelussa tietomallinnuksen suurin hyöty tulee törmäystarkasteluista muiden tekniikkalajien kanssa, mikä mukailee työnjohtajan (H6) vastauksia. Yhdistelmämalli on helppoa koota. Sen pohjalta voidaan verrata suunnitelmia paljon selkeämmin kuin 2D-kuvien avulla, joiden tiedostoissa voi olla lukematon määrä referenssejä muilta tekniikkalajeilta. Haastatteluissa esiin nousseet hyödyt törmäystarkasteluista vastaavat aiempia tutkimuksia tietomallintamisesta, joiden mukaan suunnitelmien yhteensovittaminen on tärkeää. (Liikennevirasto, 2017; Costin et al, 2018) Geoteknisen suunnittelijan (H4) mukaan maalajirajojen mallintaminen on mahdollista, mutta ei kovinkaan yleistä. Useimmiten mallinnetaan saven alapinta, jota voidaan hyödyntää pohjanvahvistuksessa. Kerrosrajojen mallintamisesta ei välttämättä ole hyötyä, koska kairausleikkauksesta näkee ne nopeasti.

## 5.1.2 Tietomallintamiseen siirtymisen vaatimukset suunnittelijoille

Muutosten hallinta on tärkeää tietomallintamisessa ja yleisesti 3D-suunnittelussa, kertoo jakeluasemasuunnittelija 1 (H2). Suunnitelmien tarkka yhteensovittaminen on merkittävää projektin onnistumisen kannalta. Esimerkiksi kaivon tai täyttöpaikan sijainnin muuttamisella on suuri vaikutus ja suunnitelmat täytyy päivittää. Tällöin suunnittelijoiden tulee olla tarkempia. Muutokset on luultavasti helpompaa hallita tietomallintamisella paperikuviin verrattuna, mutta se vie enemmän aikaa. Digitalisaation konsultti (H1) esittää, että suurin edellytys mallintamiseen siirtymisessä on asenteisiin ja toimintatapoihin liittyvä muutos. Jostain pitää tulla vahva tahtotila, että kannattaa tehdä uudella tavalla. Sitä varten tarvitaan tukihenkilöitä ajamaan asiaa niin kauan, että käytännöstä tulee normaali. Jostain syystä edelleen pidetään digitaalisena lopputuotteena kaksiulotteista CAD-kuvaa. Siihen panostetaan ennemmin ja tietomallinnus sekä luovutusaineisto jäävät sivuraiteille. Mallinnus ei ole siirtymisen ensisijainen tarkoitus, vaan tehokkaammat toimivat ratkaisut.

LVI projekti-insinöörin (H3) mukaan tietomallinnuksessa ei ole riskejä, vaan se nimenomaan pienentää riskejä. Suunnittelijalla täytyy olla sellainen ammattitaito, että hän ei tuhlaa aikaa turhiin yksityiskohtiin. Ideana on varmistaa mahtuvatko suunnitellut rakenteet niille varattuun tilaan, eikä se, että rakenteet ovat mahdollisimman hienon näköisiä mallissa. Kokemuksesta tietää missä tilanteissa tilaaja tai tietomallikoordinaattori huomauttavat ongelmakohdista, jotka kannattaa korjata. Työnjohtajan (H6) näkemyksen mukaan suurimmat haasteet tietomallintamisen aloituksessa johtuvat ohjelmistojen käytämisestä. Jakeluasema-alan suunnittelijat ovat tottuneet piirtämään 2D-kuvia. Luultavasti samalla ohjelmistolla voi tehdä myös kolmiulotteisia kuvia. Ei kuitenkaan ole järkevää suunnitella alussa kaksiulotteisesti ja sen jälkeen tehdä erikseen tietomalli. Suunnittelu pitäisi ajaa alusta asti lähtemään suoraan tietomallintamisesta. Koulutustahan se vaatii ja nuorempaa sukupolvea opettelemaan.

Geoteknisen suunnittelijan (H4) mielestä talogeolla suhtaudutaan hyvin mallintamiseen ja sitä on haluttu kehittää vapaaehtoisesti. Asenne ei ole sellainen, että mallinnettaisiin vain silloin kun sitä vaaditaan. Jokaiselle suunnittelijalle on sovittu vastuualue, jota hän kehittää tietomallintamisen osalta. Tietomallintamiseen siirtyminen lisää tiimipelaamisen tarvetta. Kun jokainen perehtyy tiettyyn vastuualueeseen, on helpompi opastaa muita.

Geotekninen suunnittelija (H4) näkee, että kaikessa suunnittelussa ollaan siirtymässä enemmän tietomallintamisen suuntaan.

## **5.2 Tietomallintaminen urakoinnin näkökulmasta**

### **5.2.1 Tietomallintamisen edut urakoinnissa**

Digitalisaation konsultin (H1) mukaan urakoitsijoille on hyötyä tietomallintamisesta, koska hyvin tehtyä tietomallia voidaan suoraan hyödyntää koneohjausmallin tekemisessä ja paikantamisessa. Hän kertoo, että Suomessa koneohjauspuoli on aika pitkälti edistyksellistä. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa tulee vähemmän yllätyksiä rakentamisvaiheessa. Osa ongelmakohtista löytyy jo aiemmin suunnittelun aikana, mikä auttaa rakentamisessa. Kunnossapitoa varten rakentajan pitäisi tuottaa toteumatietoa, kuten toteumamalli materiaaleista. Visio on, että rakentaja päivittäisi suunnittelijan mallin, joka luovutettaisiin asiakkaalle. Asiakkaalla on varmaan jonkinlainen omaisuudenhallintajärjestelmä, jossa jakeluasemien tiedot ovat. Mallinnus toimisi pohjana omaisuudenhallintaan. Vaatimusten perusteella koneohjausmalli pitäisi pystyä tekemään suunnittelijoiden tekemästä mallista, kun malli on koordinaatistossa. Suunnittele ja toteuta -urakkamuodossa suunnittelija on mukana rakentamisvaiheessa ja suunnittelija voi tehdä sellaiset koneohjaus- tai toteutusmallit, joita urakoitsija tarvitsee. Suunnittelussa ei ole järkevää vaatia koneohjausmalleja ennen kuin urakoitsijaa on valittu.

Tietomallinnus säästää aikaa työmaapuolelta ja tuo varmuutta, kertoo LVI projekti-insinööri (H3). Mallinnuksen avulla voidaan tarkastaa esimerkiksi tilavarauksia. Tietomallin pohjalta voidaan varmistaa, että kaikki putkistot mahtuvat niille varattuun tilaan, kun ne on mallinnettu oikean kokoisina oikealle paikalleen. Jakeluasemasuunnittelijan 1 (H2) mukaan jakeluasemien työmailla on aina paljon kaikenlaista tekniikkaa, joten 3D-mallista näkee niiden sijainnit tarkemmin. Tietomalli voi helpottaa asennustyötä ja työjärjestyksen suunnittelua. Työssä tulee vähemmän hävikkiä, putket voidaan leikata määrämittäiseksi tarkemmin. Jakeluasemasuunnittelija 2 (H5) painottaa myös jakeluasemien monimutkaista tekniikkaa. Putkitusten, sähköjen ja suojaetäisyyksien lisäksi jakeluasemien rakentamisessa on otettava huomioon monta asiaa. Tietomallinnus voisi auttaa urakkalaskennassa, tarjouksista voisi tulla tasaisempia ja urakkakilpailutuksen riskit voisivat vähentyä. Geotekninen suunnittelija (H4) kertoo, että yleensä pinnantasaus- tai kaivusuun-

nitelmamallista voidaan muodostaa koneohjausmalli työmaalle. Työnjohtajan (H6) mukaan tietomalli helpottaa putkistojen ja maanalaisen tekniikan hahmottamista. Myös kortasot voi tarkistaa tietomallista nopeasti. Työnjohtaja (H6) kertoo:

*”Se että onko mallista suoraan apua koneohjausmallin tekemiseen, on eri asia. Olisi parempi, jos suunnittelijoiden tietomallissa olisi jo maakaivannot mallinnettu valmiiksi, jolloin sitä voitaisiin hyödyntää koneohjausmallin tekemiseen.” (H6)*

Yleensä suunnittelijoiden luomaa tietomallia täytyy jonkin verran muokata, jotta siitä saadaan työmaalle koneohjausmalli.

## **5.2.2 Tietomallintamiseen siirtymisen vaatimukset urakoitsijoille**

Työnjohtaja (H6) näkee, että vaatimukset tietomallintamiseen siirtymiselle ovat samat urakoitsijoille kuin muillekin hankkeen osapuolille. Niihin sisältyy kouluttautuminen ja perehtyminen aiheeseen, jotta saadaan mallintaminen tehokkaammin käyttöön. (H6) Tilaajan (H7) mukaan työmaalla on yleensä tabletteja ja muita pienempiä laitteita tietomallin katseluun, mutta jakeluasematyömaalla ei ole kovin montaa konekuskia, joka lataisi tietomallin työkoneeseen. Tilaaja (H7) kertoo:

*”Urakoitsijapuolen henkilöitä pitää kouluttaa. Ei auta, että tilaajalla on tietomalli, jos urakoitsija ei osaa tehdä sillä mitään.” (H7)*

Tietomallintamiseen siirtyminen vaatii henkilöstön perehdyttämistä.

## **5.3 Tietomallintaminen rakennuttamisen näkökulmasta**

### **5.3.1 Tietomallintamisen hyödyt rakennuttamisessa**

Digitalisaation konsultin (H1) mukaan tietomallintamisesta on paljon hyötyä omaisuudenhallinnassa. Jos tiedot ja ominaisuudet saataisiin vakiodusti hallintajärjestelmiin, niin siinä on mahdollisuuksia tehdä analyysejä esimerkiksi jakeluasemien kunnossapitoa varten. Rakennuttamisen kannalta etu on sama, koska mallinnus toisi ymmärrystä kohteesta rakennuttamiseen. Yhdistelmämalli voi auttaa aikataulutukseen ja työn etenemisen seuraamiseen. Digitalisaation konsultti (H1) kertoo:

*”Rakennuttaminen on suurin kipupiste koko tietomallintamisen käyttöönotolle. Tuntuu että sinne uppoaa viimeisenä tietomallintamisen hyödyt. Tilaajilla on varmaan maksuerähommia ja valvontahommia, joten siellä luotetaan enemmän perinteiseen tapaan.” (H1)*

LVI-projekti-insinöörin (H3) mukaan tietomallintamisen hyöty rakennuttamiseen on, että tietomallinnettua suunnitelmaa voidaan suoraan sellaisenaan hyödyntää urakkalaskentaan. Vanhoissa 2D-kuvissa saattaa tulla vielä muutoksia sellaisiin asioihin, jotka olisi jo tietomallintamisessa korjattu aiemmin. Tällöin tulee lisätöitä ja urakoitsija lähettää uusia tarjouksia, mikä aiheuttaa kierteen, josta rakennuttaja ei pidä. LVI projekti-insinööri (H3) kokee, että yleensä rakennuttajat arvostavat tietomallinnettuja projekteja. Rakennuttajalle on helpompaa, että urakkalaskennan ja urakoitsijoiden valinnan jälkeen ei tarvitse enää tehdä suunnitelmiin muutoksia, koska urakoitsija sitten laittaa lisätyötarjouksia. Se on kauhea päänvaiva rakennuttajalle, joka joutuu selittämään lisätyötä tilaajalle. Vanha koulukunta ei välttämättä tykkää tietomallintamisesta, koska he eivät ole välttämättä niin hyviä tietokoneiden kanssa, mutta nuoremmat ovat tottuneet tietokoneella työskentelemiseen.

Geotekninen suunnittelija (H4) kertoo, että rakennuttamisessa käytetään tietomallia määrälaskentaan ja siitä voidaan johtaa kustannusarvio tarkemmin. Geotekniikan kannalta tietomallinnus sopii myös massatasapainon hallintaan. Määrälaskenta on nopeaa ja ohjelmasta saa suoraan excel-taulukon halutuista määristä, joten kustannusarvion tekeminen on myös tehokasta. Tilaajan (H7) mukaan omaisuustiedon hallinnassa tietomallista voi olla suurikin hyöty. Yhdessä paketissa näkyy uudet rakenteet ja siihen voi merkitä ylös mitkä kuuluvat käyttöomaisuuteen ja mitkä eivät.

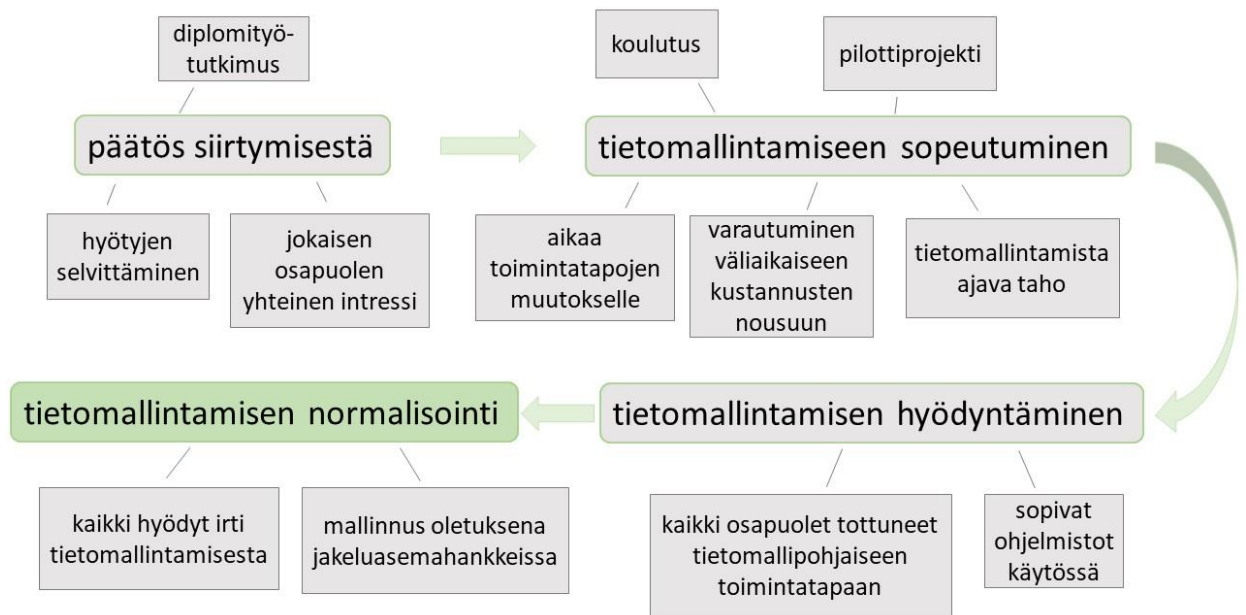
### **5.3.2 Tietomallintamiseen siirtymisen vaatimukset tilaajille**

Tilaajien osaamisen kehittämiseen tarvitaan ehdottomasti koulutuksia ja tutustuttamista mallinnukseen, kertoo tilaaja (H7). Lisäksi siirtymä vaatii hyötyjen selvittämistä. Sitten kun hyödyt painavat enemmän kuin muut syyt olla siirtymättä tietomallintamiseen, niin tilaajapuolella voidaan miettiä mallintamista. Tilaajapuolellakin on kuitenkin henkilöitä, jotka eivät ole koskaan nähneetkään tietomallia, joiden pitäisi oppia pyörittämään mallia tietokoneella. Kustannuspuoli on huomattava, sitä pitäisi pystyä painamaan alas. Samalla tietoa pitäisi saada mahdollisimman paljon ulos ja mallista pitäisi voida suoraan

revisioida tarvittavat 2D-kuvat. Pelkästään hienon tietomallin tekeminen ei auta mitään, vaan pitää myös saada käyttökelpoisia piirustuksia.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tietomallintamiseen siirtymisen tarkoitus ei ole tietomallintaminen itsessään, vaan hyvin suunnitteluratkaisuihin pääseminen tehokkaammin ja varmemmin. Siirtyminen vaatii toimintakulttuurin muutoksen ja se tapahtuu vaiheittain. Tietomallintamiseen siirtymisen päätöksen jälkeen seuraa sopeutumisvaihe. Sopeutumisvaiheessa tietomallintamisen käyttöönotto voi aiheuttaa hetkellisesti tuottavuuden laskemista ja kustannusten kasvua tarvittavien koulutus- ja tekniikkainvestointien takia. Suurimmat haasteet tietomallintamiseen siirtymisessä liittyvät enemmän henkilöstöön ja osaamiseen kuin tarvittavaan tekniikkaan. Jakeluasemat ovat osa hyvin suppeaa alaa, jossa toimijoita on vähän ja kokeneita suunnittelijoita tarvittaisiin lisää. Kaikkien haastatteluiden mukaan lukien tilaajan vastauksien perusteella tietomallintamisen hyödyt tulee selkeämmin osoittaa tilaajaa varten. Tietomallintamiseen siirtymisessä eniten vaikutusvaltaa koetaan olevan tilaaja-osapuolella, jonka pitäisi aloittaa ajamaan tietomallintamiseen siirtymistä jakeluasemahankkeissa. Kuvassa 13 esitetään tietomallintamiseen siirtymisen periaate.



**Kuva 13 Tietomallintamiseen siirtymisen periaate**

Kuvan 13 mukaisesti tietomallintamiseen siirtyminen tapahtuu vaiheittain. Ennen päätöstä siirtyä tietomallintamiseen selvitetään tietomallintamisen mahdollisia hyötyjä. Jo-

kaisella jakeluasemahankkeen osapuolella tulisi olla yhteinen intressi tietomallintamiseen siirtymiseen. Sopeutumisvaihe voi viedä eniten aikaa, koska henkilöstön koulutus ja uusien toimintatapojen opettelu on hidasta. Tietomalli ei korvaa osapuolten ammattitaitoa. Asenteet tietomallintamista kohtaan vaikuttavat siihen, kuinka kauan sopeutumisvaihe kestää. Tietomallintamista voitaisiin kokeilla jakeluasemasuunnittelussa pilottiprojektin avulla, koska siitä on ollut hyötyä ainakin Ruotsin puolella liikenneinfrastruktuurihankkeissa. Pilottiprojektin avulla voidaan myös arvioida mitä hyötyä tietomallintamisesta on tilaajan kannalta juuri jakeluasemakohteessa. Jos kaikki osapuolet saadaan mukaan, tietomallintaminen ei jää yhtä helposti vain yhden tekniikkalajin rooliin. Tietomallintamiseen sopeutuminen on sujuvampaa, kun hankkeeseen osallistuu mallintamiseen siirtymistä ajava taho, kuten erillinen työryhmä. Sopeutumisvaiheen jälkeen päästään hyödyntämään tietomallintamista laajamittaisemmin. Tässä vaiheessa jakeluasemahankkeita varten löydetään sopivat ohjelmistot. Tavoitteena on myös, että hankkeen kaikki osapuolet tottuvat tietomallipohjaiseen toimintatapaan. Tulevaisuudessa voidaan mahdollisesti saavuttaa tietomallintamisen normalisointi, jolloin mallintamista käytetään oletusarvoisesti kaikissa hankkeissa. Normalisoinnin myötä tietomallintamisesta saadaan kaikki hyödyt irti.

Tietomallintamiseen siirtymisessä on punnittava mahdollisia hyötyjä ja haasteita. Lisäksi päätöksessä on otettava huomioon jakeluasemahankkeiden ominaispiirteet ja siirtymiseen tarvittava tekniikka. Haastatteluiden vastauksista kootut tulokset on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14 Haastatteluiden tulokset**

Kuvan 14 mukaan haastatteluissa nousi esiin suunnilleen yhtä paljon mahdollisia hyötyjä kuin haasteita tietomallintamiseen siirtymisessä. Tällä hetkellä tekniikkaa ja tietomallintamisen työkaluja on hyvin saatavilla, mutta niitä ei vielä osata hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Osaamiseen liittyvät vaatimukset jokaiselle osapuolelle koskevat ohjelmistojen käyttöä ja uusien tapojen omaksumista. Osaamista voidaan kehittää tietomallintamista ajavan tahon ja tietokoneohjelmistoihin tottuneen nuoremman sukupolven kautta. Tietomallintaminen voi tulevaisuudessa vähentää eri osapuolille aiheutuvaa manuaalista työtä huomattavasti, mutta mallintaminen ei vielä ole täysin automaattista. Esimerkiksi tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on jälkeinpäin huomioitava hukkaprosentit. Määrälaskenta ja sen mukana kustannusarvion tekeminen ovat kuitenkin tarkempia tietomallin pohjalta perinteisiin dokumenttipohjaisiin suunnitelmiin verrattuna.

Kaikki osapuolet kokivat tietomallin havainnollisuuden yhtenä suurimpana etuna. Tietomallin avulla voidaan luotettavasti tehdä törmäystarkasteluja ja ongelmakohtien ratkaiseminen siirtyy aiemmaksi suunnitteluvaiheeseen. Koneohjauksen hyödyt maarakentamisessa ovat infra-alalla tunnettuja ja myös jakeluasemahankkeissa putkikaivantojen rakentaminen voisi olla tarkempaa koneohjauksella. Tietomallintamiseen siirtymisessä suurimpana riskinä nähdään haastattelujen nojalla sokea luottaminen pelkkään tietomalliin. Tällöin mallissa mahdollisesti olevat virheet siirtyvät rakentamiseen, jos virheellinen tietomalli päättyy työmaalle. Tietomallista tulee myös erottaa epävarma tieto, kuten putkilinjojen viitteelliset sijainnit.

Koska jakeluasema-alalla ei vielä ollenkaan käytetä tietomallintamista ja se on muutenkin infra-alalla verrattain uutta, vakiintuneita toimintatapoja ei ole kehittynyt. Tämä aiheuttaa vaikeuksia mallintamiseen sopeutumiseen, koska mallintamisessa saatetaan aluksi kiinnittää huomiota väärin asioihin. Suunnittelijat ja urakoitsijan edustaja tunnisti siirtymisen haasteiksi tilaajan piirustuspainotteiset vaatimukset lopputuotteelle. Jakeluasemien tietomallintamisessa on yhtenä haasteena puutteelliset lähtötiedot. Mikäli olemassa olevasta jakeluasemasta on vain vanhoja paperikuvia, maanalaisesta tekniikasta on hyvin hankala saada tarkkaa tietoa. Uuden jakeluaseman tietomallintamiseen tarvittavat lähtötiedot ovat pitkälti samat kuin CAD-kuvien avulla suunnittelemiseen. Tietomallintamisessa lähtötiedot ovat vain eri formaatissa, kuin perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelussa. Jakeluasemilla on otettava huomioon ahdas tila ja ympäristöön liittyminen.

Polttonestetekniikka ja siihen liittyvä lainsäädäntö ovat osa hyvin suppeaa jakeluasema-alaa, joten tarvitaan mallintamisesta kiinnostuneita henkilöitä opettelemaan uusia toimintatapoja ja jakamaan tietoa eteenpäin. Suomessa Väylävirasto on ajanut tietomallintamiseen siirtymistä ja avoimen IFC-formaatin käyttöä infrahankkeissa. Jakeluasemat eivät liity pelkästään infraan, joten niihin tämä kannustin ei vaikuta yhtä paljon kuin tie- ja ratahankkeisiin. Konsulttitoimistossa on kuitenkin tietomallintamisen asiantuntijoita, kuten digitalisaation konsultti, mitä voidaan hyödyntää mallintamisen käyttöönotossa. Koska jakeluasema-alalla toimijoita on vähän, vanhemman sukupolven asiantuntijat opastavat nuorempia. Nuoremmat voisivat samalla jakaa tietoa mallintamisesta. Jakeluasemien maanalaiset putkistot muistuttavat talotekniikkaa, joten konsulttitoimiston talonrakentamisen puolesta voi olla apua ohjelmistojen valitsemiseen jakeluasemakohteisiin. Tietomallintamiseen siirtyminen aiheuttaa lisäkustannuksia ja tuottavuuden laskua alkuun, mutta tietomallipohjaisesta suunnittelusta on paljon hyötyä.

Haastatteluiden vastauksiin tietomallintamisesta vaikuttaa paljon haastateltavien osaamistaso tietomalleista. Henkilöt, joille tietomallintaminen ei ole kovin tuttua näkevät mallintamisessa enemmän riskejä ja eivät osaa tunnistaa kaikkia hyötyjä. Tietomalli ei myöskään ole ratkaisu jakeluasemahankkeen onnistumiseen, vaan kommunikointia on edelleen painotettava. Mallintamiseen tottuneet suunnittelijat kiinnittivät enemmän huomiota tilaajan asettamiin vaatimuksiin ja osapuolten ammattitaitoon, kuin ohjelmistojen toimivuuteen. Vaikka teorian nojalla ohjelmistojen yhteentoimivuudessa on haasteita, suurin osa tutkimuksista on Suomen ulkopuolelta, joissa voi olla erilaiset toimintatavat ohjelmistojen suhteen.

Tämän hetken maailmantilanne vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin, koska Venäjän hyökkäyksen Ukrainaan seurauksena maakaasun jakelu Venäjältä on katkaistu. Suomi on vuokrannut LNG-terminaalilaivan kaasun saannin turvaamiseksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022) Tällä hetkellä jakeluasemilla on saatavilla lähinnä biokaasua ja tilanne heikentää kaasulla toimivien autojen kysyntää. Tässä tutkimuksessa ei saada tietoa ohjelmistojen yhteentoimivuudesta, mutta haastattelujen nojalla IFC-formaatin käyttö on yleistä ja suunnittelussa käytettävällä ohjelmistolla ei tällöin pitäisi olla merkitystä. Tulevaisuudessa voitaisiin selvittää tarkemmin toimivatko standardit ja nimikkeistöt jakeluasemien tietomallintamisen tarpeisiin, kun mallintamisesta on käytännön kokemusta.

# LÄHTEET

## Haastattelut

- H1. Haastattelu. Digitalisaation konsultti, suunnittelutoimisto, 16.6.2022
- H2. Haastattelu. Jakeluasemasuunnittelija 1, suunnittelutoimisto, 22.7.2022
- H3. Haastattelu. LVI projekti-insinööri, suunnittelutoimisto, 2.8.2022
- H4. Haastattelu. Geotekninen suunnittelija, suunnittelutoimisto, 8.8.2022
- H5. Haastattelu. Jakeluasemasuunnittelija 2, suunnittelutoimisto, 8.9.2022
- H6. Haastattelu. Työnjohtaja, urakoitsija, 20.9.2022
- H7. Haastattelu. Rakennuttaja, öljy-yhtiö, 3.10.2022

## Kirjallisuus

- Ahankoob, A. Manley, K. & Abbasnejad B. 2022. The role of contractors' building information modelling (BIM) experience in realising the potential values of BIM. *International journal of construction management*, volume 4. [Verkkójulkaisu] Viitattu 12.10.2022. Saatavilla: <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1639126>
- Ashrafi, M. Lister, J. & Gillen, D. 2022. Toward a harmonization of sustainability criteria for alternative fuels. Elsevier. Viitattu 17.5.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S2666822X2200003X>
- Autoalan tiedotuskeskus. 2022. Ennusteet eri käyttövoimien yleistymisestä ensirekisteröinneissä ja autokannassa. Viitattu 29.9.2022. Saatavilla: [https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan\\_tiekartta\\_tulevaisuuden\\_kayttovoimista](https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan_tiekartta_tulevaisuuden_kayttovoimista)
- Badri-Koochi et al. 2019. Optimizing Number and Locations of Alternative-Fuel Stations Using a Multi-Criteria Approach. *Engineering, technology & applied science research*. Volume 9 (1). [Verkkójulkaisu] Viitattu 14.9.2022. Saatavilla: <https://doi.org/10.48084/etasr.2474>
- Bosch-Sijtsema, P. Isaksson, A. Lennartsson, M. & Linderöth, H. 2017. Barriers and facilitators for BIM use among Swedish medium-sized contractors – “We wait until someone tells us to use it”. *Visualization in engineering*. 5 (1), 1–12. [Verkkójulkaisu] Viitattu: 16.11.2022. Saatavilla: [https://libkey.io/libraries/2233/articles/84583988/full-text-file?utm\\_source=api\\_1105](https://libkey.io/libraries/2233/articles/84583988/full-text-file?utm_source=api_1105)
- Parfyonenko, A. & Timofeev, A. (2020) Assessment of designing multi-fuel filling stations. *IOP conference series. Materials Science and Engineering*. [Verkkójulkaisu] Viitattu: 14.9.2022. Saatavilla: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1001/1/012068/pdf>

Bentzmann, C. 2020. An eco-responsible multi-fuel station for 100% sustainable urban delivery. Engie solutions. [Verkkosivu] Viitattu: 14.9.2022. Saatavilla: <https://www.engie-solutions.com/en/news/multi-fuel-station-reau>

Buildingsmart Finland. 2021. Talogeotekniikan tietomalliohje. YTV 2021 osa 15. Talogeotekniikka, suunnittelu ja rakentaminen. Viitattu 5.4.2022. Saatavilla: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/08/Talogeotekniikan\\_tietomalliohje.docx](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/08/Talogeotekniikan_tietomalliohje.docx)

Buildingsmart Finland. 2021. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019. Viitattu 28.3.2022. Saatavilla: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Yleiset\\_inframallivaatimukset.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Yleiset_inframallivaatimukset.pdf)

Buildingsmart Finland. 2022. Rakennetun ympäristön tietomallintamisen vakiointi -hankeohjelman infokirje 9.3.2022. [Verkkajulkaisu] Viitattu 4.1.2022. Saatavilla: <https://www.buildingsmart.fi/blog/rytv-hankeohjelma-9/rakennetun-ympariston-tietomallintamisen-vakiointi-hankeohjelman-infokirje-369>

Cao, D. Li, H. & Wang, G. 2017. Impacts of building information modeling (BIM) implementation on design and construction performance: a resource dependence theory perspective. *Frontiers of Engineering Management*, Vol.4 (1). [Verkkajulkaisu] Viitattu 10.11.2022. Saatavilla: <http://journal.hep.com.cn/fem/EN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=19502>

Carvalho, J. et al. 2019. Optimising building sustainability assessment using BIM. *Automation in construction*. [Verkkajulkaisu] Viitattu 6.10.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S092658051830894X>

Chen, J. Zhu, X. Zhang, C. & Qiao, B. 2020. Optimal fuel station arrangement for multiple GEO spacecraft refueling mission. *Elsevier*. [Verkkajulkaisu] Viitattu 17.5.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0273117720305354>

Costin, A. Adibfar, A. Hu, H. & Chen, S. 2018. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. *Journal of construction automation*. [Verkkajulkaisu] Viitattu 14.10.2022. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001>

Crönert, M. & Minner, S. 2021. Location selection for hydrogen fuel stations under emerging provider competition. *Elsevier*. Viitattu 17.5.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0968090X21004186>

European commission. 2021. Report from the commission to the European parliament and the council on the application of directive 2014/94/EU on the deployment of alternative fuels infrastructure. [Verkkajulkaisu] Viitattu 5.10.2022. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0103&from=EN>

Fonseca, J. 2021. Permitting requirements and risk assessment methodologies for HRS in the EU (First version). Deliverable 1.2. *MulthyFuel*. Viitattu 29.9.2022. Saatavilla: [https://multhyfuel.eu/images/event-documents/deliverables/MHYF\\_WP1\\_D12\\_Permitting\\_requirements\\_and\\_risk\\_assessment\\_methodologies\\_20210930\\_03.pdf](https://multhyfuel.eu/images/event-documents/deliverables/MHYF_WP1_D12_Permitting_requirements_and_risk_assessment_methodologies_20210930_03.pdf)

- Franz, B. & Messner, J. 2019. Evaluating the impact of building information modeling on project performance. *Journal of computing in civil engineering*, 33(3). [Verkkojulkaisu] Viitattu 6.11.2022. Saatavilla: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CP.1943-5487.0000832>
- Green building council Finland. 2018. Rakennushankkeiden ympäristöluokitukset Suomessa. [Verkkojulkaisu] Viitattu 6.10.2022. Saatavilla: <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/01/Rakennushankkeiden-ympa%CC%88risto%CC%88luokitukset-Suomessa.pdf>
- Heikkilä P. 2018. Tietomallinnetun maastomittausaineiston integrointi pohjarakennussuunnitteluun. Diplomityö. Saatavilla: <https://docplayer.fi/209782119-Pekka-heikkila-tietomallinnetun-maastomittausaineiston-integrointi-pohjarakennussuunnitteluun-diplomityo.html>
- Helenius, V. 2022. Osastopäällikkö, Sitowise Oy. Asiantuntijakeskustelu 15.5.2022.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2008. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.
- Jin, R. Hancock, C. Tang, L. Chen, C. Wanatowski, D. & Yang, L. 2017. Empirical study of BIM implementation – Based perceptions among Chinese practitioners. *Journal of management in engineering*. 33 (5). [Verkkojulkaisu] Viitattu 17.11.2022. Saatavilla: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000538>
- Kivinen T. 2016. Tietomallit ja koneohjaus kuntatekniikan rakentamisessa. Opinnäytetyö. Aalto-yliopisto. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201605262235>
- Lamminen, K. 2022. Jakeluasemat ovat avainroolissa tieliikenteen päästöjen vähentämisessä. *Projekti uutinen* 11.1.2022. [Verkkosivu] Viitattu 12.1.2022. Sitowisen intranet.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2021. Fossiilittoman liikenteen tiekartta. Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:15. Viitattu 17.3.2022. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163258/LVM\\_2021\\_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163258/LVM_2021_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Liikennevirasto. 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Liikenneviraston ohjeita 12/2017. Viitattu 12.7.2022. Saatavilla: [http://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](http://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)
- Lindblad, H. 2019. Black boxing BIM: the public client's strategy in BIM implementation. *Construction Management and Economics*, 37:1. [Verkkojulkaisu] Viitattu 19.10.2022. Saatavilla: <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1472385>
- Liukkonen, S. 2021. Urakoitsijoiden kokemuksia inframallin käytöstä. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.6.2022. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021060414285>
- Nummisalo, V. 2020. Jakeluasemat muutoksen edessä. Artikkelit. Viitattu 17.3.2022. Saatavilla: <https://sfs.fi/jakeluasemat-muutoksen-edessa/>
- Perälä, H. 2020. Tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet infrarakentamisessa. Diplomityö. Viitattu 23.6.2022. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202003272908>

- Pihlatie M. Paakkinen M. Laurikko J. Laurikkala M. Ylén P. Peltola V. & Pylsy P. 2019. Sähkö- ja kaasuautojen kustannustehokkaat edistämiskeinot - GASELLI loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 3/2019. Viitattu 10.10.2022. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161364>
- Plihtari-Siltanen, J. 2018. Tietomallintamalla laaditun tie- ja rakennussuunnitelman hyödyt ja haasteet tilaajien sekä urakoitsijoiden mäkökulmasta. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 4.7.2022. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805158299>
- RT 10-11223. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Toteutusmuodot. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 15.3.2022. Saatavilla: <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/8473#page=1>
- RT 10-10992. 2010. Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 11.1.2022. Saatavilla: <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/8784#page=1>
- Saaranen-Kauppinen A. & Puusniekka A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Saatavilla: [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_2.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_2.html)
- Sarkiene, E. Vilutiene, T. Sarka, V. & Kiaulakis, A. 2020. BIM application in infrastructure projects. Elsevier. [Verkkojulkaisu] Viitattu 9.8.2022. Saatavilla: [https://www.researchgate.net/publication/343695507\\_BIM\\_Application\\_in\\_Infrastructure\\_Projects](https://www.researchgate.net/publication/343695507_BIM_Application_in_Infrastructure_Projects)
- Sivill, L. Bröckl, M. Semkin, N. Ruismäki, A. Pilpola, H. Laukkanen, O. Lehtinen, H. Takamäki, S. Vasara, P. & Patronen, J. 2022. Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:21. Julkaisuarkisto Valto. Viitattu 5.10.2022. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-413-2>
- Temiz, M. & Dincer, I. 2021. Techno-economic analysis of green hydrogen ferries with a floating photovoltaic based marine fueling station. Elsevier. [Verkkojulkaisu] Viitattu 17.5.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0196890421009365>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022. Venäjä katkaisi maakaasun toimitukset Suomeen – tilanne hallinnassa. Tiedote 20.5.2022. [Verkkojulkaisu] Viitattu 19.11.2022. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/venaja-katkaisi-maakaasun-toimitukset-suomeen-tilanne-hallinnassa>
- Verma, A. Chhabra, S. Karnwal, A. Gupta, A. & Kumar R. 2022. A review on performance, combustion and emissions utilizing alternative fuels. Elsevier. [Verkkojulkaisu] Viitattu 17.5.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S2214785322029480>
- Vignali, V. Acerra E. Lantieri C. Di Vincenzo. Piacentifini G. & Pancaldi S. 2021. Building information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure. Elsevier. [Verkkojulkaisu] Viitattu 16.5.2022. Saatavilla: <https://www.sciencedirect-com/science/article/abs/pii/S092658052100203X>
- Wu, J. & Zhang, J. 2019. New automated BIM object classification method to support BIM interoperability. Journal of computing in civil engineering, 33:5. [Verkkojulkaisu] Viitattu 4.11.2022. Saatavilla: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000858](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000858)

Öljy- ja biopolttoaineala Ry. 2016. Ympäristörakentamisen laadunvarmistus jakeluasemilla. Käsikirja.

# LIITE A: HAASTATTELULOMAKE



**Edellytykset tietomallipohjaiseen jakeluasemasuunnitteluun**  
Diplomityö

Janita Nousiainen

## Lähtötiedot

1. Oletko ollut tekemisissä tietomallinnuksen kanssa?
2. Mitä ajatuksia tietomallinnus herättää?
  - a. Mitä etuja tietomallintamisessa on?
  - b. Mitä riskejä tai haasteita tietomallintamisessa on?
3. Kuinka paljon kokemusta sinulla on infra-alalta?
4. Onko sinulla aiempaa kokemusta jakeluasemakohteista?

## Jakeluasemien ominaispiirteet

5. Kuinka jakeluasemien suunnittelu eroaa muista kohteista?
6. Millaisia haasteita jakeluasemien suunnittelussa on nykytilassa?
7. Miten tietomallinnus voi auttaa jakeluasemien kunnossapidossa tai saneerauksessa?
8. Miten uudet käyttövoimat (esim. biokaasu, sähkö) tulee huomioida jakeluasemakohteissa?

## Tietomallinnus

9. Millaiset lähtötiedot tietomallinnukseen tarvitaan verrattuna 2D-suunnitteluun?
10. Miten tietomallinnus voi helpottaa työtä jakeluasemakohteissa?
  - a. Mitä apua tietomallinnus tuo suunnitteluun?
  - b. Mitä apua tietomallinnus tuo rakentamiseen ja kunnossapitoon?
  - c. Mitä apua tietomallinnus tuo rakennuttamiseen ja omaisuustiedon hallintaan?

## Teknologia

11. Mitä ohjelmistoja tietomallinnus vaatii?
12. Miten nimikkeistöt ja standardit ym. toimivat jakeluasemien mallintamiseen tällä hetkellä?
13. Miten tiedonkulku sujuu eri ohjelmistojen välillä?
14. Millaisia parannuksia tarvitaan tekniikan kannalta?

## Osaaminen ja kommunikointi

15. Mitä haasteita tietomallintamisen osaamisessa on?
16. Mitä vaatimuksia jakeluasemien tietomallinnus aiheuttaa suunnittelijoille, urakoitsijoille ja tilaajille?
17. Miten jakeluasemahankkeen eri osapuolten osaamista voidaan kehittää tietomallinnuksen suuntaan?
18. Miten tiedonkulku sujuu eri osapuolten välillä?
19. Miten kommunikointia voi parantaa?

## Taustatiedot

Nimi, nimeke ja työnantaja?