

# Tietomallinnuksen vaikutukset tiesuunnittelun projekteihin



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

Syksy 2021

Oskar Eklöf

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten tietomallinnus vaikuttaa tiesuunnitteluprojektien projektinhallinnan osa-alueisiin (kustannukset, resurssit ja aikataulu) ja miten nämä vaikutukset muodostuvat suunnitteluprosessin sisällä. Vaikutusten ymmärtämisen lisäksi selvitettiin, miten tietomallia voisi paremmin hyödyntää projektinhallinnan työkaluna, ja sitä kautta kehittää yrityksen projektitoimintaa sekä kilpailukykyä. Työ tehtiin yhteistyössä suunnittelu- ja konsulttialan yrityksen kanssa, ja sen toimittamaa aineistoa hyödynnettiin tutkimuksessa.

Tutkimuksen tuloksina saatiin perusteellinen käsitys tietomallinnuksen vaikutusten suuruusluokasta ja niiden muodostumisesta suunnitteluprosessissa. Tarkasteltavissa projekteissa vaikutuksia havaittiin muodostuvan samoissa vaiheissa ja samansuuruisina. Tämän lisäksi tiettyjen SKOL-luokkien kuormittuminen oli nähtävissä tuloksissa. Tietomallinnuksen vaikutukset vastaavat suuruudeltaan käytännössä yhtä suunnittelun toimialaryhmää mallintamalla tehdyssä tiesuunnittelun projektissa.

Projektinhallinnan näkökulmasta tietomallinnuksessa on paljon potentiaalia tehostaa suunnitteluprosessia ja projektipäällikön rooli tietomallinnuksen onnistumisessa on merkittävä. Projektipäälliköiden tietämystä ja osallistamista tietomallinnukseen liittyvissä asioissa tulee lisätä. Mallintava suunnitteluprosessi vaatii tehostettua yhteistyötä, yhteensovittamista ja viestintää kaikkien osapuolten välillä. Tähän tehtävään sopii parhaiten projektipäällikkö, joka on parhaiten selvillä kokonaisuudesta ja jonka yhtenä perustehtävänä on huolehtia tiedonkulusta. Projektipäällikkö pystyy vastavuoroisesti myös hyödyntämään tietomallia projektin hallitsemisessa ja yhtenä työkaluna tähän on yhdistelmämalli.

Avainsanat tietomalli, projektinhallinta, tiesuunnittelu

Sivut 44 sivua

---

The purpose of this thesis was to examine how information modelling affects road design project management and how the effects form in the design process. The project management areas of interest were cost, resources, and time. Furthermore, it was examined how information modelling could be used better in project management and thus improve the company's project processes and business value. This thesis was made in collaboration with a consulting sector company. The company provided material which was used in the research.

As a result of the study, a comprehensive understanding was gained on the effects of information modelling on aforementioned project management areas and how the effects form in the design process. In the projects that were researched the effects formed in the same design phases with similar scale. Also, a load in certain SKOL-classes was noticed. The effects of information modelling can in practice be referred to as its own branch of engineering.

In the viewpoint of project management there is a lot of potential in information modelling for improving design processes, and the role of the project manager is significant in the successful use of information modelling. The knowledge and participation of project managers in subjects regarding information modelling should be increased. Using modelling in the design process requires effective collaboration, coordination, and communication between all stakeholders. The project manager is best suited for this task, because of best over-all knowledge of the project and the basic task of ensuring information flow in the project. In return, the project manager can use combined models for better management of projects.

Keywords information model, project management, road design

Pages 44 pages

## Sisälllys

1	Johdanto .....	1
2	Työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja aineisto.....	2
3	Tietomallinnus, projektinhallinta ja niiden yhteys .....	3
3.1	Tietomallinnus.....	3
3.1.1	Tietomallinnuksen hyödyt.....	4
3.1.2	Tietomallinnuksen tilanne Suomessa .....	5
3.1.3	Tietomallinnuksen tilanne muualla Euroopassa .....	6
3.1.4	Tietomallinnuksen vaatimukset ja ohjeistukset.....	9
3.1.5	Tietomallinnuksen ohjelmistot .....	10
3.1.6	Tietomallinnus tiesuunnitteluprosessissa.....	11
3.2	Projektinhallinnasta yleisesti .....	14
3.3	Projektinhallinta tiesuunnittelussa .....	16
3.4	Tietomallinnuksen ja projektinhallinnan yhteys.....	19
4	Tapaustutkimus ja data-analyysi .....	20
4.1	Datan kuvailu ja valmistelu .....	21
4.2	Tapaustutkimukset.....	23
4.3	Koko aineiston analysointi .....	33
4.4	Mahdolliset ongelmat .....	35
5	Tulosten esittely .....	36
5.1	Tietomallinnuksen vaikutukset .....	36
5.2	Tietomallin hyödyntäminen projektinhallinnan työkaluna .....	38
6	Pohdinta .....	39
	Lähteet.....	43

## 1 Johdanto

Infra-alalla on viimeisen kymmenen vuoden aikana siirrytty yhä enemmän tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Käytännössä kaikki tiesuunnitteluprojektit tehdään jollain tasolla mallinnettuna, ja isot tilaajat edellyttävät sitä hankkeissaan jo yleissuunnittelusta lähtien. Infra-alalla tietomalleista käytetään termiä inframalli, jolla tarkoitetaan infrarakenteen digitaalisessa muodossa olevia tietoja, jotka usein myös esitetään kolmiulotteisena. Mallintamisen myötä suunnittelu on muuttunut visuaalisempaan suuntaan. Inframallinnuksella on saavutettu todistetusti merkittäviä hyötyjä etenkin rakentamisvaiheessa, ja lähtökohtaisesti suunnitelmien laatu on parantunut tarkemman suunnittelun ansiosta. Tietomallinnus on myös tehostanut suunnitteluprosessia osaamisen, menetelmien ja ohjelmistojen kehittyessä. Tietomalli nähdään kuitenkin edelleen usein yhtenä suunnitelmasta erillisenä olevana tuotteena, joka pitää perinteisten paperisuunnitelmien lisäksi saada tehtyä.

Suunnittelussa tietomallia hyödynnetään jo laajasti, mutta projektinhallinnan työkaluna siinä olisi vielä paljon kehityspotentiaalia. Moni tietomallin osa-alueista ja niissä muodostuvista vaikutuksista on liitettävissä projektinhallinnan osa-alueisiin kuten aikataulunhallinta, laadunhallinta, kustannusten hallinta ja viestintä. Seuraamalla tietomallin edistymistä projektin alkuvaiheesta asti saadaan tietoa aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin liittyen. Tämän tiedon pohjalta voidaan tehdä jatkuvaa arviointia ja reagointia suunnitteluprosessin sisällä myös projektinhallinnan näkökulmasta. Tietomallin hyödyt viestinnässä ovat ilmeiset – asioista on paljon helpompi viestiä tietomallin mahdollistaman kolmiulotteisen näkymän avulla.

Tiesuunnittelua tehdään useassa eri vaiheessa ja vaatimukset sisällön sekä tarkkuuden osalta kasvavat huipentuen rakennussuunnitelmavaiheeseen. Sama vaatimustason nousu tapahtuu myös inframallinnuksen osalta. Etenkin rakennussuunnitelman viimeistelyvaiheessa inframalliaineistojen laadintaan liittyy intensiivinen jakso, jossa muodostuu vaikutuksia projektinhallinnan eri osa-alueisiin kuten aikatauluun, kustannuksiin ja resursseihin. Inframalliaineistoja tuotetaan noudattaen ohjeita ja vaatimuksia, jotka saattavat vaihdella tilaajasta ja projektista riippuen, jolloin vaikutusten laajuus voi vaihdella projektista toiseen.

Mahdollisten muutosten vieminen suunnitelmiin ja sitä kautta syntyvä tietomallien muutostarve voi äkkiä kuormittaa projektia ja vaikutuksia kokonaisuuteen voi olla vaikea arvioida. Usein vaikutukset myös ketjuuntuvat tekniikkalajilta toiselle. Moni asia on esimerkiksi sidottu tien geometriseen muotoon, ja sen muuttaminen saattaa aiheuttaa merkittäviä vaikutuksia kaikkiin muihin tekniikkalajeihin. Tiesuunnittelun suunnitteluprosessiin kuuluu siis varsinaisen tiesuunnittelun lisäksi monta muutakin tekniikkalajia, ja niiden eri vaiheet tekevät prosessista monimutkaisen ja sitä kautta projektinhallinnasta haastavaa.

## 2 Työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja aineisto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, miten tietomallinnus vaikuttaa tiesuunnitteluprojektien projektinhallinnan osa-alueisiin (kustannukset, resurssit ja aikataulu) ja miten nämä vaikutukset muodostuvat suunnitteluprosessin sisällä. Tietomallinnuksen vaikutusten lisäksi pyritään tunnistamaan muita kuormittavia työvaiheita, joissa voisi hyödyntää esimerkiksi suunnittelun automaatiota. Vaikutusten ymmärtämisen lisäksi selvitetään, miten tietomallia voisi paremmin hyödyntää projektinhallinnan työkaluna ja sitä kautta kehittää yrityksen projektitoimintaa sekä kilpailukykyä. Työ tehdään yhteistyössä suunnittelu- ja konsulttialan yrityksen kanssa, jonka toimittamaa aineistoa hyödynnetään tutkimuksessa. Työn keskeisimmät tutkimuskysymykset ovat:

1. Mikä vaikutus tietomallinnuksella ja muilla työvaiheilla on tiesuunnittelun projektinhallinnan osa-alueisiin: kustannuksiin, resursseihin ja aikatauluun?
2. Miten nämä vaikutukset muodostuvat suunnitteluprosessin sisällä?
3. Miten tietomallia voisi hyödyntää projektinhallinnan työkaluna?

Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuuskatsauksen lisäksi tilastollista analyysia. Tutkimuksessa hyödynnetään yrityksen toimittamaa projektidokumentaatiota ja projektinhallintajärjestelmään tallennettua tietoa, joka sisältää yli 400 projektin numeerisen aineiston. Työn rakenne on seuraava: luvussa 3 käsitellään tutkimuskysymyksiin liittyvää kirjallisuutta projektinhallinnasta ja tietomallinnuksesta sekä niiden yhteydestä. Luvussa tehdään myös katsaus tietomallinnuksen tilanteeseen Suomessa ja muualla Euroopassa.

Luvussa ei käsitellä tietomallinnuksen perusteita tai ohjeistuksia yksityiskohtaisesti, sillä niitä on tutkittu ja käsitelty lukuisissa opinnäytetöissä. Luku 4 sisältää neljän projektin tapaustutkimuksen ja tilastollisen analyysin. Tutkimuksen tulokset esitellään luvussa 5. Pohdinta esitellään työn viimeisessä luvussa.

### **3 Tietomallinnus, projektinhallinta ja niiden yhteys**

Tietomallinnusta ja projektinhallintaa on tutkittu erillisinä aiheina laajasti, mutta näitä aiheita yhdistävää tiesuunnitteluun, tai ylipäättään infra-alan suunnitteluun, liittyvää tutkimusta ei kuitenkaan löydy merkittävästi. Tämän työn teoriaosuudessa käytetään infra-alan liittyvää tutkimustietoa sekä sovelletaan tarvittavissa määrin talonrakentamisen näkökulmasta tehtyä kirjallisuutta ja julkaisuja. Tämän luvun alussa esitellään tietomallinnusta ja sen asemaa tiesuunnittelun suunnitteluprosessissa. Tämän jälkeen esitellään projektinhallinnan periaatteet yleisesti ja lopuksi perehdytään tarkemmin projektinhallinnan ja tietomallinnuksen väliseen yhteyteen.

#### **3.1 Tietomallinnus**

Tietomallintamiseen liittyy monia eri käsitteitä, joista tietyt ovat viimeisten vuosien aikana vakiinnuttaneet paikkansa infra-alalla. Yleisissä inframallivaatimuksissa on määritelty infra-alan tietomallintamiselle termi inframallintaminen ja tietyn infrakohteen tai infrarakenteen mallille käsite inframalli. Aikaisemmin mallista tai sen osasta on käytetty termiä tietomalli, mutta nimikkeen käyttötarkoitus on nykyään laajempi: tietomalli sisältää kaikki aineistot, tiedot ja mallit, jotka sisältyvät kyseiseen mallipohjaiseen suunnitelmaan. Käytännössä tietomallintaminen infra-alalla tarkoittaa erilaisten 2D- ja 3D-aineistojen käsittelyä projektin eri vaiheissa dokumentoinnin ja tiedonhallinnan ollessa jatkuvaa. (buildingSMART Finland, 2019, s. 13)

Tietomallinnus on infra-alalla suhteellisen uusi asia ja ala on vielä sen suhteen murrosvaiheessa. Tietomallit eivät ole pystyneet korvaamaan paperisia suunnitelmia, ja siinä mielessä työn määrä on lisääntynyt ja tietomallien tehokkuus ei vielä näy suunnittelupuolella. Tehokkuuden ja laadun parantaminen nähdään tietomallintamisen

isoimpina hyötyinä, mutta tehokkuuden osalta tämä ei vielä toteudu suunnitteluprojekteissa. Kokonaisuutena tietomallin vaikutukset projekteihin on tunnistettu, mutta tiukan hintakilpailun takia niitä ei ole voitu huomioida suunnittelun kustannuksissa.

### **3.1.1 Tietomallinnuksen hyödyt**

Tietomallinnuksella on mahdollista saavuttaa hyötyjä sekä suunnittelussa että rakentamisessa. Yleisissä inframallivaatimuksissa on esitetty, että mallintavasta suunnittelusta saadaan hyötyä etenkin kaavoitusvaiheen suunnittelussa, jossa tilatarpeiden määrittäminen on tärkeässä osassa ja malleilla tehdyillä tarkasteluilla niihin saadaan tarkkuutta. Muita esille tuotuja hyötyjä ovat suunnitelmien yhteensovittaminen ja vuorovaikutusasiat, kuten mallien käyttäminen kokouksissa tai sidosryhmätilaisuuksissa. Tarkemmat ja nopeammat massa- ja määrätiedot on myös nostettu esille merkittävänä tietomallinnuksen hyötynä. (buildingSMART Finland, 2019, ss. 93–97)

Talonrakentamisen toimialalla mallipohjaisia projekteja on ehditty tekemään pidempään ja tutkittua tietoa tietomallinnuksen hyödyistä löytyy enemmän. Bryden ym. (2012, s. 978) laatiman selvityksen mukaan tietomallinnuksella on mahdollista saavuttaa rakentamisessa etenkin aika- ja kustannussäästöjä. Toisen kyselyn, joka oli suunnattu liikennealan sektorille ja toteutettu Yhdysvalloissa, Englannissa, Ranskassa ja Saksassa, mukaan isoimmat hyödyt projekteissa tulevat virheiden minimoimisesta, kustannusten ennustettavuudesta ja nopeammasta toteutettavuudesta sekä suunnitelmien optimoimisesta (Dodge Data & Analytics, 2017, s. 1; ks. myös s. 20).

Tietomallinnuksen käyttöön ja sen käyttöönottoon liittyy myös riskejä ja mahdollisia negatiivisia vaikutuksia. Bryden ym. (2012, s. 978) mukaan aikataulusäästöt ilmenevät koko hanketta tarkastellessa, mutta tuloksissa oli myös havaittavissa ajankäytön lisääntymistä mallinnukseen ja piirustusten muuntamiseen malleiksi liittyen. Tutkimusten tulokset tukevat yleisesti tunnettua väitettä siitä, että mitä enemmän ja aikaisemmassa vaiheessa suunnitteluun panostetaan, sitä suuremmat säästöt saavutetaan rakentamisessa ja ylläpidossa. Tietomallinnukseen liittyy tässä ylimallintamisen riski, sillä vielä tällä hetkellä joidenkin infrarakenteiden mallintamiseen menee paljon aikaa, ja jos niitä ei hyödynnetä

myöhemmässä vaiheessa, on resursseja käytetty turhaan. Dodge Data & Analyticsin (2017, s. 46) laatiman kyselyn perusteella suurin osa infra-alalla tietomallinnusta estävistä tekijöistä liittyy vähäiseen kysyntään, ohjelmistoihin, tietomallinnuksen soveltuvuudesta projekteissa ja ohjeistuksen puutteellisuuteen.

### **3.1.2 Tietomallinnuksen tilanne Suomessa**

Suomessa tärkeimpänä asiana tietomallinnuksessa kehittämisessä on ollut isojen tilaajien sitoutuminen tietomallintamisen edellyttämiseen hankkeissaan. Väylävirasto on toiminut tiesuunnittelun isoimpana tilaajana merkittävässä roolissa alan kehityksessä, sitouduttuaan vuodesta 2014 alkaen tilaamaan pääasiassa vain tietomallipohjaista suunnittelua. Väyläviraston keväällä 2020 julkaistun Inframallinnuksen toimintalinja -julkaisun mukaan tietomallinnuksen taso on ollut hankkeissa vaihtelevaa ja tietomallien laatua ei ole valvottu koko organisaation laajuudelta. Tietomallinnuksen käyttö on ollut osittain riippuvainen myös projektin organisaatiosta sekä yksittäisten henkilöiden kiinnostuksesta aiheeseen.

Väyläviraston tietomallinnuksen nykytilanteen taso mitattiin kypsyysmatriisin avulla, joka luotiin Väylän organisaatiolle sopivaksi yleisesti käytössä olevasta tietomallinnuksen kypsyysasteen mittausmallista. Matriisissa on viisi tasoa (0–4), joista nollassa kuvaa tilannetta ennen tietomallinnusta ja neljäs taso on tulevaisuuden visio tilanteesta, jossa tietomallit ovat aidosti kaikkien käytettävissä ja reaaliaikaisesti päivittyviä. Julkaisun mukaan Väyläviraston tietomallinnuksen keskimääräinen käyttö on tasolla 1,5, joka asettuu yksinkertaisen mallinnuksen ja pääsääntöisen mallintamisen tasojen väliin. Mitattu taso kuvastaa sitä, että kaikkia tietomallinnuksen hyötyjä, kuten säästöjä kustannuksissa ja ajassa tai parempaa laatua, ei vielä saavuteta väyläprojekteissa. (Väylävirasto, Inframallinnuksen toimintalinja, 2020, s. 6)

Tampereen yliopiston käynnistämässä tutkimusohjelmassa ProDigitalissa tavoitteena on parantaa infrarakentamisen tuottavuutta digitalisaation avulla, ja tietomallinnus on tärkeässä osassa kehitystyötä. Tutkimusohjelmassa on tehty selvitystyö, jossa kartoitettiin tietomallipohjaisen toiminnan nykytilannetta Suomessa, Norjassa ja muualla Euroopassa. Selvitys tehtiin haastattelemalla eri väylähankkeiden tilaajia ja tietomalliasiantuntijoita

keväällä 2021. Haastatteluita oli toteutettu yhteensä 16, joista 11 olivat tiehankkeisiin liittyviä ja loput rata-, raitiotie- tai vesiväylähankkeisiin liittyviä. Lisäksi toteutettiin kolme yleisesti tietomallinnukseen liittyvää haastattelua muualla Euroopassa (Ranska, Belgia, Saksa, Itävalta, Tšekki, Sveitsi, Slovakia, Unkari ja Puola). Selvityksen mukaan tietomallintamisesta saadaan selvästi hyötyä, mutta mallintava ja perinteinen suunnittelu nähdään toisinaan erillisinä osa-alueina ja liian henkilöityneenä. (Tampereen yliopisto, 2021a)

Mallipohjaisesta toiminnasta on saatu hyötyjä erityisesti ST- (suunnittele ja toteuta), STk- (suunnittele ja toteuta kehitysvaiheella) ja allianssiurakoissa, joissa suunnittelijat ja urakoitsijat määrittävät yhdessä tarvittavat mallit ja niiden sisällön. Vt 4 Kirri-Tikkakoski STk-mallilla toteutetussa hankkeessa tietomallia hyödynnettiin suunnitelmien tarkistamisessa, koneohjauksessa, materiaalityönteossa, laadunvarmistuksessa sekä toteutumamallissa. Pääurakoitsija Destian hankkeen aikana tekemän arvion mukaan tietomallinnuksesta saatiin noin 20 % säästöt pelkästään mallipohjaisesta tarkistamisesta ja mittausprosesseista. Todennäköisesti kokonaisuutena saadut säästöt ovat vieläkin suuremmat, kun huomioidaan tuotannon tehostuminen. (Tampereen yliopisto, 2021b, ss. 3–7)

### **3.1.3 Tietomallinnuksen tilanne muualla Euroopassa**

ProDigitalin selvitystyön perusteella Euroopassa on suuria eroja tietomallinnuksen tasossa ja käytännöissä. Yleisesti voisi sanoa, että Suomi ja Norja ovat edelleen Keski-Euroopan maita edellä tietomallinnuksessa. Monessa maassa tilaajat eivät edellytä tietomallinnuksen käyttämistä, eivätkä esimerkiksi suunnittelijat välttämättä tiedä mitä tietomallinnus tarkoittaa. Itävaltalainen Strabag-rakennusyritys tuottaa perinteisistä suunnitelmista itse malleja ja tekee sisäistä kehitystyötä tietomallinnukseen liittyen. Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden välillä ei ole kovinkaan paljoa yhteistyötä, paitsi harvoissa ST-hankkeissa. Norjaan ja Suomeen verrattuna yksi iso ero on mallinnusperiaatteessa. Keski-Euroopassa suositaan enemmän IFC:n käyttämistä tilavuusmalleina, kun taas Suomessa ja Norjassa käytetään pintamalleja. Tällä hetkellä IFC:n käyttäminen infrahankkeissa edellyttää urakoitsijoilta omia muunnoksia, jotta formaatti soveltuu hankkeisiin. Saksassa ja Tšekissä tietomallinnuksen kehittäminen on jo melko pitkällä. Saksassa kehitystyön perustana on vaiheistettu suunnitelma (Stufenplan) tietomallinnuksen käyttöönotosta ja esimerkiksi

Saksan ratahallinto kehittää tietomallinnusta. Tšekissä kehitetään standardeja ja nimikkeistöä, jotka perustuvat IFC-formaattiin. (Tampereen yliopisto, 2021b, ss. 102–105)

Norjaa pidetään yleisesti infra-alan tietomallinnuksen edelläkävijänä. ProDigitalin selvitystyössä toteutettujen haastatteluiden perusteella Norjalla on käytössä melko edistyneitä keinoja määrittellä hankkeille tietomallinnuksen vaatimuksia sekä mitata mallien valmiutta. Tarjouspyyntöjen yhteydessä tilaaja voi määrittää millä BIM-kypsyystasolla hanke tulee toteuttaa. Käytetyt BIM-kypsyystasot vastaavat pääpiirteittäin Väyläviraston Inframallintamisen toimintalinjat -julkaisussa käyttämää viisiportaista asteikkoa. E6 Kolomoen - Arnkvern moottoritiehankkeeseen määritettiin tarjouspyynnössä BIM-kypsyystasoksi 3, jonka saavuttamisesta oli mahdollista saada bonuksia. Kyseisellä tasolla edellytetään muun muassa maalajikerrosten mallintamista, paikkatietoaineistojen lisäämistä tietomalliin sekä edistynyttä tiedonhallintaa kuten mallien ja dokumenttien tilanteen seuraamista. Edistynyttä käyttöä kuvaa myös se, että hankkeissa pohditaan jo työkoneiden välistä tiedonvaihtoa ja avoimia rajapintoja, jotka mahdollistaisivat automaattisen tiedon siirron myös koneiden ja ohjelmistojen välillä. (Tampereen yliopisto, 2021b, ss. 72–77)

Norjassa on myös kehitetty mielenkiintoisia tapoja lisätä inframallien tiedon määrää. Mallien valmiustasolle on kehitetty kuusiportainen MMI-asteikko (Modell Modenhets Indeks tai Model Maturity Index), jossa väreillä esitetään mallien valmius luonnostasosta toteumatietoon (kuva 1). Asteikot pienimmästä isoimpaan ovat:

- Luonnos (MMI 100)
- Valmis luonnos (MMI 200)
- Valmis yhteensovitukseen (MMI 300)
- Yhteensovitus valmis (MMI 350)
- Toteutusmalli (MMI 400)
- Toteumamalli (MMI 500)

Asteikkoa voidaan käyttää kuvaamaan projektin tai yksittäisten suunnittelukohteiden valmiutta ja sitä pystytään hyödyntämään tiedonhallinnan automatisoinnissa. MMI-asteikkoa hyödynnettiin Norjan suurimmassa toteutetussa tiehankkeessa Rv3/25 Løten -

Elverum (elinkaarihankkeen kokonaiskustannus 5,5 miljardia Norjan kruunua), jossa urakoitsija otti tietoisesti riskin käyttämällä kaivuutöissä inframalleja, joiden MMI-taso oli vasta 200. Kyseisellä tasolla malleihin ei ole tulossa isompia muutoksia, mutta niitä ei ole vielä yhteensovitettu muiden mallien kanssa. Ottamalla mallit tällä MMI-tasolla käyttöön päästiin rakentamista tekemään heti projektin alkuvaiheessa. Toimintatapaa pidetään yhtenä syynä hankkeessa saavutetuille suurille säästöille. Tämän lisäksi malleille on tietyissä hankkeissa lisätty yksilölliset koodit, jotka kuvastavat kustannuksia ja prosessia. (Tampereen yliopisto, 2021b, ss. 87–93)

Kuva 1 Norjalainen tietomallin kypsyysindeksi MMI (Fløisbonn ym., 2020, s. 4, muokattu).



Yhtäläisyyksiä Suomen kanssa on tietomallisuunnitelmien tekeminen hankkeen alussa, tiedonhallinnan toteuttaminen usealla eri ohjelmistolla, samanlaiset suunnitteluohjelmistot sekä koneohjauksen laajamittainen käyttäminen rakentamisessa. Tietomallien lisäksi piirustuksia tuotetaan edelleen laajasti niiden ollessa myös Norjassa määrääviä.

Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden välisen yhteistyön merkitys tuli vahvasti esille Rv3/25 Løten - Elverum tiehankkeessa, jossa urakoitsija kertoi suunnittelijoille mitä tietomalliaineistoja työmaalla tarvitaan ja pystytään hyödyntämään. Urakoitsijoilla on omat tiedonhallintasuunnitelmat, joilla suunnittelijoille avataan yksityiskohtaisesti se, mitä työmaalla tarvitaan. Yhteisenä haasteena on tietomallinnuksen henkilöityminen ja ihmisten sitouttaminen tietomallinnuksen edellyttämiin prosesseihin. Prosessien pitää olla myös riittävän selkeitä ja muokattavissa, jos hankkeen aikana työnkulku koetaan liian raskaaksi. (Tampereen yliopisto, 2021b)

### 3.1.4 Tietomallinnuksen vaatimukset ja ohjeistukset

Suomessa tietomallintamisen kehitystyötä edistää yhteistyöfoorumi buildingSMART, jossa on mukana talo- ja infra-alan omistajia sekä palveluntuottajia, kuten suunnittelijoita ja urakoitsijoita. Yhteistyöfoorumin tarkoituksena on tukea tietomallinnuksen käyttöönottoa ja kehitystä. Sen julkaisuihin kuuluvat muun muassa yleiset inframallivaatimukset (YIV), jotka sisältävät ohjeita ja vaatimuksia lähtöaineistolle, suunnittelun eri vaiheille sekä rakentamiselle. Tulevaisuudessa ohjeeseen on tarkoitus lisätä myös osiot käytölle ja kunnossapidolle. YIV-ohjeiden tavoitteena on ohjata infra-alan mallintamista yhdenmukaiseksi ja saavuttaa tietty mallinnuksen vähimmäistaso kaikissa infrahankkeissa. YIV-ohjeiden ensimmäinen versio julkaistiin 2015 ja päivitystyö valmistui 2019. Ohjeita päivitetään työkalujen, osaamisen ja prosessien kehittymisen myötä. buildingSMARTin organisaatio on myös Inframodel-tiedonsiirtoformaatin ja InfraBIM-nimikkeistön kehittämisestä vastuussa. Inframodel-tiedonsiirtoformaatin tavoitteena on toimia suunnitteluohjelmien ja työmaan tiedonsiirrossa. InfraBIM-nimikkeistössä on esitetty numeroinnit ja nimet inframalleille. (buildingSMART Finland, 2019)

YIV-ohjeita voidaan käyttää vaatimuksina tarjouspyynnöissä, mutta niiden laajuuden ja yleispätevyyden takia ne voivat tehdä hankkeen mallinnuksesta raskaan. Tiesuunnittelussa tärkeämmäksi on muodostunut Väyläviraston tie- ja ratakankkeiden inframalliohjeen soveltaminen hankekohtaisesti. Ohjeessa on esitetty tarkemmat vaatimukset tie- ja ratakankkeiden mallinnukselle suunnitteluvaiheittain. Mallinnusvaatimukset löytyvät rakennusosittain esitettynä ohjeen liitteenä olevasta inframallin tarkkuusvaatimukset - taulukosta. Tärkeää on myös tarjousvaiheessa laatia alustava tietomallisuunnitelma, jossa on esitetty, miten hankkeessa tietomallinnus toteutetaan. Siltojen tietomalliohje löytyy Väylävirastolta erikseen. (Väylävirasto, Tie- ja ratakankkeiden inframalliohje, 2017)

Tiedonhallinnan merkitys on viimeisimpinä vuosina kasvanut inframallinnuksen myötä. Tiedonhallintaan liittyvät ohjeet ovat parantaneet tiedonsiirtoa suunnitteluvaiheesta toiseen, ja varsinkin lähtötietojen osalta voidaan sanoa tilanteen parantuneen viimeisten vuosien aikana. Lähtötietojen nykyinen tiedonhallintaprosessi otettiin käyttöön YIV-ohjeiden mukana. Väylän tiedonhallintaohjeessa (Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta

Velho-järjestelmässä) on esitetty, miten väylähankkeissa muodostuva aineisto tulee koota luovutusta varten. Lähtötietojen osalta kyseisessä ohjeessa ei poiketa YIV-ohjeista kansiorakennetta lukuun ottamatta. Suunnitelmien osalta tilanne uudistui ohjeessa esitettyjen aineistojaottelujen johdosta. Aikaisemmin suunnitelmien luovutuksen tiedonhallintarakenteissa sovellettiin sisältö- ja esitystapaohjeita yritys- tai hankekohtaisesti. (Väylävirasto, Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velho-järjestelmässä, 2020)

### 3.1.5 Tietomallinnuksen ohjelmistot

Tietomallipohjaisissa hankkeissa joudutaan usein käyttämään useampaa eri ohjelmistoa tarvittavien asioiden mallintamiseen ja tiedonhallintaan. Isoimmat ohjelmistoyritykset infra-alan suunnittelussa ovat Trimble ja Autodesk, joilla molemmilla on useampia eri ohjelmistoja infran suunnitteluun. Suomessa infrasuunnittelussa käytetään eniten Trimblen Novapoint ja Tekla Civil -ohjelmistoja. Autodeskin AutoCAD Civil 3D -ohjelmistoa käytetään myös jonkun verran Suomessa, mutta sen käyttö on laajempaa muissa maissa, kuten Ranskassa. Varsinaisten suunnitteluohjelmien lisäksi joudutaan usein käyttämään muita ohjelmia tietomallien viimeistelyyn, tarkistamiseen ja tiedonsiirron hoitamiseen. Suomessa sekä suunnittelijat että urakoitsijat hyödyntävät tässä usein Novatronin 3D-Win-ohjelmistoa tai AutoCAD-ohjelmaa. Näiden lisäksi joissain infran mallinnustehtävissä on havaittu hyväksi hyödyntää 3D-mallintamiseen soveltuvia ohjelmia kuten Rhinoceros 3D. Useamman ohjelmiston käyttämiseen johtaa myös ohjeissa ja vaatimuksissa esitetyt asiat, jotka eivät välttämättä onnistu yhdellä ohjelmalla tai jotka ovat jollain toisella ohjelmalla selvästi helpompia tehdä. Infrahankkeissa toteutetaan usein myös siltoja tai muita taitorakenteita. Taitorakenteiden suunnittelussa käytetään Suomessa pääasiassa Tekla Structures -ohjelmistoa, mutta suosittuja ovat myös Autodeskin tuotteet kuten Revit. (Tampereen yliopisto, 2021b)

Ohjelmistot mahdollistavat pääsääntöisesti suunnittelijoiden työskentelyn yhteisissä tietomalliprojekteissa. Suomessa ja Norjassa on laajasti käytössä Trimblen Quadri - tietomallipalvelin, joka toimii alustana eri ohjelmistoille. Palvelimelle pystytään järjestämään myös pääsy urakoitsijoille ja tilaajille. Projekteissa tiedonsiirtoa ohjelmasta toiseen tapahtuu

kuitenkin jonkin verran ja isoissa hankkeissa tietomalleja joudutaan jopa pilkkomaan osiin toiminnan varmistamiseksi. Näin tehtiin ennakoivasti Raide - Jokeri -hankkeessa, ja E6 Kolomoen - Arnkvern -hankkeessa malli jouduttiin pilkkomaan kahteen osaan kesken hankkeen. Siltojen kuorimalleja eli tilavuusmalleja joudutaan myös välillä hyödyntämään tietomallin keventämisessä. (Tampereen yliopisto, 2021b, s. 24; ks. myös s. 77)

Tiedonhallinnan ohjelmistokirjo on vielä monipuolisempi kuin suunnittelussa. Usein toimijoilla on omat projektipankit ja tavat hoitaa tiedonhallinta. Projektipankkeja ja tiedonhallintajärjestelmiä otetaan usein myös hankekohtaisesti käyttöön. Vt 12 Lahden eteläinen kehätie -hankkeessa oli käytössä kolme projektipankkia, jonka lisäksi aineistoa oli urakoitsijan verkkolevyillä. Tämä koettiin tiedonhallinnan näkökulmasta hankalaksi. Mt 132 Klaukkalan ohikulkutie -hankkeessa käytössä oli vain yksi projektipankki ja urakoitsijan näkökulmasta tiedonhallinta oli sujuvaa. Toisaalta yhden projektipankin käyttäminen toi myös teknisiä haasteita, sillä alustalle ei saatu kaikkia tietomalliaineistoja siirrettyä. Muita haasteita tiedonhallinnassa voi luoda hankkeiden suunnittelukokonaisuuksien pilkkominen liian pieniin osiin. Tiedonhallinnan haaste ja sen merkitys näkyy myös siinä, että monessa hankkeessa on ollut useampia tietomallikoordinaattoreita tai tiedonhallintakoordinaattoreita. (Tampereen yliopisto, 2021b, s. 33; ks. myös s. 67)

### **3.1.6 Tietomallinnus tiesuunnitteluprosessissa**

Tiesuunnittelua tehdään useassa eri vaiheessa ja vaiheiden määrä riippuu hankkeen koosta sekä vaikutuksista. Suunnittelu voidaan aloittaa esiselvityksellä tai yleissuunnitelmalla ja välillä suunnittelu aloitetaan suoraan liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain mukaisesta tiesuunnitelmasta. Vaikutuksiltaan tai toimenpiteiltään vähäisen kohteen voi suunnitella suoraan myös rakennussuunnitelmana. Esimerkkinä tästä voisi olla asemakaava-alueella oleva maantiekohde, jonka vaikutukset on jo kaavavaiheessa selvitetty. Suunnittelun vaatimukset ja tarkkuus kasvavat hankkeen toteutuksen lähestyessä. Kohteesta riippuen voi myös alustavissa suunnitteluvaiheissa olla tarkkaankin suunniteltuja ratkaisuja. Varsinaisen tiesuunnittelun lisäksi tiehankkeissa on usein mukana muitakin tekniikkalajeja, kuten silta ja muut taitorakenteet, pohjarakentaminen, tieympäristö, vesihuolto, valaistus ja liikenteen ohjaus.

Tiesuunnittelun vaiheesta riippumatta tietomallintaminen projektissa aloitetaan yleensä tietomallisuunnitelman ja inframallinnuksen tason määrittämisellä.

Tietomallisuunnitelmassa esitetään usein tietomallintamisen tavoitteet, käyttötarkoitus, tarkkuustaso, noudatettavat ohjeet, organisaatio ja tiedonhallinta. Hankkeessa noudatettavien ohjeiden lisäksi on tärkeää sopia erikseen hankkeelle soveltuvat mallintamisen käytännöt. Mallintamisen pääpaino on yleensä ensimmäisissä suunnitteluvaiheissa havainnollistamisessa, tilatarpeiden määrittämisessä ja sidosryhmäyöskentelyssä. Rakennussuunnitelmavaiheessa tehtyjä malleja on tarkoitus käyttää rakentamisessa ja koneohjauksessa, joka edellyttää malleilta riittävää tarkkuutta. Mallinnusperiaatteita voi olla myös tarpeellista muuttaa suunnittelun aikana, sillä usein ei voida varsinkaan ilman edeltäviä suunnitteluvaiheita tietää, mitä kaikkea projektissa tulee mallinnettavaksi ja mikä niissä olisi sopiva tarkkuus. Etenkin rakennussuunnitelmavaiheessa tietomallinnuksen käyttötarkoitus ja tarkkuustaso on järkevä räätälöidä hankkeeseen sopivaksi sekä mahdollisuuksien mukaan huomioida urakoitsijan tarpeet ja mahdollisuudet hyödyntää malliaineistoja. Hankkeelle nimetään usein tietomallikoordinaattori, joka ohjaa suunnittelua niin, että se vastaa mallinnusvaatimuksia.

Tietomallityöskentelyn ensimmäisessä vaiheessa kootaan lähtötietoaineisto (nykytilaa kuvaava aineisto), johon aineistoa kerätään eri lähteistä, dokumentoidaan ja jalostetaan projektissa käytettäväksi. Yleensä aineistot pyritään käsittelemään avoimeen muotoon, jolloin käytettävillä ohjelmistoilla ei ole merkitystä. Lähtötietoaineiston käsittelyprosessi on melko yksinkertainen, mutta voi aineistosta riippuen olla työlästä ja aikaa vievää.

Suunnittelijalle toimitettu alkuperäinen ja muokkaamaton aineisto tallennetaan raaka-aineeseen ja dokumentoidaan lähtötietoluetteloon. Tämän jälkeen tarvittavat raaka-aineet jalostetaan, tallennetaan ja dokumentoidaan lähtötiedon puolelle. Raaka-ainetta ei käytetä suunnittelun lähtötietona - siellä säilytetään alkuperäinen aineisto sellaisenaan.

Lähtötietoaineisto päivittyy suunnittelun aikana ja tavoitetilassa siirtyy tiesuunnitteluvaiheesta toiseen käyttövalmiina. Hyvin koottu ja dokumentoitu lähtötietoaineisto parantaa aineistojen luotettavuutta sekä helpottaa suunnittelun aloittamista, vaikka suunnittelija vaihtuisi. Joskus lähtötietoaineisto kootaan ennen varsinaisen suunnittelutoimeksiannon käynnistämistä.

Ohjelmistojen kehittymisen myötä tiesuunnittelu tapahtuu nykyään käytännössä aina tietomallipohjaisesti. Yhteiset tietomallipalvelimet, joissa useampi suunnittelija voi työskennellä samanaikaisesti, on edistänyt mallipohjaista suunnittelua. Suunnittelijat jakavat omat suunnitelmansa palvelimelle muiden hyödynnettäväksi, ja riippuen mallien päivitystahdista, voi palvelimelta nähdä suunnittelun tilanteen lähes reaaliajassa. Tietomallipalvelimella sijaitsevaa projektia voidaan myös käyttää yhdistelmämallina, jossa eri tekniikkalajien mallit yhteensovitetaan. Suunnittelun kannalta oleelliset lähtötiedot on myös tallennettu tietomallipalvelimelle. Karkeat virheet on helppo havaita tarkastelemalla suunnitelmaratkaisuja kolmiulotteisessa näkymässä, mutta monta asiaa joudutaan edelleen varmistamaan kaksiulotteisilla tarkasteluilla. Usein myös työkalut, joilla tiesuunnittelua tehdään, toimivat kaksiulotteisten kartta- ja leikkausnäkyvien kautta. Kaikki ohjelmistot eivät myöskään keskustele suoraan keskenään ja jonkun verran joudutaan kirjoittamaan siirtotiedostoja palvelimelle vietäväksi. Yhteistä tietomallipalvelinta ja yhdistelmämallia hyödynnetään suunnittelussa laajasti, mutta se ei ole kuitenkaan poistanut suunnittelijoiden välistä kommunikaatiotarvetta. Mallien käyttäminen on pikemminkin lisännyt kommunikaation tarvetta, ja samalla luonut sille hyvät edellytykset. Projektikokouksissa ja viestinnässä yhdistelmämallia käytetään vaihtelevasti ja sen hyödyntäminen riippuu paljon projektissa mukana olevista henkilöistä.

Projektin lopussa suunnitteluvaiheesta riippumatta aineistoja viimeistellään, kirjoitetaan ulos eri tiedostoformaateissa, tarkistetaan, dokumentoidaan ja kootaan luovutusaineistoksi. Tarkistusprosessiin kuuluu itselleluovutus, jossa tietomallien osalta tarkistetaan mallien sisältö, luovutusformaattit ja dokumentoinnit. Tietomallin itselleluovutus tehdään yleensä tietomallikoordinaattorin toimesta ja siitä laaditaan itselleluovutusdokumentti. Suunnitelmien, ja sitä kautta mallien, tekninen oikeellisuus varmistetaan yleensä suunnittelun muun laadunvarmistuksen kautta. Piirustusten ja mallien sisällöt tulee vastata toisiaan. Mallien lisäksi kirjoitetaan tietomalliselostus, jossa kuvataan tarkemmin lähtötietoaineisto, kansiorakenne, suunnittelussa käytetyt ohjelmistot, suunnittelumallien sisältö, luovutusformaattit ja mahdolliset poikkeamat vaatimuksista tai puutteet, jotka tulee huomioida seuraavassa suunnitteluvaiheessa tai rakentamisessa. Inframalleista laaditaan oma luettelo, joka toimii suunnitelmamallien piirustusluettelona. Luovutusaineistoon

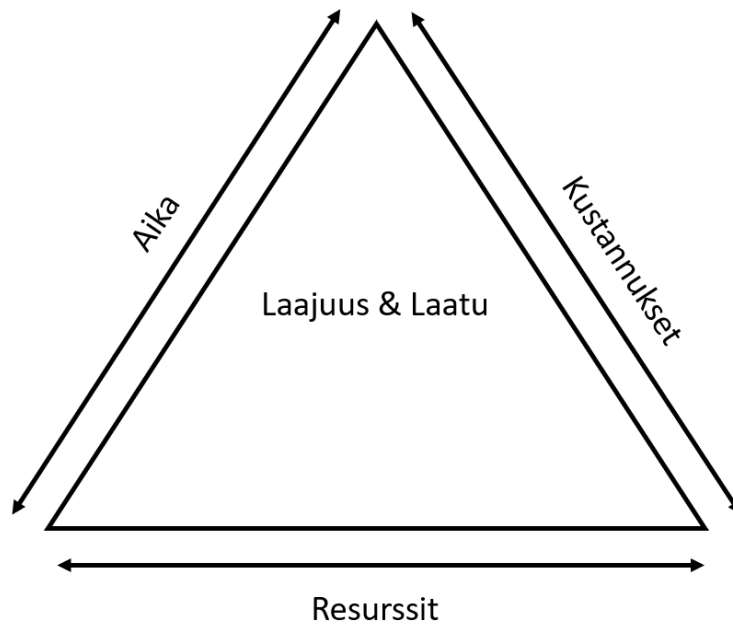
lisätään usein myös natiivimalli eli suunnitteluohjelman tietokanta, joka sisältää kaiken palvelimelle tallennetun tiedon.

### 3.2 Projektinhallinnasta yleisesti

Projekteja on erityyppisiä ja kokoisia, ja jokainen niistä on yksilöllinen kokonaisuus, jolla on tavoite, aikataulu, budjetti ja vaatimukset. Projekti tarvitsee ympärilleen toteuttavan organisaation, jota johtaa projektipäällikkö käyttämällä projektinhallinnan menetelmiä. Projektinhallinta on prosessi, jolla pyritään saavuttamaan mahdollisimman hyvä lopputulos projektille. Yleensä prosessissa joudutaan tasapainoilemaan kustannusten, ajan ja laadun kanssa. Näiden lisäksi projektinhallinnan perinteisiin osa-alueisiin kuuluvat laajuus, resurssit, riskit, viestintä, hankinnat ja sidosryhmät. Eri projekteissa näillä osa-alueilla on erilainen merkitys, mutta usein asiakkaan ja projektinhallinnan osalta keskitytään kustannuksien hallitsemiseen, aikataulussa pysymiseen ja laadukkaaseen lopputulokseen. (Ward, 2018, ss. 6–10)

Kustannusten, aikataulun ja laadun hallitsemisen osalta erityisen tärkeää on projektin laajuuden ymmärtäminen ja määrittäminen ennen kuin varsinainen työ käynnistyy. Laajuudella tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka tulee tehdä projektin tavoitteiden saavuttamiseksi. Suunnitteluprojekteissa tätä voisi kutsua suunnittelun suunnitteluksi. Projektinhallinnan osa-alueiden määrittäminen varmuudella varsinkin pitkäkestoisessa projektissa on käytännössä mahdotonta, sillä projektin aikana tapahtuu muutoksia, joita ei ole voitu ennakoida projektisuunnitelmassa. Muutosten hallitseminen onkin tärkeä osa projektinhallintaa, sillä muutoksilla voi olla isoja vaikutuksia kustannuksiin, aikatauluun ja laatuun. (Ward, 2018, s. 74) Näiden osa-alueiden vuorovaikutusta ja riippuvuutta voidaan esittää projektinhallinnan kolmiona (kuva 2), jossa esimerkiksi muutos laajuuteen aiheuttaa melko varmasti muutoksen aikatauluun, kustannuksiin ja tarvittaviin resursseihin. Wysockin (2019, ss. 11–12) mukaan laajuus onkin projektinhallinnan osa-alueista tärkein. Laadun esittäminen keskellä kuvastaa sitä, että mikäli ympärillä olevien osa-alueiden muutoksia ei tasapainoteta keskenään, tulee laatu kärsimään.

Kuva 2 Projektinhallinnan kolmio (Wysocki, 2019, s. 14).



Kustannuksilla tarkoitetaan projektia varten varattua budjettia, jolla mahdollistetaan projektin tavoitteisiin pääseminen. Budjetti määritellään yleensä projektin alkuvaiheessa ja usein se tapahtuu tarjousvaiheessa, jossa palveluntuottaja tekee asiakkaalle ehdotuksen tehtävästä työstä ja sen kustannuksista. Kustannuksia muodostuu käytetyistä resursseista eli tehdystä työstä, materiaaleista, ohjelmista ja muista kuluista. Wardin (2018, s. 11) mukaan projektin suunnitteluvaiheen ja budjetin määrittämisen jälkeen on lähes mahdotonta saavuttaa yli 15 % säästöjä muuttamatta projektin sisältöä suuremmin. Toisin sanoen 85 % projektin kustannuksista on siinä vaiheessa lukittu ja myöhemmässä vaiheessa tapahtuvat laajuuden muutokset aiheuttavat isoja vaikutuksia kustannuksiin sekä mahdollisesti aikatauluun ja resursseihin. Riittämätön budjetti aiheuttaa yleensä myös vaikutuksia projektin lopputuloksen laatuun. (Ward, 2018, s. 11)

Aikataululla tai ajanhallinnalla tarkoitetaan projektille varattua aikaa, jonka sisällä projekti tulee saada valmiiksi. Yleensä projektilla on selkeä ajankohta, jolloin kaiken tulee olla valmista. Aika ja kustannukset ovat tiiviisti yhteydessä toisiinsa; projektissa käytettävissä oleva aika pienenee samalla kun kustannukset kasvavat. Projektinhallinnan tavoitteena on käyttää projektille varattu aika mahdollisimman tehokkaasti. Aikataulun pettäminen aiheuttaa yleensä vaikutuksia resursseihin, kustannuksiin ja laatuun. (Wysocki, 2019, s. 13)

Laadunhallinta projektissa muodostuu kahdesta osasta: tuotteen laadusta ja prosessin laadusta. Tuotteen laadulla tarkoitetaan projektin lopputuotoksena tehdyn tuotteen laatua. Laadunhallintaa tuotteen osalta tehdään yleensä sekä palveluntuottajan ja asiakkaan toimesta. Prosessin laadulla tarkoitetaan projektinhallinnan laatua. Laadukkaalla projektinhallinnalla pystytään vaikuttamaan moniin eri osa-alueisiin ja projektin onnistumisen todennäköisyyteen. (Wysocki, 2019, s. 12)

Resursseilla tarkoitetaan työntekijöitä, työkaluja tai tiloja. Suunnitteluprojekteissa tärkein resurssi on ihmiset, ja projektiin tulee määrittää riittävä määrä henkilöitä tavoitteiden saavuttamiseksi. Projektin alussa osallistuvien henkilöiden määrä on pieni ja toteutusvaiheessa taas suuri, jolloin muutokset tai aikataulusta myöhästyminen voi jälleen aiheuttaa isoja vaikutuksia kustannuksiin. Tästä syystä projektin huolellinen suunnittelu ennen varsinaisen työn tekemistä on tärkeää. Projektin henkilöstömäärä vähenee, kun päästään lähemmäksi projektin valmistumista. (Wysocki, 2019, s. 13)

### **3.3 Projektinhallinta tiesuunnittelussa**

Tiesuunnitteluprojektien sisältö riippuu suunniteltavasta kohteesta ja vaiheesta. Suunnitteluvaiheita ohjaa Väyläviraston lakeihin ja asetuksiin perustuvat ohjeistukset. Eri vaiheiden suunnitteluprosessit ovat pääpiirteittäin samat hankkeesta toiseen. Isoimpana muuttujana on hankkeen koko, joka tiehankkeissa, ja infrahankkeissa yleisesti, tarkoittaa isompia vaikutuksia ympäristölle. Vaikutusten johdosta tarvitaan esimerkiksi enemmän viestintää sidosryhmille ja selvityksiä vaikutuksista ympäristölle. Lähempänä hankkeen toteutusta suunnitteluun vaikuttaa myös valittu projektimalli. Perinteinen malli on tehdä rakennussuunnitelma tilaajalle, joka kilpailuttaa suunnitelmalle toteuttajan eli urakoitsijan. Suunnittelijan ja urakoitsijan välistä kommunikaatiota ei välttämättä tapahdu ollenkaan. Moderneissa projektimalleissa (suunnittele ja toteuta, allianssimalli) korostuu tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan yhteistyö.

Projektinhallinnan näkökulmasta saman suunnitteluprosessin toistuvuus ja olemassa olevat ohjeistukset helpottavat projektin suunnittelua. Tähän toistuvaan prosessiin pohjautuu tiesuunnitteluprojektia varten laadittava projektisuunnitelma, jonka tavoitteena on

määritellä tehtävän sisältö, organisaatio ja aikataulu. Muita projektisuunnitelmassa tavallisesti esitettäviä asioita ovat riskien-, kustannusten- ja laadunhallinta sekä vuorovaikutusasiat. Aiemmin mainittu tietomallisuunnitelma voi myös olla osa projektisuunnitelmaa. Projektisuunnitelman sisältöön vaikuttavat yrityksen käytännöt ja tarjouspyynnön vaatimukset. Suunnittelutyön kustannukset voidaan esittää projektisuunnitelmassa, mutta yleensä ne esitetään tarjouskirjeessä, jonka liitteenä projektisuunnitelma on. Projektisuunnitelma on tärkeä käydä myös tilaajan kanssa läpi ja näin usein tehdään työn alussa tilaajan kanssa pidettävässä sopimuskatselmuksessa tai viimeistään aloituskokouksessa.

Tiesuunnitteluprojektien organisaatio koostuu tilaajasta, suunnittelijoista ja muista sidosryhmistä. Tilaajana toimii yleensä aina julkinen sektori, joka tilaa kilpailuttaen, tai suoraan suunnittelua konsulttitoimistoilta. Muita sidosryhmiä suunnittelussa ovat esimerkiksi hankkeen vaikutuspiirissä asuvat asukkaat ja yritykset. Suunnittelijan organisaatiossa avainhenkilöitä projektipäällikön lisäksi ovat pääsuunnittelija, tekniikkalajivastaavat ja tietomallikoordinaattori. Isoissa hankkeissa suunnittelijoita saattaa olla useammasta eri yrityksestä. Tiesuunnitteluprojekteissa hankkeiden ohjaamista ja päätöksentekoa varten perustetaan yleensä aina hankeryhmä, jonka tärkeimmät tehtävät ovat asettaa hankkeelle yhteiset tavoitteet ja tehdä työn aikana päätöksiä, jotka vaikuttavat laajuuteen, laatuun, valittuihin vaihtoehtoihin ja kustannuksiin. Hankeryhmään kuuluu yleensä tilaajien ja konsultin edustajat, mutta siihen voidaan sisällyttää tarvittaessa muitakin sidosryhmiä. Isoissa hankkeissa hankeryhmät saattavat muodostua isoiksi ja käsiteltäviä asioita voi olla paljon, jolloin voi olla hyödyllistä perustaa erikseen projektinhallintaryhmä, joka muodostuu tilaajan ja konsultin projektinjohdon henkilöistä. Projektinhallintaryhmässä voidaan käsitellä pienempiä suunnitteluasioita ja valmistella hankeryhmässä käsiteltäviä asioita. Näiden ryhmien lisäksi voi olla tarpeellista perustaa eri työryhmiä, joissa käsitellään eri tekniikkalajien suunnittelun yksityiskohtia.

Tiesuunnitteluprojektien aikataulujen laatimisen lähtökohtana on usein tilaajan asettama ajankohta suunnitelmien valmistumiselle. Tähän aikarajaan suunnittelukonsultti pyrkii projektisuunnitelmassa esitetyllä aikataululla ja suunnittelun resurssoinnilla.

Tiesuunnitteluprojektien aikataulu muodostetaan yleensä jana-aikatauluina, johon on

janoina merkitty eri tehtävät sekä vaiheet aloitus- ja lopetusajankohdilla. Yhtenä tapana on muodostaa projektin työvaiheiden osittaminen aikatauluun Väyläviraston suunnitteluvaiheen toimintaohjeiden mukaan. Toimintaohjeissa on ohjeistettu erillisinä ja numeroituina kokonaisuuksina suunnitelman laatiminen projektin lähtökohtien ja lähtötietojen keruusta aina asiakirjojen kokoamiseen asti. Lähtökohtien määrittämisen jälkeen on vuorossa väyliin liittyvät suunnittelutehtävät, mikä on loogista siinä mielessä, että väyläsuunnitelmat toimivat lähtötietona kaikkien muiden tekniikkalajien suunnittelussa. Muiden tekniikkalajien välillä on enemmän vaihtelua työvaiheiden välisissä riippuvuuksissa ja järjestyksessä. Tärkeät ajankohdat, kuten yleisötilaisuus tai projektin ajateltu päätöspäivä, nostetaan yleensä aikataulussa erikseen esille ja ne ovat vaiheita, joita edeltää usein suuri työmäärä käytännössä kaikkien tekniikkalajien osalta.

Projektien seurannassa hyödynnetään yleensä jonkinlaista projektinhallintajärjestelmää, johon syötetään projektin tiedot ja tehty työ. Projektinhallintajärjestelmään kertyy projektin aikana suuri määrä numeerista ja luokiteltua tietoa. Projektinhallinnan näkökulmasta järjestelmässä tarkastellaan yleensä budjetteja, mutta sieltä löytyy muun muassa tietoa eri työvaiheisiin käytetystä ajasta. Projektinhallintajärjestelmässä projektit voidaan jakaa osaprojekteihin, jotka muodostetaan yleensä tekniikkalajeittain. Osaprojektien sisällä voidaan käyttää tehtäviä kuvaamaan eri työvaiheiden kokonaisuuksia ja vielä tarkemmalla tasolla yksittäinen suunnittelija kirjaa tehdyn työn selitteen. Monialaisissa ja suurissa projekteissa on usein haastavaa hahmottaa mistä toteuma muodostuu, koska niissä on yleensä todella paljon työntekijöitä monesta eri yksiköstä tekemässä tuntikirjauksia eriäviin tehtäviin.

Projektipäällikön tehtävät tiesuunnittelun projektinhallinnassa alkaa usein tarjouksen ja projektisuunnitelman laatimisesta. Kun työ on tilattu, on projektipäällikön vastuulla käynnistää suunnittelu ja seurata suunnittelun etenemistä projektisuunnitelman mukaisesti. Projektin omistajana on yleensä yksikönpäällikkö, jolle projektipäällikkö raportoi projektin etenemisestä. Projektipäällikkö on usein pääasiallinen yhteyshenkilö tilaajan suuntaan ja hän vastaa myös kokouksissa käsiteltävien asioiden valmistelusta. Suunnitelmien ja työvaiheiden yhteensovittamisen lisäksi projektipäällikkö osallistuu usein myös suunnitteluun, varsinkin eri vaihtoehtojen välillä tehtäviin päätöksiin. Tärkeät vaihtoehto- tai suunnitelmaratkaisut

tulee käsitellä myös tilaajan kanssa. Projektipäällikkö seuraa projektin edetessä aikataulua, tuntien- ja kustannusten muodostumista sekä vastaa laskutuksen hoitamisesta tilaajan kanssa sovitun mukaisesti. Näiden lisäksi päävastuu laadun- ja riskienhallinnasta sekä lisä- ja muutostöiden hallinnasta on projektipäälliköllä, vaikka projektissa olisi vastuuta jaettu esimerkiksi tekniikkalajivastaaville. Projektin päätösvaiheessa projektipäällikkö huolehtii, että arkistointi, laskutus ja loppukokoukset on hoidettu ennen projektin sulkemista.

### **3.4 Tietomallinnuksen ja projektinhallinnan yhteys**

Wysockin (2019, s. 35) mukaan eräitä projektinhallinnan haasteita ovat teknologian kehittymisen tuomat muutokset ja markkinatilanteen muuttuminen. Tietomallinnuksessa voidaan nämä haasteet nähdä vaikuttamassa projekteihin uusien suunnitteluohjelmistojen, menetelmien, vaatimusten ja ohjeiden muodossa. Uusien teknologioiden käyttöönotto on usein henkilöitynyttä ja sama voidaan sanoa tapahtuneen tietomallinnuksen osalta infra-alalla. Tietomallinnuksen tulo alalle muodosti tarpeen kokonaan uusille rooleille. Hankkeissa tarvitaan ja nimetään usein tietomallikoordinaattori, joka vastaa käytännössä kaikesta teknisestä tietomallinnukseen liittyvästä. Toinen uusi rooli on tiedonhallintakoordinaattori. Moni YIV-ohjeissa esitetyistä tietomallikoordinaattorin tehtävistä liittyy oleellisesti myös projektinhallinnan osa-alueisiin, kuten mallintamisen suunnittelu ja aikataulutus, yhteensovitus, laadunvarmistus ja tietomallinnukseen liittyvä viestintä. Pienemmissä hankkeissa pääsuunnittelija voi toimia samanaikaisesti myös tietomallikoordinaattorina. YIV-ohjeiden mukaan projektipäällikön roolina tietomallinnuksessa on vastata mallinnuksen johtamisesta osana muita projektinjohdollisia tehtäviä. Tietomallien käyttäjänä projektinjohto on ohjeen mukaan tyypillisesti katselija tai kommentoija. (buildingSMART Finland, 2019, ss. 22–23)

Rokoein (2015, s.94) mukaan tietomallinnuksen rooli projektinhallinnassa on merkittävä, mutta kuten mitä tahansa projektinhallinnan työkalua, tulee projektipäällikön osata hyödyntää sitä. Tietomallin perusajatuksena on koota kaikki tieto yhteiseen malliin, ja riippumatta siitä, mitä ohjelmistoa tai vaatimuksia kyseisessä projektissa hyödynnetään, on kyse kokonaisuuden hallinnasta. Kokonaisuuden hallinta on yksi kaikissa projekteissa esiintyvistä osa-alueista, ja se on tiedonkulun varmistamisen ohella projektipäällikön

tärkeimpiä tehtäviä. Nämä ovat tärkeitä minkä tahansa projektin onnistumisessa, mutta tietomalliprojektissa niiden merkitys on vielä suurempi. Projektipäällikön tulisi olla myös tietomallisuunnitelman laadinnassa mukana, sillä tällä on vaikutuksia useisiin projektinhallinnan osa-alueisiin. Projektipäällikön tulee ymmärtää ja olla mukana määrittämässä mitä, miten ja kenen toimesta mallinnusta tullaan tekemään, jotta hän pystyy arvioimaan sen vaikutuksia projektinhallinnan näkökulmasta. Tietomallinnuksen vaatimukset tulisi myös aikatauluttaa ja huomioida koko projektin aikataulussa. (Barnes, 2021, s. 31; ks. myös s. 35)

Barnesin (2021, s. 35; ks. myös s. 4) mukaan tietomallinnuksella on suuri rooli projektinhallinnassa etenkin yhteistyön parantamisen, yhteensovittamisen ja viestinnän osalta. Etenkin projektipäällikön osuus tietomallinnuksen onnistumisessa on tärkeä, sillä projektipäällikön rooli, tehtävät ja vastuut vaikuttavat suoraan tietomallinnuksen onnistumiseen. Tällä hetkellä projektipäälliköt eivät hyödynnä tietomallinnusta täysimääräisesti ja yhtenä syynä on esitetty, että tietomallinnus nähdään tällä hetkellä puhtaasti suunnittelijan työkaluna. Vähäinen hyödyntäminen projektinhallinnassa johtuu osittain myös projektipäälliköiden tietomallinnusosaamisen puutteesta ja passiivisuudesta sen käyttöönottoon liittyen. Samankaltaiseen tulokseen päätyi Rokooei (2015, ss. 87–95) selvityksessään, jossa hän tutki tietomallinnuksen ja projektipäällikön roolin yhtäläisyyksiä rakennusprojekteissa. Sen mukaan tietomallinnuksen ja rakentamisen projektinhallinnan osa-alueista löytyy vastaavuuksia ja onnistuakseen projektissa, jossa käytetään tietomallinnusta, tarvitsee projektipäällikkö riittävästi tietoa ja kokemusta tietomallinnuksesta.

#### **4 Tapaustutkimus ja data-analyysi**

Tässä luvussa esitellään menetelmät ja prosessi, joilla työn alussa esitettyihin kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen on haettu vastauksia. Menetelmissä hyödynnetään yrityksen toimittamaa projektidokumentaatiota sekä projektinhallintajärjestelmään kertynyttä dataa. Data analysoidaan Microsoft Excel -ohjelmistolla. Tapaustutkimuksissa perehdytään yhteen rakennussuunnitelmavaiheen tiesuunnitteluprojektin projektisuunnitelmaan, inframallidokumentaatioon ja projektinhallintajärjestelmään

kertyneeseen dataan. Tämän lisäksi analysoidaan erikseen kolmen muun tiesuunnitteluprojektin projektinhallintajärjestelmään kertynyt data samoilla menetelmillä kuin ensimmäisessä tapaustutkimuksessa. Näitä projekteja kutsutaan nimillä A, B, C ja D. Lopuksi koko datasetille tehdään analyysi, jonka tavoitteena on selvittää niin tietomallinnuksen kuin muiden työvaiheiden vaikutuksia laajalla otannalla. Datasetistä analysoidaan siis sekä yksittäisiä projekteja että koko aineistoa.

#### **4.1 Datan kuvailu ja valmistelu**

Data-analyysissä hyödynnettiin yrityksen toimittamaa Excel-aineistoa, joka sisältää 418 erityyppisen tiesuunnitteluprojektin tuntikirjaukset. Tuntikirjausdata sisältää sekä numeerista että kategorista aineistoa. Projektit sijoittuvat ajallisesti vuosille 2016–2021. Tiesuunnittelun kaikki eri vaiheet esiselvityksistä rakennussuunnitteluun ja työmaapalveluun asti ovat edustettuna aineistossa. Projektien kesto vaihtelee lyhyistä yhden päivän ajalle kohdistuneista kirjauksista useita vuosia kestäneisiin projekteihin. Tapaustutkimukseen valittujen projektien kestot vaihtelivat vuodesta kahteen vuoteen. Hyvin lyhytkestoisissa projekteissa vaikutusten arviointi voisi olla hankalaa, sillä yleensä niissä on ollut kyse jostain pienestä ja rajatusta toimeksiannosta, joka ei välttämättä liity mallintamiseen mitenkään tai sitten on kyse pelkästään mallintamisesta. Koko projektiaineistolle tehdyssä analyysissä ei tarkasteltu vaikutuksia suhteessa projektien keston.

Yritykselle oli etukäteen toimitettu ohjeet datan muodostamiselle, ja saatu data oli lähtökohtaisesti hyvin jäsenneiltyä, jolloin valmistelevia toimenpiteitä ei juuri tarvinnut tehdä. Saadun taulukon sarakkeet käsittivät 18 muuttujaa, joista analyysien kannalta tärkeimmät tarkasteltavat muuttujat olivat kirjauksen päivämäärä, SKOL-luokka, kirjauksen selite, tehtävän tunniste, projektin nimi, osaprojektin nimi ja kirjattu tuntimäärä. SKOL-luokalla tarkoitetaan suunnittelu- ja konsultointiyrityksissä käytettävää henkilöryhmittelyä, joka kuvastaa tehtävän vaativuutta ja henkilön pätevyyttä kahdeksanportaisella asteikolla. Luokittelua on käytetty analyysissä resurssi- ja kustannusvaikutusten arviointiin.

Aineisto ei sisältänyt projekteissa käytettyjä tunti hintoja. Analyysissä käytettiin kustannusvaikutusten arviointia varten SKOL ry:n 2012 julkaistun tuntihintaseurannan

alarajan lukuja, jotka päivitettiin SKOL ry:n suunnittelukustannusten seurantataulukon avulla vastaamaan vuoden 2021 kustannustasoa (

taulukko 1). Indeksikorjatuissa tuntihinnoissa tehtiin myös kokemuspohjainen 20–30 €/h pienennys SKOL-luokkien E ja 1 tuntihintoihin, jotka indeksikorjausten jälkeen olivat 170 €/h ja 140 €/h. Käytännössä tuntihinnat näiden SKOL-luokkien osalta eivät toteudu näin korkeana. Tuntihinnat voivat myös vaihdella projektista toiseen merkittävästi, joten näiden arvioitujen tuntihintojen käyttäminen on suuntaa antava. Tuntihinnat lisättiin taulukkoon uutena muuttujana.

Taulukko 1 Kustannusvaikutusten arvioinnissa käytetyt tuntihinnat.

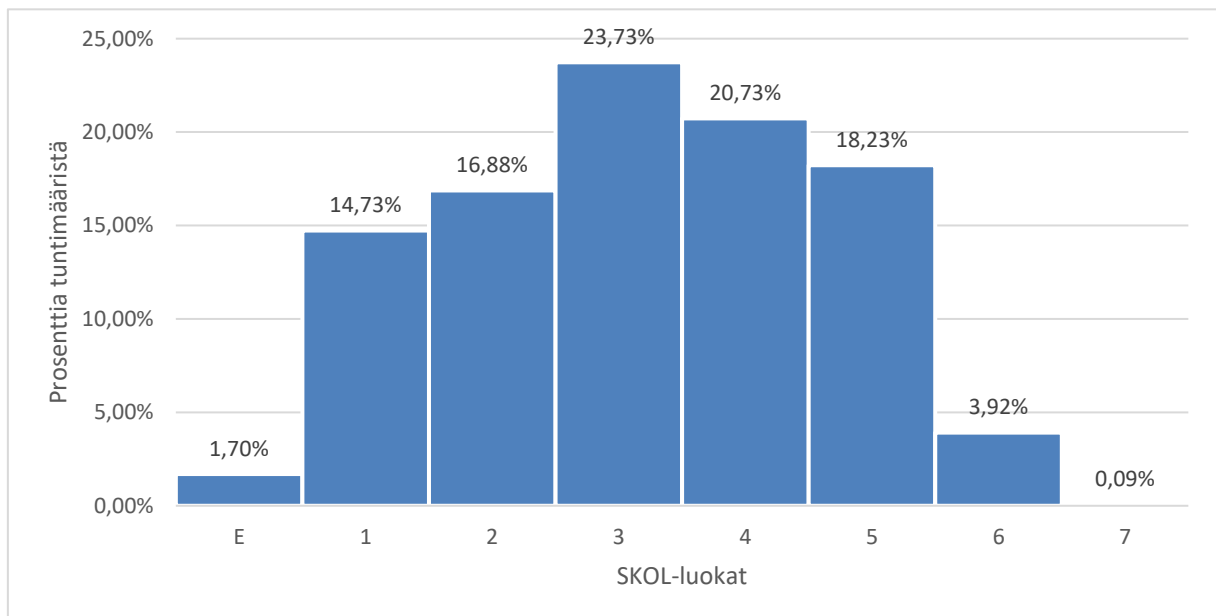
SKOL-luokka	€/h
E	140
1	120
2	110
3	90
4	80
5	70
6	60
7	60

Taulukon rivit sisältävät projektien jäsenten tekemät tuntikirjaukset, joita alkuperäisessä aineistossa oli 131 802. Alkuperäisessä aineistossa oli tuntimäärien osalta 10 510 tyhjää kirjausta ja SKOL-luokan osalta 54 tyhjää kirjausta, jotka poistettiin. Tähän päädyttiin, koska niitä ei pystyisi hyödyntämään vaikutusten analysoimisessa ja samalla aineisto myös keveni käsiteltävyyden osalta. Lopulliseen analysoitavaan aineistoon jäi siis 418 projektia ja 121 346 tuntikirjausriviä. Aineistossa oli jonkun verran negatiivisia kirjauksia tuntimäärien osalta, jotka todennäköisesti ovat projektissa tehtyjä alaskirjauksia tai tuntisiirtoja. Näitä ei kuitenkaan aineistosta poistettu, sillä niiden avulla pystyttiin arvioimaan vaikutuksia

projektin aikajanalla tarkasteltuna. Ylimääräisenä muuttujana taulukkoon lisättiin tuntihintojen lisäksi jokaiselle tuntikirjausriville juokseva numerointi.

Projektin keskimääräinen kesto oli noin kymmenen kuukautta ja keskimäärin projektille kirjattiin noin 720 tuntia. Yhteensä tunteja oli kirjattu 299 071 tuntia. Tuntimäärien SKOL-luokittainen jakauma (kuva 3) muodostaa kuvan työn jakautumisesta eri henkilöryhmille. SKOL-luokan E, joka käsittää johtavat asiantuntijat, osuus on 1,7 % kirjatusta tunneista. SKOL-luokat 1–2, joissa vaaditaan erityistä osaamista ja tehtävät ovat vaativia, käsittävät noin 31,6 % kirjatusta tunneista. Projektipäällikön tehtävät kuuluvat yleensä näihin SKOL-luokkiin. Henkilöryhmittelyn luokat 3–5, jotka edustavat lähinnä suunnittelijoita, käsittävät suurimman osan kirjatusta tunneista prosenttiosuuden ollessa noin 62,7 %. Suunnitteluassistentin, tekniset avustajat ja harjoittelijat kuuluvat SKOL-luokkiin 6–7, joiden osuus kirjatusta työtunneista on noin 4 %.

Kuva 3 Henkilöryhmien osuudet tuntimääristä (n=299 071).



## 4.2 Tapaustutkimukset

Ensimmäinen tapaustutkimus tehtiin projektille A, josta käytettävissä oli projektin tuntikirjausdatan lisäksi projektisuunnitelma, inframallin tarkkuusvaatimukset sekä

tietomalliselostus ja inframalliluettelo. Projekti A sisälsi yhden liikenteellisesti merkittävän väylän ja liittyvien teiden sekä katujen rakennussuunnittelun. Tekniikkalajeja ja muita sidosryhmiä oli mukana useita. Geosuunnittelu ei sisällynyt tarkasteltavaan kokonaisuuteen. Projekti kesti lisä- ja muutostöineen hieman yli kaksi vuotta. Rakennussuunnitelman sisällön lähtökohdaksi oli määritetty tilaajan ohjeistus. Tietomallinnuksen osalta hankkeessa sovellettiin yleisiä inframallivaatimuksia vuodelta 2015 sekä InfraBIM -nimikkeistöä (versio 1.71). Suunnittelu tehtiin Trimblen Novapoint sekä AutoCAD Civil 3D 2017 -ohjelmistoilla. Sillat ja muut taitorakenteet oli mallinnettu Tekla Structures -ohjelmistolla. Tämän lisäksi tietomalliaineiston tarkistamisessa ja tuottamisessa oli käytetty 3D-Win maastomittausohjelmistoa.

Tilaaaja oli asettanut tietomallinnukselle hankekohtaisia tavoitteita ja projektisuunnitelmassa näihin vaatimukseen oli esitetty jonkin verran tarkennuksia. Tietomallinnukselle oli esitetty vastuuhenkilö eli tietomallikoordinaattori, jonka tehtävänä oli vastata koko hankkeen tiedonhallinnasta ja tietomallinnuksesta. Tekniikkalajien mallinnuksen osalta vastuu oli nimetty kyseisen tekniikkalajin pääsuunnittelijalle tai erikseen nimetyille mallintajille. Yhtenä hankekohtaisena välitavoitteena oli lähtötietomallin laatiminen, jolle oli myös asetettu aikaraja. Tietomallintaminen osana suunnitteluprosessia ja käytettävät ohjelmistot oli kuvattu projektisuunnitelmassa. Suunnittelussa hyödynnettäisiin yhdistelmämallia, laadittaisiin esittelymalli yleisötilaisuutta varten ja luovutettava aineisto sisältäisi koneohjaukseen soveltuvien suunnitelmamallien laatimisen.

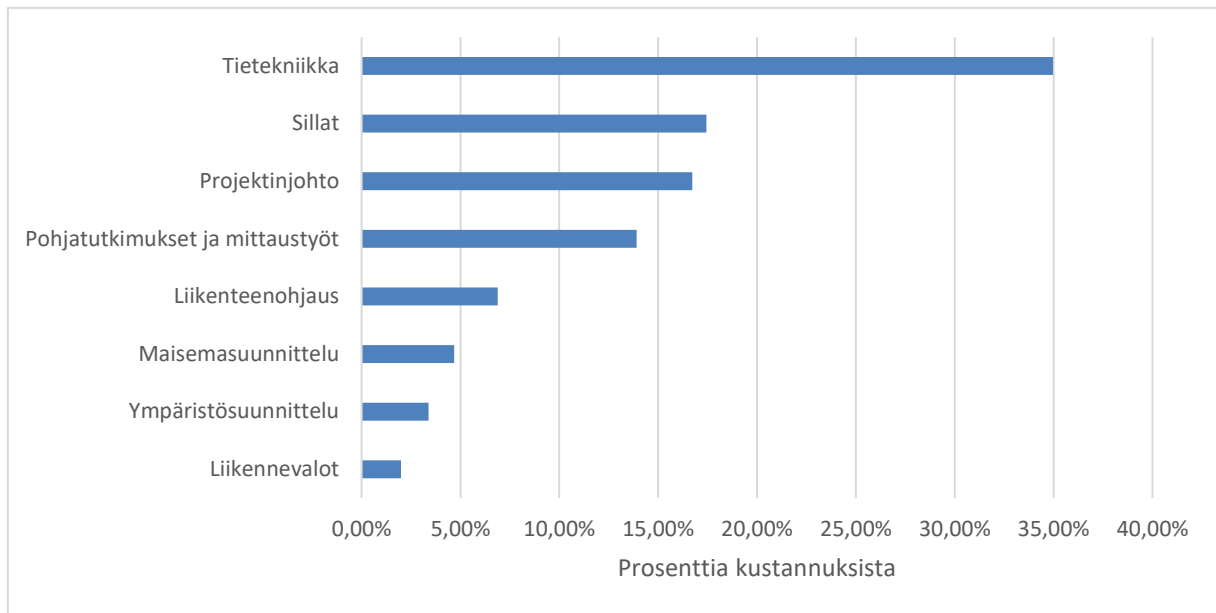
Tarkemmat vaatimukset projektissa tehtävälle tietomallinnukselle oli määritelty projektisuunnitelman liitteenä olevaan inframallin tarkkuusvaatimukset -taulukkoon. Taulukko perustuu Väyläviraston tie- ja ratahankeiden inframalliohjeen liitteeseen. Taulukossa on esitetty rakennusosittain eri tekniikkalajit huomioiden, mitä kyseisessä suunnitteluvaiheessa on pakollista mallintaa ja mitä voidaan hankekohtaisesti määrittää. Tämän lisäksi väreillä on esitetty rakennusosien mallinnustarkkuus. Tutkittavassa projektissa oli jonkin verran poikettu pakollisiksi määritetyistä rakennusosista ja tehty tarkennuksia esimerkiksi päällysrakenteen osien mallinnusperiaatteiden osalta. Taulukkoon oli myös lisätty aineiston luovutusformaattit. Tarkkuusvaatimuksissa esitettyjen rakennusosien perusteella suurin osa hankkeessa tehtävästä mallinnuksesta, ja etenkin 3D:nä tehtävästä

mallinnuksesta, kohdistuisi tie- ja siltatekniikkaan sekä muihin taitorakenteisiin ja vesihuoltoon. Jonkin verran mallinnettavaa oli määritelty myös liikenteenohjaukseen ja valaistukseen.

Tietomalliselostuksessa on kerrottu, miten tietomallinnus hankkeen suunnittelussa toteutettiin. Selostuksen runkona on käytetty YIV-ohjeissa esitettyä mallipohjaa, jossa sisältönä on hankkeen yleinen kuvailu, lähtötietomalli, suunnitelmamallit, yhdistelmämalli, laadunvarmistus ja yhteyshenkilöt. Oleellista vaikutusten arviointiin liittyen on perehtyä lähtötietomallin ja suunnitelmamallien sisältöön, toteutustapaan, tarkkuuteen ja mahdollisiin poikkeamiin. Tietomalliselostuksen perusteella voidaan todeta, että lähtötietoaineiston keruu, käsittely ja ylläpito on ollut hankkeessa laadukasta ja YIV-ohjeiden periaatteiden mukaista. Nykyisiä rakenteita ja järjestelmiä oli myös mallinnettu hankkeessa 3D-muotoon, vaikka usein nämä sovitaan jätettäväksi 2D-muotoon. Suunnitelmamallien osalta todetaan, että kaikista hankkeen väylistä on laadittu koneohjaukseen soveltuvat pintamallit ja muista tekniikkalajeista on laadittu rakenne- tai pintamallit, vähintään kuitenkin 2D-sijaintietoa rakennettavien kohteiden sijainnin määrittämiseksi. Selostuksen ja inframalliluettelon perusteella mallintaminen on tehty hankkeessa alkuperäisen tehtävänmäärittelyn mukaisesti ja isompia puutteita tai muutoksia ei ole sisällön osalta tehty. Erilaisia suunnitelmamalleja oli luovutusaineistoon kerättyä lähes 300 tiedostoa. Hankkeessa ei ole ylläpidetty erillistä yhdistelmämallia, vaan yhdistelmämallina on toiminut käytössä ollut suunnitteluohjelmisto. Yhdistelmämallina on luovutettu suunnitteluohjelmiston tietokanta, jonka pystyy avaamaan ilmaisella katseluohjelmalla.

Tutkimuksen kohteena olevalle projektille oli kirjattu yhteensä 9038 tuntia ja suunnittelukustannuksia oli kertynyt keskimääräisten tuntihintojen mukaan noin 800 000 €. Tuntimäärien SKOL-luokittainen jakauma noudattelee pääasiassa koko aineistosta muodostettua jakaumaa. Tarkasteltavassa projektissa SKOL-luokalla 3 on hieman suurempi painotus - sen osuus kirjatusta tunneista on noin 30 %. Projektin oli määritetty tekniikkalajeille omat osaprojektit, joiden perusteella tekniikkalajien vertailu oli helppo toteuttaa. Tekniikkalajeittain tarkasteltuna eniten työtunteja ja sitä kautta myös kustannuksia muodostui tietekniikalle, noin 35 % (kuva 4).

Kuva 4 Suunnittelun kustannusten osuudet tekniikkalajeittain projektissa A

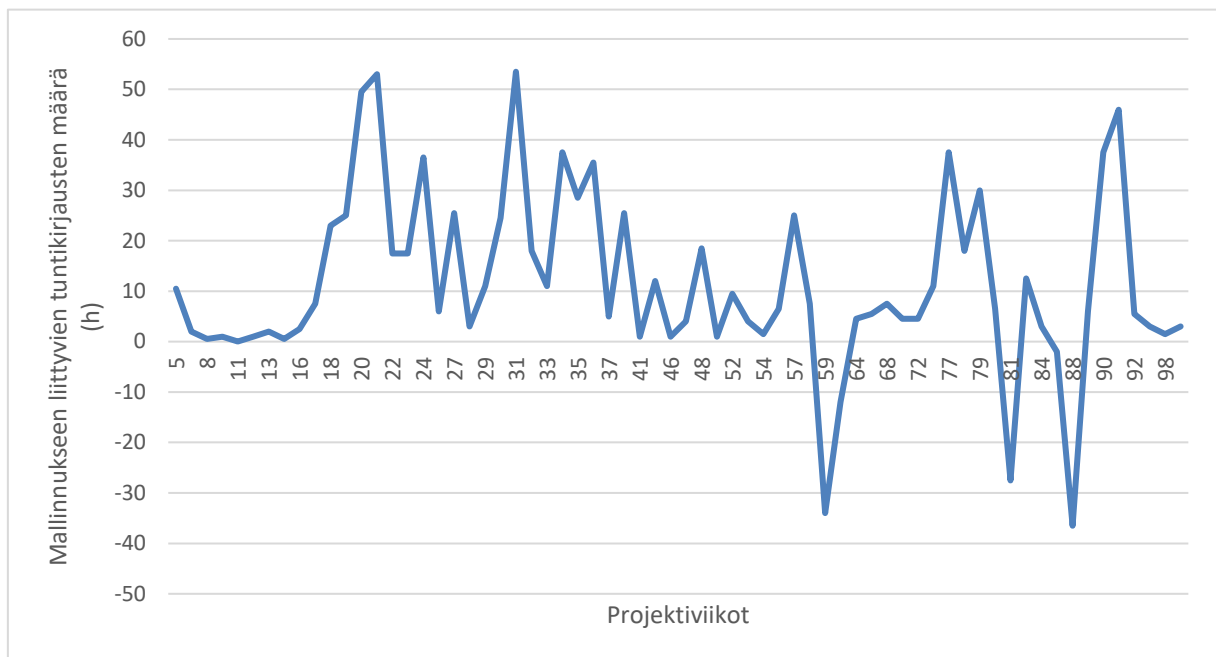


Projektissa ei ollut omaa osaprojektia tietomallinnukselle, mutta mallinnukseen liittyviä tuntikirjauksia pystyi etsimään tuntikirjausrivien selitteistä asiasanahaun avulla. Asiasanojen muodostamisessa hyödynnettiin InfraBIM-sanastoa, josta poimittiin väylähankkeeseen sopivia hakusanoja kuten: tieto-, infra- ja pintamalli sekä taiteviiva, quadri, yläpinta, alapinta, BIM, 3D, koneohjaus, tiedonsiirto ja inframodel. Asiasanahaualla projektiaineistosta saatiin erotettua mallinnukseen liittyvät tuntikirjaukset, jolloin ne pystyttiin luokittelemaan omaksi osaprojektiksi. Asiasanojen osuvuutta tarkasteltiin satunnaisesti ja menetelmä pystyttiin toteamaan riittävän luotettavaksi. Verrattuna muihin tekniikkalajeihin oli tietomallintamisen osuus kustannuksista viidenneksi suurin prosenttiosuuden ollessa noin 8,4 %. Resurssien osalta mallinnukseen liittyvät työmäärät painottuivat selvästi SKOL-luokille 3 (60,2 %) ja 4 (26,2 %). Näiden SKOL-luokkien osalta mallintaminen sijoittuu kokonaistyömäärässä kolmanneksi tietekniikan ja siltojen jälkeen.

Tietomallinnuksen vaikutuksia kustannuksiin, resursseihin ja aikatauluun pystyy myös tarkastelemaan sijoittamalla mallinnukseen liittyvät tuntikirjaukset projektin aikajanelle viivadiagrammina (kuva 5). Viivadiagrammista on nähtävillä selkeitä piikkejä, jolloin mallinnukseen liittyviä töitä on tehty enemmän. Projektiviikoille 16–22 sijoittuva tuntikirjausten huippu liittyy välitavoitteellisen lähtötietomallin laatimiseen ja viikoilla 29–41

on tapahtunut siltojen ja muiden taitorakenteiden mallintamista. Projektiviikoilla 72–79 on nähtävissä vesihuoltoverkostojen ja hulevesien mallintamiseen liittyvä tuntikirjauksien huippu. Viimeinen huippu projektiviikoilla 89–92 liittyy tietomalliaineistojen viimeistelyyn, jolloin muun muassa väylämalleista tuotetaan suunnitelmamallit luovutusaineistoon. Negatiiviset piikit tuntikirjauksissa ovat todennäköisesti projektissa tehtyjä alaskirjauksia tai tuntisiirtoja lisätöille.

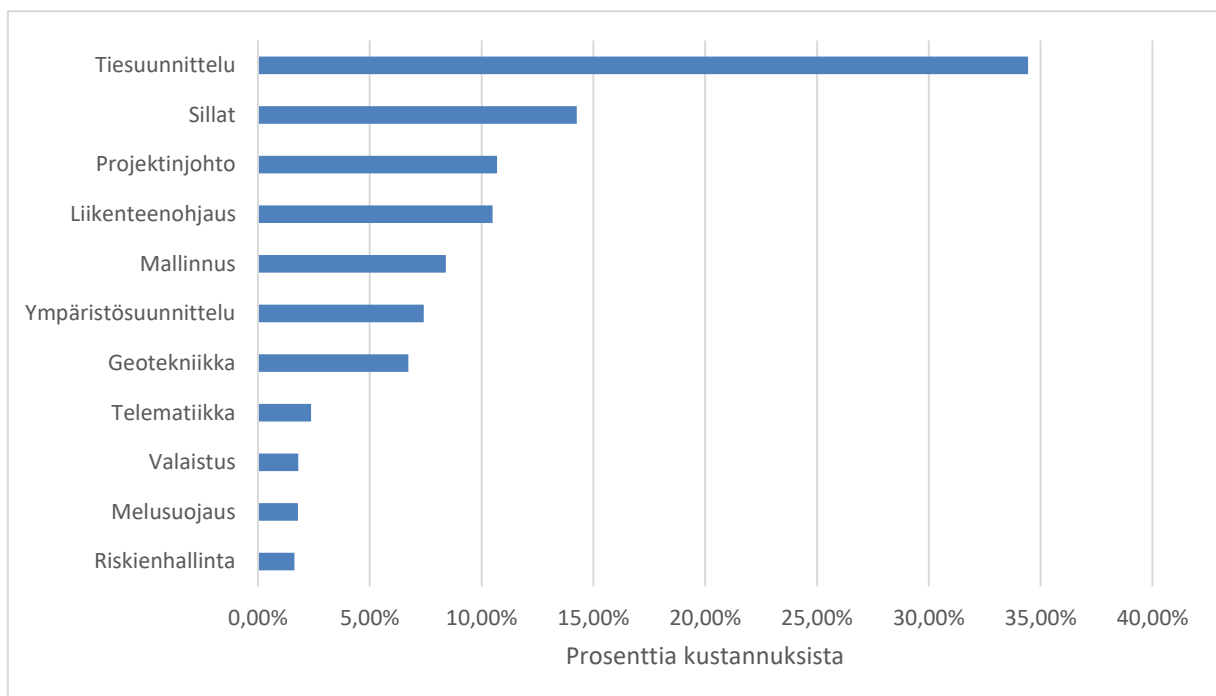
Kuva 5 Tietomallinnukseen liittyvien tuntikirjausten kertyminen projektissa A



Projekti A:n tapaustutkimuksessa havaittiin mallintamiseen liittyviä tuntikirjausten huippuja, joiden perusteella haluttiin tutkia, löytyykö samankaltaisia vaikutuksia muistakin projekteista. Tähän vaiheeseen valittiin kolme erikokoista projektia, joista yksi oli rakennussuunnitelmavaiheen ja kaksi tiesuunnitelmavaiheen projektia. Projektien alku- ja loppuajankohdat ajoittuvat vuosien 2016–2020 välille. Projekteja käsitellään nimillä B, C ja D. Näistä projekteista ei ollut käytettävissä projektisuunnitelmia tai muita dokumentteja, vaan analyysi suoritettiin projektihallintajärjestelmädatalle tapaustutkimuksessa kehitetyillä menetelmillä. Yhdessä projektissa oli perustettu oma osaprojekti tietomallintamiselle, jolloin kyseiselle projektille ei tarvinnut tehdä asiasanahakuja. Yksi tapaus ei välttämättä riitä asiasanoilla tehtävän analyysin luotettavuuden toteamiseen, mutta se antoi hyvää vertailupohjaa asiasanahaun toimivuuden arvioimiseen.

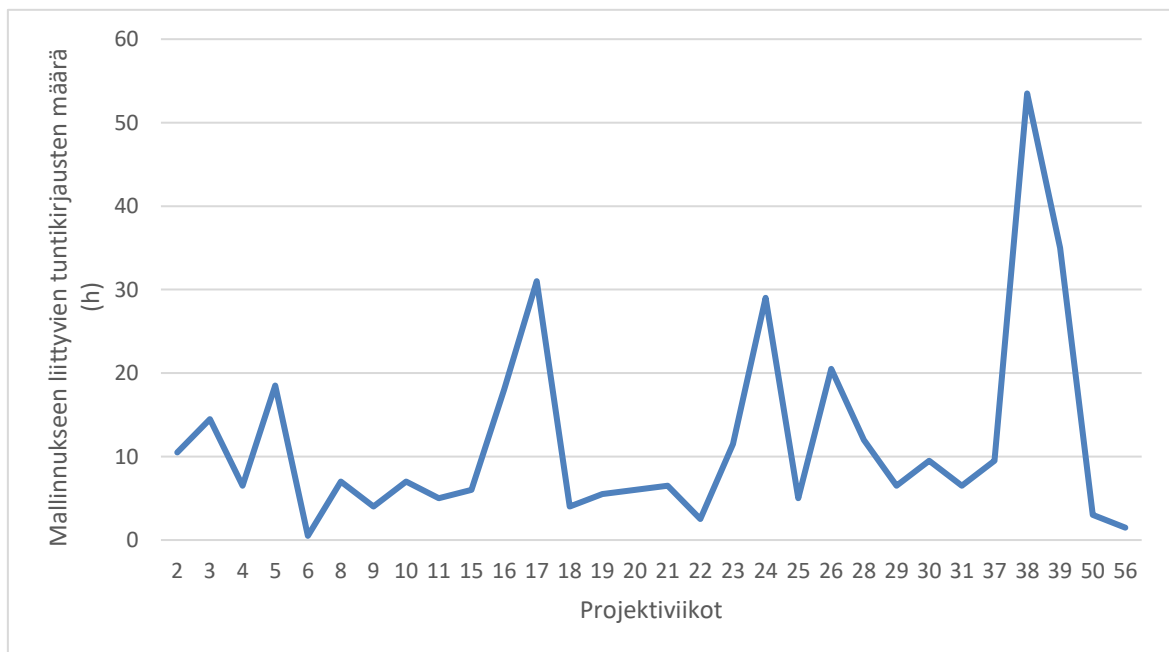
Projekti B oli loppuvuodesta 2016 aloitettu tiesuunnitelmavaiheen suunnittelutyö, joka datan perusteella saatiin valmiiksi vuoden 2017 lopussa. Hanke sisälsi noin 5,5 km päätietä, eritasoliittymän suunnittelua ja useiden liittyvien teiden sekä katujen suunnittelua. Tässä projektissa oli miltei kaikki väylähankkeissa esiintyvät tekniikkalajit mukana, käytännössä vain tunnelitekniikka puuttui. Projektinhallinta eri tekniikkalajien osalta oli järjestetty siten, että kaikilla oli omat tehtävät, joille tuntikirjaukset merkittiin. Tämän lisäksi tietomallinnukselle oli oma tehtävä, jota pystyttiin suoraan hyödyntämään analyysissä. Tunteja projektille B oli kirjattu yhteensä 3967,5 ja keskimääräisillä tuntihinnoilla suunnittelukustannuksia oli muodostunut noin 380 000 €. Tässä projektissa henkilöryhmien osuudet tuntimääristä poikkeaa koko aineistosta muodostettuun jakaumaan verrattuna siten, että kolme suurinta SKOL-luokkaa ovat 3 (29,1 %), 2 (24,9 %) ja 1 (15,5 %). Mallinnukseen liittyvien tuntimäärien jakauma on samankaltainen kuin tapaustutkimuksen projektissa - työmäärät painottuvat selkeästi SKOL-luokille 3 (64,2 %) ja 4 (26,8 %). Tietomallinnuksen osuus kustannuksista oli tässä projektissa sama kuin tapaustutkimuksen projektissa, noin 8,4 % ja muihin tekniikkalajeihin verrattuna viidenneksi isoin (kuva 6).

Kuva 6 Suunnittelun kustannusten osuudet tekniikkalajeittain projektissa B



Projektissa B suurin osa mallinnukseen liittyvästä työstä on tapahtunut selkeiden vaiheiden aikana (kuva 7). Ensimmäisten projektiviikkojen aikana on selkeästi lähtötietomalliin liittyviä kirjauksia. Lähtötietomallia on päivitetty noin projektiviikkojen 15–17 aikana, jolloin muun muassa on tehty töitä olemassa olevan hulevesiverkoston mallinnukseen liittyen. Ajallisesti noin projektin puolen välin jälkeen on selkeä piikki tuntikirjauksissa, jotka liittyvät esittelymallin valmisteluun. Projektin loppuvaiheessa, samankaltaisesti kuin projektissa A, on tehty paljon töitä tietomallien viimeistelyyn liittyen. Tämän noin kolme viikkoa kestäneen viimeistelyvaiheen osuus kaikista mallinnukseen liittyvistä tunneista on noin 28,3 %.

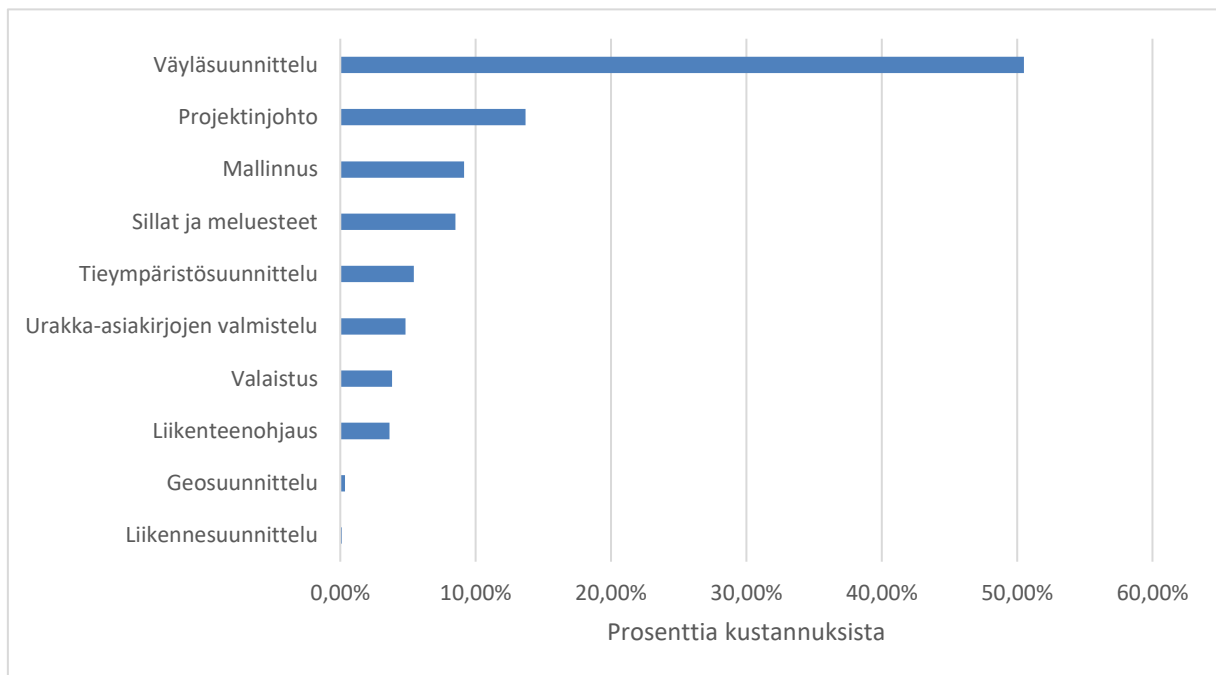
Kuva 7 Tietomallinnukseen liittyvien tuntikirjausten kertyminen projektissa B



Projekti C oli rakennussuunnitelmavaiheen projekti, johon kuului noin pari kilometriä nykyisen maantien parantamista ja monipuolisesti erilaisia suunnittelutehtäviä kuten siltoja, melusuojausta, pohjavedensuojausta, liittyvien teiden ja katujen suunnittelua sekä hulevesien hallintaa. Suunnittelutyö aloitettiin alkuvuodesta 2017 ja kesti noin vuoden. Kyseisessä projektissa ei ollut erillistä osaprojektia tietomallinnukselle, mutta perinteinen tekniikkalajikohtainen jako oli kuitenkin tehty. Tunteja projektille C oli kirjattu yhteensä 9194 ja keskimääräisillä tuntihinnoilla suunnittelukustannuksia oli muodostunut noin 817 400 €. Tässä projektissa SKOL-luokka 3 oli selkeästi suurin henkilöryhmä tuntimäärissä noin 58,1 % osuudella. Toiseksi suurin oli SKOL-luokka 5 16,7 %:n ja kolmanneksi suurin oli SKOL-luokka 4

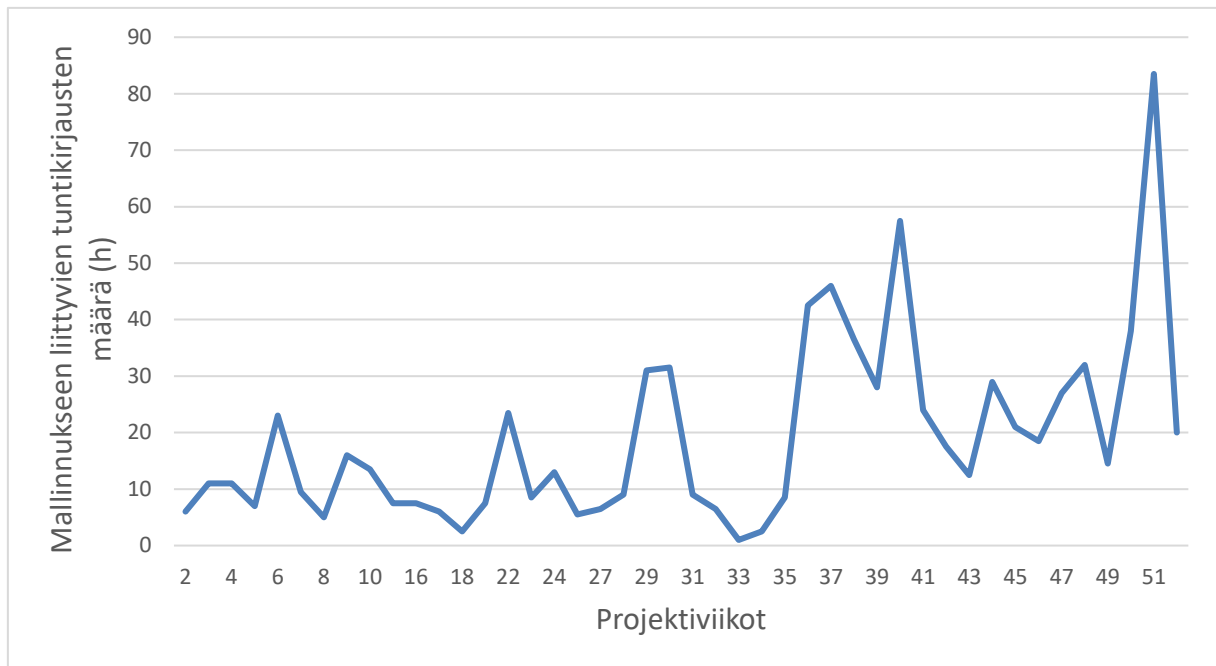
12,2 %:n osuudella. Asiasana-analyysin perusteella mallinnukseen liittyvien tuntimäärien jakauma on hyvin samankaltainen kuin projektissa A ja B, SKOL-luokkien 3 ja 4 osuuksien ollessa 60,8 % ja 29,5 %. Tietomallinnuksen osuus kustannuksista oli tässä projektissa noin 9,1 % sijoittuen tekniikkalajikohtaisessa vertailussa kolmanneksi kalleimmaksi (kuva 8).

Kuva 8 Suunnittelun kustannusten osuudet tekniikkalajeittain projektissa C



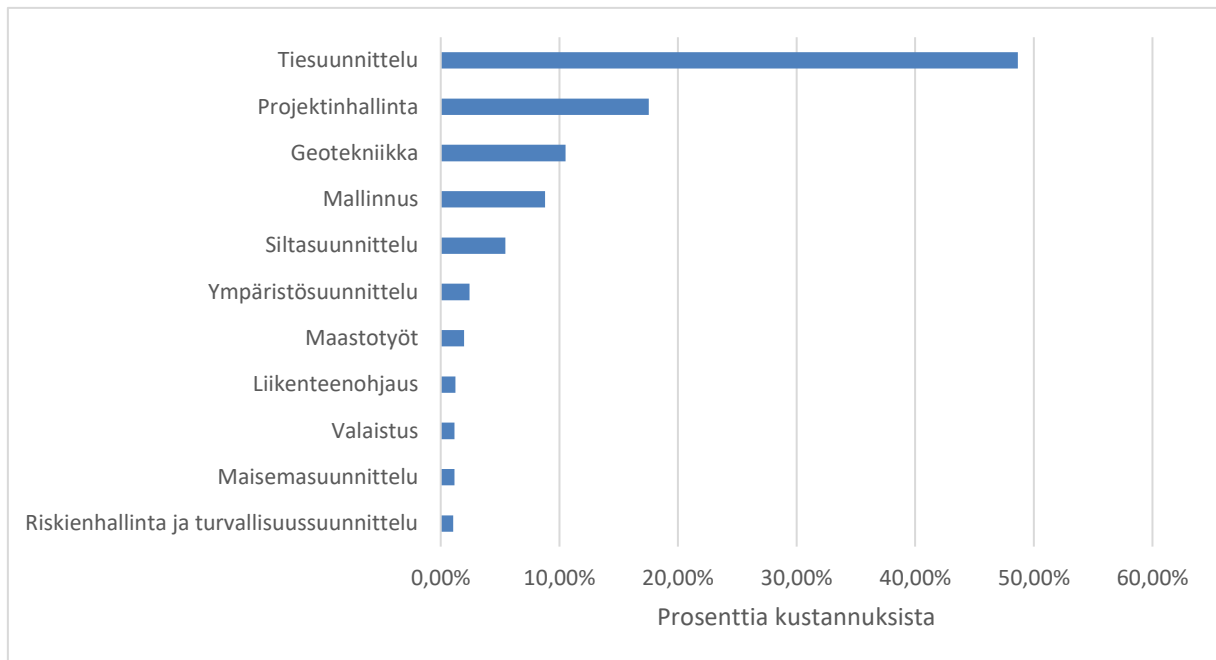
Projektissa C lähtötietojen mallintaminen ei erotu merkittävästi mallinnukseen liittyvien tuntimäärien kertymisessä (kuva 9). Ensimmäinen pitkäkestoisempi piikki on projektiviikon 28–30 paikkeilla, jolloin on tehty paljon töitä väylämallien kanssa. Erityisesti näkemäalueiden mallintaminen on vienyt paljon aikaa. Noin projektiviikoilla 35–41 on tapahtunut mallinnusta samanaikaisesti monen eri tekniikkalajin osalta. Tämä vaiheen jälkeen on aloitettu esittelymallin laatiminen, joka jatkui lähes projektin loppumiseen asti. Lopussa, noin projektiviikoilla 49–51, näkyvä selkeä piikki on sisältänyt esittelymallin laatimisen lisäksi taiteviivamallien ja muun inframalliaineiston viimeistelyn. Tämän noin kolme viikkoa kestäneen intensiivisen vaiheen osuus kaikista mallinnukseen liittyvistä tunneista on noin 23,7 %.

Kuva 9 Tietomallinnukseen liittyvien tuntikirjausten kertyminen projektissa C



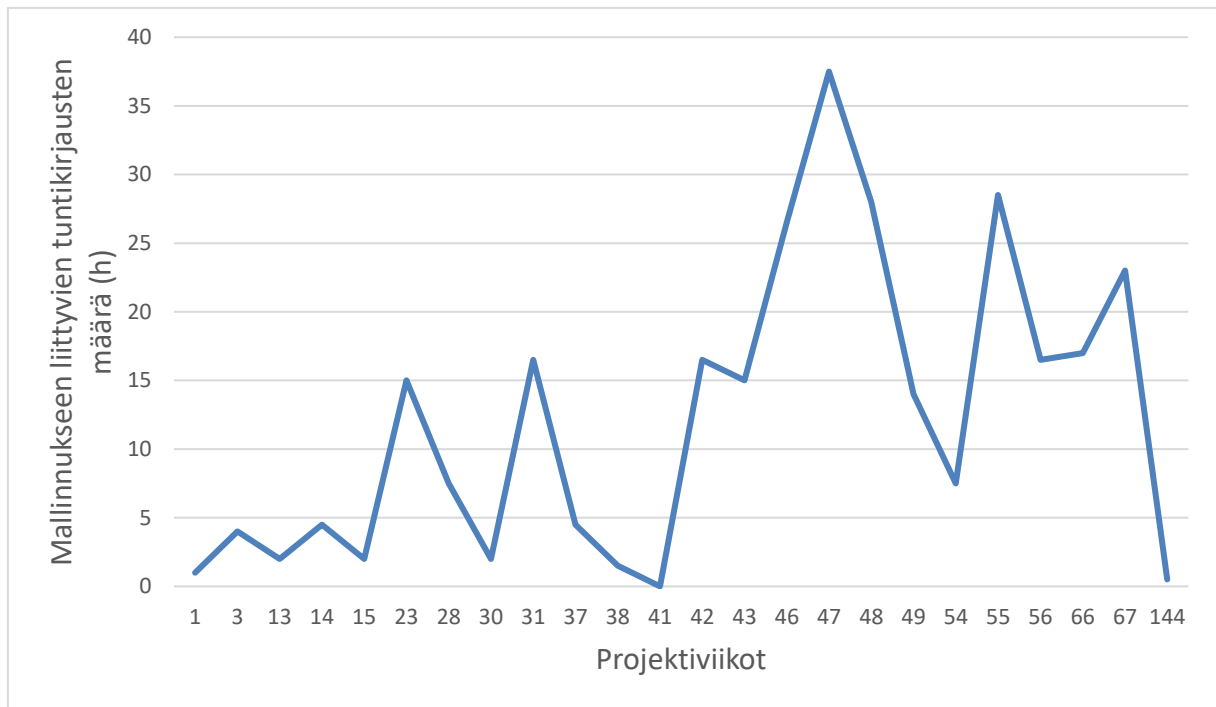
Projekti D oli tiesuunnitelmavaiheen projekti, johon kuului noin kuusi kilometriä uutta jalankulun ja pyöräilyn väylää sekä liittyvien teiden ja katujen suunnittelua. Suunnittelutyö aloitettiin alkuvuodesta 2018 ja saatiin valmiiksi loppuvuodesta 2020. Kyseisessä projektissa ei ollut erillistä osaprojektia tietomallinnukselle, mutta perinteinen tekniikkalajikohtainen jako oli kuitenkin tehty. Tunteja projektille D oli kirjattu yhteensä 3411,5 ja keskimääräisillä tunti hinnoilla suunnittelukustannuksia oli muodostunut noin 291 100 €. Tässä projektissa SKOL-luokka 3 oli selkeästi suurin henkilöryhmä tuntimäärissä noin 55,3 % osuudella. Toiseksi suurin oli SKOL-luokka 5 22,6 %. Asiasana-analyysin perusteella mallinnukseen liittyvien tuntimäärien jakauma on hyvin samankaltainen kuin projektissa A, B ja C, SKOL-luokkien 3 ja 4 osuuksien ollessa 66,0 % ja 23,7 %. Tietomallinnuksen osuus kustannuksista oli tässä projektissa noin 8,5 % sijoittuen tekniikkalajikohtaisessa vertailussa neljänneksi kalleimmaksi (kuva 10).

Kuva 10 Suunnittelun kustannusten osuudet tekniikkalajeittain projektissa D



Projektissa D pystytään erottamaan kaksi selkeämpää vaihetta, jolloin mallintamiseen liittyviä tunteja on muodostunut enemmän (kuva 11). Projektiviikolta 41 alkava mallintamistyötuntien nousu on sisältänyt lähtötietomallin päivitystä, väylien mallintamista ja näiden jälkeen projektiviikolle 47 osunut isoin tuntimäärä on sisältänyt siltojen mallinnusta. Siltojen mallinnus ja yhdistelmämallin päivittäminen on jatkunut viikolle 54 asti, jonka jälkeen on aloitettu tietomallien viimeistelyvaihe. Viimeistelyvaihe on kestänyt korjauksineen projektiviikolle 67 asti ja käsittää 31,8 % kaikista mallinnukseen liittyvistä tunneista.

Kuva 11 Tietomallinnukseen liittyvien tuntikirjausten kertyminen projektissa D



### 4.3 Koko aineiston analysointi

Tässä luvussa analysoidaan tapaustutkimuksissa kehitetyillä menetelmillä koko data-aineistoa eli 418 projektin tuntikirjaukset. Kuten aiemmin mainittiin, liittyvät kaikki projektit tiesuunnitteluun ja sen eri vaiheisiin. Tekniikkalajikohtaista vertailua ei toteutettu, koska projekteissa on käytetty erilaisia tapoja osaprojektien muodostamiseen ja nimeämiseen. Datassa on tästä syystä satoja erilaisia osaprojekteja, joiden yhdisteleminen hyödynnettäväksi kokonaisuuksiksi olisi ollut erittäin työlästä. Mallinnukseen liittyvien tuntikirjausten tunnistamisen lisäksi aineistolle tehtiin työvaiheanalyysiä tietekniikkaan sopivilla asiasanoilla. Tietekniikka on tapaustutkimusten perusteella selkeästi isoin tekniikkalaji kustannusten ja resurssien osalta.

Tietomallinnuksen osuus kustannuksista keskimääräisillä tuntihinnoilla kaikkien projektien osalta on noin 8,5 %. Mallinnukseen liittyvien tuntimäärien SKOL-luokittainen jakauma on esitetty taulukossa Taulukko 2. Jakaumassa näkyy tapaustutkimusten tapaan työmäärän painottuminen SKOL-luokille 3 ja 4, mutta myös SKOL-luokan 5 osuus erottuu tällä otannalla huomattavasti suurempana, noin 19,6 % osuudella. Tämän SKOL-luokan tekemiä kirjauksia

tarkemmin tarkastelemalla tuntikirjaukset ovat liittyneet vuosien 2016–2019 välillä lähes kokonaan eri projekteissa lähtötietomallinnukseen tai virtuaali- sekä esittelymallien tekemiseen. Kahden viimeisen vuoden mallintamiseen liittyvien kirjausten perusteella on tämä SKOL-luokka alkanut tekemään myös suunnitteluun liittyviä mallinnustehtäviä, ja lähtötieto- sekä virtuaalimalleihin liittyvät kirjaukset ovat vähentyneet.

Taulukko 2 Mallinnukseen liittyvien tuntikirjausten SKOL-luokkien jakauma

SKOL-luokka	Mallinnus
1	2,28 %
2	6,42 %
3	36,53 %
4	30,86 %
5	19,59 %
6	3,97 %
7	0,11 %
E	0,24 %
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>100,00 %</b>

Eri yksiköiden välillä on myös nähtävissä eroja tarkastelemalla SKOL-luokkien jakaumaa projektin työntekijöiden yksiköiden perusteella. Infrasuunnittelun yksiköissä mallinnukseen liittyvät tehtävät ovat hoitaneet pääasiassa SKOL-luokat 3 ja 4 prosenttiosuuksilla 64,6 % ja 20,9 %. SKOL-luokka 5 on jäänyt alle 5 %:iin. Siltasuunnittelun yksiköissä mallinnukseen liittyviä kirjauksia on tehnyt suurimmaksi osaksi SKOL-luokka 4 68,5 prosentin osuudella ja toiseksi isoimpana SKOL-luokka 5 20,4 prosentilla. Geosuunnittelussa painotus on SKOL-luokilla 3 ja 5 prosenttiosuuksilla 42,9 % ja 49,1 %. SKOL-luokka 4 osuus on noin 5,2 %, joka on yllättävän pieni verrattuna muihin yksiköihin. Maisema- ja ympäristösuunnittelussa suurimman osan mallinnukseen liittyvistä kirjauksista on tehnyt SKOL-luokat 4 ja 5, 26,4 % ja 54,4 % osuuksilla.

Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa tietekniikkaan liittyvien työvaiheiden suuruutta selvitettiin täydentämällä asiasanahakua mallinnukseen sopivien sanojen lisäksi tiesuunnitteluun sopivilla asiasanoilla. Asiasanoihin lisättiin muun muassa geometrian, poikkileikkauksen, pituusleikkauksen, liittymän, tasauksen, rakenteiden, kuivatuksen, työnaikaisten järjestelyiden ja johtosiirtojen suunnitteluun liittyviä sanoja. Tämän lisäksi asiasanoina käytettiin tulostamiseen sekä massojen, määrien ja kustannusten laskentaan liittyviä sanoja. Kaikista tehdyistä tuntikirjauksista näihin asiasanoihin sopivia on 20,7 %. Määrä- ja kustannuslaskenta on työllistävän työvaihe noin 16,3 % osuudella. Seuraavat kolme suuruusjärjestyksessä ovat rakenteiden ja poikkileikkauksen suunnitteluun sekä tulostamiseen liittyvät tuntikirjaukset 10,3–13,7 % osuuksilla. Muut työvaiheet ovat alle 7,5 % luokkaa, esimerkiksi kuivatuksen suunnittelu 7,5 % ja geometrian suunnittelu 6,2 %.

#### **4.4 Mahdolliset ongelmat**

Aineiston analyysiin liittyy mahdollisia ongelmia, joita ei voi jättää kokonaan huomioimatta, vaikka aineistolle ei tehtykään varsinaisia vaativampia tilastollisia analyysejä. Mahdollisia aineiston laadullisia ongelmia ja menetelmien puutteita, jotka tulee huomioida tuloksia tulkittaessa, ovat seuraavat:

1. Itsetehdyn asiasanahakumenetelmän toimivuus. Silmämääräisesti tarkistelemalla Excelillä toteutettu asiasanahaku toimi hyvin, mutta ei varmasti ole täysin aukoton tunnistamaan oikein kaikkia tuntikirjauksia. Asiasanoissa tuli myös pyrkiä huomioimaan eri taivutusmuotoja ja työntekijöiden tekemissä tuntikirjauksissa saattoi olla kirjoitusvirheitä tai lyhenteitä, jotka jäivät asiasanahaun ulkopuolelle. Tämän lisäksi noin 26 % kaikista tuntikirjauksista oli ilman selitettä. Ilman selitteitä olevien tuntikirjausten määrä oli yllättävän suuri, mikä vaikuttaa alentavasti aineiston luotettavuuteen.
2. Projekteissa tehdyt alaskirjaukset ja siirrot lisätöille. Tapaustutkimusten projekteissa oli jonkin verran negatiivisia tuntikirjauksia, jotka ovat todennäköisesti olleet projektille tehtyjä tuntien siirtoja tai alaskirjauksia. Negatiiviset tuntikirjaukset vaikuttavat analyysissä varsinkin kustannusten arviointiin. Suurempi ongelma oli

nollaksi merkityt mallinnukseen liittyvät tuntikirjaukset, joita oli etenkin yhdessä tapaustutkimuksen projektissa paljon. Nollaksi merkityt tuntikirjaukset jäivät tämän tutkimuksen aineiston ulkopuolelle.

3. Osa tietomallinnukseen poimituista tuntikirjauksista liittyy asioihin, joita tehtäisiin niin sanotusti perinteisissäkin projekteissa. Esimerkkinä tästä on maastomallien käsittely tai väylämallinnus. Maastomallien käsittelyä tapahtuu käytännössä aina projektin alussa ja väylämallit luotaisiin, vaikka tarkoituksena olisi vain tuottaa piirustuksia. Toisaalta sekä maastomalleihin että väylämallinnukseen panostetaan nykyään enemmän, jotta loppuvaiheessa inframallien luovutusaineiston muodostaminen on helpompaa. Tällä saattaa kuitenkin olla vaikutusta tutkimuksessa saatuihin tuloksiin.

## 5 Tulosten esittely

Kirjallisuuskatsauksen ja tehdyn data-analyysin perusteella on haettu vastauksia työn alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin (ks. johdanto). Tutkimuskysymyksiä ja vastauksia käsitellään tässä luvussa. Työlle asetetut tutkimuskysymykset olivat:

1. Mikä vaikutus tietomallinnuksella ja muilla työvaiheilla on tiesuunnittelun projektinhallinnan osa-alueisiin: kustannuksiin, resursseihin ja aikatauluun?
2. Miten nämä vaikutukset syntyvät suunnitteluprosessin sisällä?
3. Miten tietomallia voisi hyödyntää projektinhallinnan työkaluna?

### 5.1 Tietomallinnuksen vaikutukset

Tapaustutkimusten perusteella tietomallinnuksen kustannukset projektissa vaihtelivat välillä 8,4 % - 9,1 %, ja tietomallinnus sijoittui tekniikkalajikohtaisessa kustannusvertailussa suurimmillaan kolmanneksi. Koko datasetille tehdyssä analyysissä tietomallinnuksen kustannukset olivat 8,5 %. Näyttäisi siltä, että kustannusten suuruus on suurin piirtein sama suunnitteluvaiheesta riippumatta, ja omana kokonaisuutenaan tarkasteltuna se on verrattavissa geosuunnitteluun. Suurin osa mallinnukseen liittyvistä tunneista oli peräisin

tietekniikasta, noin 5,3 %. Toiseksi suurimpana oli sillat ja taitorakenteet vaihteluvälillä 1,4 % - 2,3 %. Loput mallinnukseen liittyvistä tunneista olivat lähtöisin suurimmaksi osaksi tieympäristö- ja geosuunnittelusta.

Resurssien osalta SKOL-luokat 3 ja 4 olivat mallinnuksen osalta työllistetyimmät. Tapaustutkimusten projekteissa SKOL-luokka 3 käsitti yli 60 % kaikista mallinnukseen liittyvistä tuntikirjauksista ja SKOL-luokka 4 käsitti hieman yli neljänneksen. Loput tunneista oli projekteista riippuen jakautunut muille SKOL-luokille. Koko datasettiä analysoitaessa SKOL-luokan 3 osuus oli huomattavasti pienempi (36,5 %), kun taas SKOL-luokka 4, ja etenkin 5, olivat suurempia. Yksiköittäin tarkasteluna näkyy, että varsinkin infra- ja väyläsuunnittelussa mallintaminen painottuu SKOL-luokille 3–4 ja muissa yksiköissä kuten silta-, geo- ja ympäristösuunnittelussa mallinnusta tekee laajasti myös SKOL-luokka 5.

Aikataulullisesti suurimmat tietomallinnuksen vaikutukset ajoittuivat kolmeen vaiheeseen. Lähtötietomallin laatiminen on näkynyt työllistävänä vaiheena kaikkien projektien alussa. Projektin puolen välin paikkeilla on tapahtunut siltojen ja muiden taitorakenteiden mallintaminen sekä näitä edeltävää väylien mallintamista. Tietomallinnuksen viimeistelyvaihe projektin lopussa on ollut eniten aikaa vievä mallinnuksen työvaihe, vaikka se ei ole vaiheista pisin ajallisesti tarkasteluna. Viimeistelyvaihe on kestänyt noin kolme viikkoa ja sinä aikana on muodostunut keskimäärin yli 20 % mallinnukseen liittyvistä tuntikirjauksista.

Tietekniikkaan sopivien asiasanojen avulla toteutetun työvaiheanalyysin perusteella määrä- ja kustannuslaskenta on työllistävin työvaihe noin 16,2 % osuudella. Seuraavaksi isoimmat ovat rakenteiden ja poikkileikkauksen suunnittelu. Yllättävä tuloksena oli tulostamiseen liittyvien tuntikirjausten suuri osuus noin 10,3 %. Tuloksissa on syytä huomioida se, että määrä- ja kustannuslaskentaa sekä tulostamista tekevät kaikki tekniikkalajit, mutta osuudet ovat silti merkittävät.

## 5.2 Tietomallin hyödyntäminen projektinhallinnan työkaluna

Kuten kirjallisuuskatsauksessa todettiin, on tietomallinnuksella tärkeä rooli eri tekniikkalajien yhteensovituksessa ja viestinnässä. Tietomallintaminen on oleellinen osa suunnitteluprosessia, jossa suunnittelijat tekevät käytännössä jatkuvaa yhteensovitusta ja laadunvarmistamista mallien avulla. Yhteensovituksen ja viestinnän alustana toimii yleensä yhdistelmämalli, jota usein katsotaan myös tilaajan kanssa pidettävissä kokouksissa. Ajan tasalla olevasta yhdistelmämallista pystyy myös arvioimaan suunnitelmien valmiutta ja peilata sitä aikatauluun. Projektin kokonaisuuden hallinnan näkökulmasta tämä on hyödyllinen ominaisuus. Tietomallit ovat usein myös eri osista tai palasista luotuja, mikä mahdollistaa projektin laajuuden tarkastelemisen eri tavoilla. Mallintava suunnittelu mahdollistaa tarkemmat massa- ja määrälaskennat, joka taas mahdollistaa hankkeessa paremman rakentamiskustannusten hallinnan. Kaikki edellä mainitut tekijät vaikuttavat myös riskien tunnistamiseen ja hallintaan. Tietomallinnuksella on siis paljon ominaisuuksia, jotka vastaavat läheisesti projektinhallinnan eri osa-alueita kuten aika, laatu, laajuus, kustannukset, viestintä ja riskit.

Yhdistelmämalli mahdollistaa visuaalisen tavan viestiä sekä projektitiimin sisällä että sidosryhmien kanssa, mutta sitä pystytään käyttämään myös projektin analysoimiseen projektinhallinnan näkökulmasta. Yhdistelmämallin hyödyllisyys perustuu ajantasaiseen tietoon ja siihen, että siinä on mahdollisimman monen tekniikkalajin suunnitelmat tarkasteltavissa. Yhdistelmämallin tehokas käyttäminen kokonaisuuden hallintaan edellyttää siis koko projektitiimin sitoutumista aina projektipäälliköstä lähtien. Yhdistelmämallin hyödyllisyyttä projektin tilannekuvan muodostamisessa suomalaisissa tiesuunnittelun projekteissa, ja miksi ei muissakin infra-alan projekteissa, voisi lisätä ottamalla käyttöön luvussa 2.1.3 esitetty Norjassa kehitetty MMI-indeksi, jolla voidaan kuvata mallien ja sitä kautta suunnitelmien valmiutta. Tällä voisi saavuttaa aika- ja kustannussäästöjä.

ProDigital selvitystyön perusteella tietomallinnus on edelleen melko henkilöitynyttä ja sen potentiaalia ei täysin hyödynnetä projekteissa - varsinkaan suunnitteluvaiheessa. Myös tilaajan tulee sitoutua tietomallintamiseen ja ymmärtää sen mahdollisuudet tuottaa lisäarvoa esimerkiksi suunnitelmien yhteensovituksessa. Epäselvät vaatimukset

tarjouspyynnöissä ja useat noudatettavat ohjeistukset aiheuttavat yleensä sen, että projektipäälliköt tai tietomallikoordinaattorit poimivat näistä sisältöä tarjoukseen ilman, että hankkeen todelliset tarpeet ja tietomallinnuksen mahdollisuudet otetaan huomioon. Projektikohtaisesti sovittuja mallinnusvaatimuksia tulisi suosia erityisesti rakennussuunnitelmavaiheessa, jossa on tiedossa hankkeen osa-alueet, joissa tietomallinnusta voidaan parhaiten hyödyntää. Tämän toimintatavan hyödyt korostuvat etenkin hankemalleissa, joissa suunnittelija pääsee tekemään yhteistyötä urakoitsijan kanssa ja sopimaan mallien sisällöstä.

Tiesuunnitteluprojekteissa tietomallisuunnitelman laatii usein tietomallikoordinaattori, ja tämä suunnitelma liitetään osaksi projektisuunnitelmaa, jonka projektipäällikkö on laatinut. Tapaustutkimuksien perusteella tietomallinnuksen vaikutukset vastaavat suuruusluokaltaan yhtä tekniikkalajia ja tästä syystä projektipäälliköiden tulisi ehdottomasti osallistua tietomallisuunnitelman laatimiseen, jotta hän pystyy huomioimaan vaikutukset projektinhallinnan osa-alueisiin. Resurssoinnin näkökulmasta on tärkeää huomioida tietomallinnuksen vaatimukset projektin aikataulutuksessa ja ymmärtää minkälaisia vaiheita tietomalliprosessi sisältää. Tietomallintamisen ja projektinhallinnan yhdistävää koulutusta tulisi lisätä, jotta perinteisen suunnittelun ja tietomallintamisen prosessit saadaan sulautettua entistä paremmin yhteen.

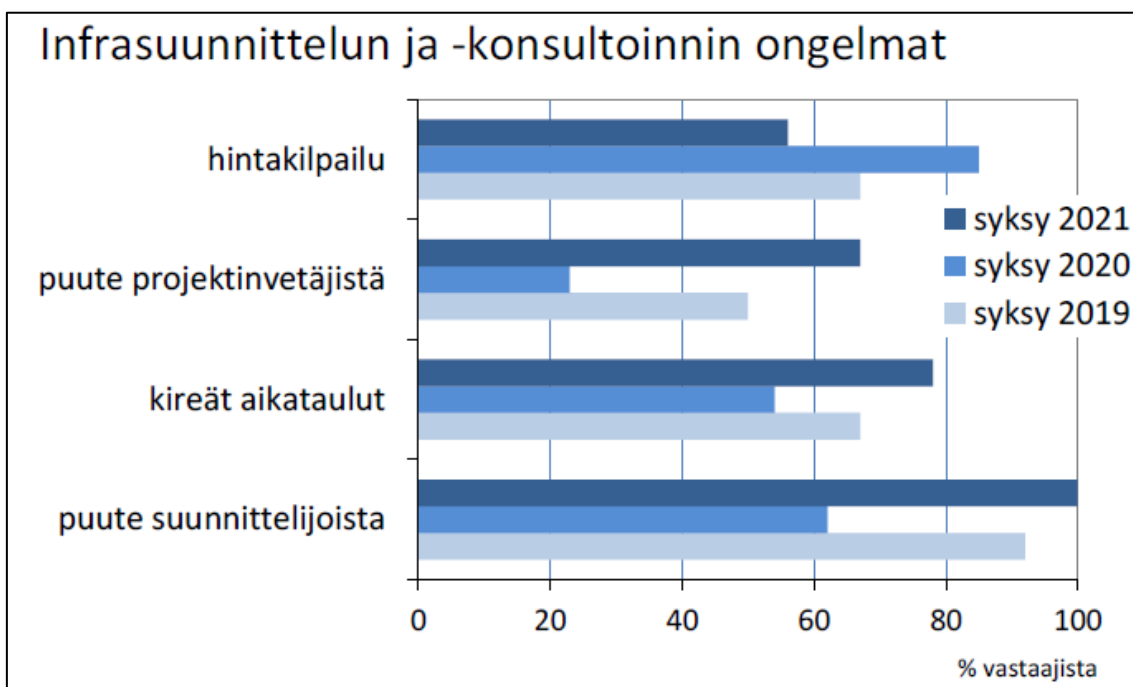
## 6 Pohdinta

Tämän työn tavoitteena oli selvittää tietomallinnuksen ja muiden tiesuunnitteluun kuuluvien työvaiheiden vaikutuksia projektinhallinnan osa-alueisiin kehittämisenäkökulmat huomioiden. Tietomallinnuksen vaikutukset kustannusten, resurssien ja aikataulun osalta vastaavat käytännössä yhtä kokonaista tekniikkalajia tiesuunnitteluprojektissa, ja siitä syystä se tulisi huomioida vahvasti myös projektinhallinnan näkökulmasta. Projektipäälliköiden tietämystä ja osallistamista tietomallinnukseen liittyvissä asioissa tulee lisätä. Mallintava suunnitteluprosessi vaatii tehostettua yhteistyötä, yhteensovittamista ja viestintää kaikkien osapuolten välillä. Tähän tehtävään sopii parhaiten projektipäällikkö, joka on parhaiten selvillä projektikokonaisuudesta ja jonka yhtenä perustehtävänä on huolehtia hankkeen

tiedonkulusta. Projektipäällikkö pystyy vastavuoroisesti myös hyödyntämään tietomallia projektin hallitsemisessa.

Tietomallinnus on suhteellisen uusi asia infra-alalla, ja kymmenen vuotta sitten suunnittelijoiden keskuudessa nostettiin esille, että tietomallintamisen vaikutukset suunnittelun kustannuksiin tulisi huomioida. Näin ei kuitenkaan ole tapahtunut, ja tällä hetkellä infrasuunnittelun alalla on hyvästä tilauskannasta huolimatta kova kilpailutilanne. Usein kilpailutetuissa suunnitteluprojekteissa hinnalla on suurin painoarvo tekijää valittaessa. Maanrakennusalan neuvottelukunnan Infrasuuhdanteet-julkaisun yhteydessä syksyllä 2020 tehtyjen suhdannekyselyjen perusteella suunnittelun isoimpana haasteena pidettiin hintakilpailua, ja vuonna 2021 suhdannekäänteestä huolimatta, hintakilpailua on pidetty neljänneksi yleisimpänä ongelmana (kuva 12). (MANK ry, 2021, s. 3).

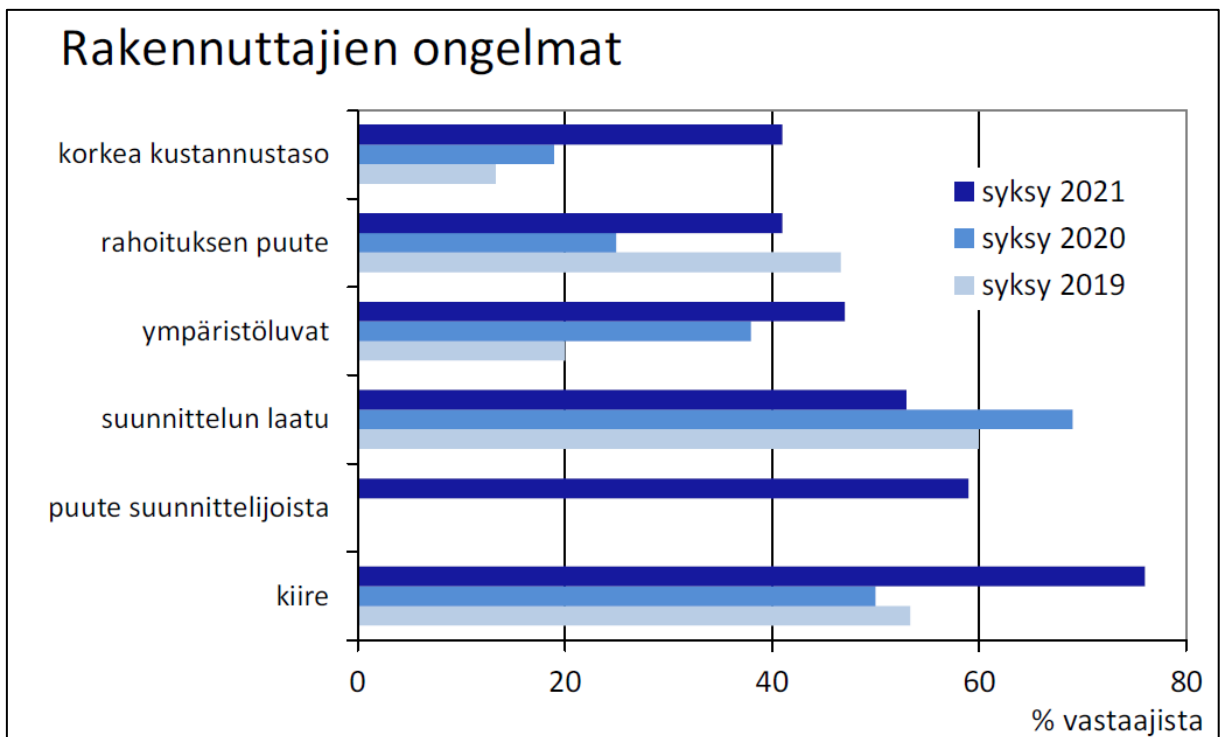
Kuva 12 Hintakilpailun näkyminen suhdannekyselyissä (MANK ry, 2021, s. 3).



Alhaiset tuntihinnat aiheuttavat haasteita etenkin tiesuunnittelussa. Tiesuunnitteluprojektit ovat luonteeltaan isoja ja pitkäkestoisia, mikä vaatii huolellista työmäärien arviointia, ja projektien pitäminen taloudellisesti kannattavana edellyttää erityistä tarkkuutta. Projektinhallinnan näkökulmasta kustannuksilla resurssina on suora vaikutus myös

aikatauluun ja laatuun. Haastavaa kokonaistilannetta kuvaa se, että rakennuttajat kokevat tällä hetkellä suureksi ongelmaksi suunnittelun laadun (kuva 13). Tässä olisi alalla syytä tarkastella hankkeita kokonaisvaltaisesti, sillä urakoitsijat kokevat saavansa suuria hyötyjä käyttämällä tietomalleja rakentamisessa. Suunnitteluun panostaminen olisi kannattavaa juuri siitä syystä, että saadaan laadukkaita malleja rakentamista varten, ja säästöjä hankkeen kokonaisuutta tarkastellessa. Jatkotutkimuksena olisi mielenkiintoista selvittää tätä suunnittelun ja urakoinnin kustannusten ja hyötyjen tasapainoa sekä, miten tilaajat ja urakoitsijat näkevät asian.

Kuva 13 Suunnittelun laadun heikkeneminen (MANK ry, 2021, s. 4).



Tällä hetkellä tiesuunnittelun yhteydessä tehtävään tietomallinnukseen liittyy selkeitä työvaihteita, joita voisi suunnitteluorganisaation koulutuksella ja kehittämisellä tehostaa. SKOL-luokat 3 ja 4 tekivät eniten töitä mallinnukseen liittyvissä tehtävissä ja moni tehtävistä on sellaisia, joita pystyisi siirtämään myös SKOL-luokalle 5. Tässä näkyy myös tietomallinnuksen osaamisen keskittyminen tietyille SKOL-luokille, jota kuormituksen tasaamiseksi pitäisi pystyä laajentamaan muillekin henkilöryhmille. Toinen asia, jolla toimintaa voisi tehostaa, on suunnittelun automaatio. Koko aineistolle tehdyssä

työvaiheanalyysissa oli tulostamisella melko suuri osuus projektien tuntikirjauksissa. Tässä olisi työvaihe, jota voisi automatisoida ohjelmistollisesti tai esimerkiksi jättää vastaanottajalle mahdollisuus tulostaa piirustuksia suoraan tietomallista. Tällä hetkellä tietomalliohjelmista ja yhdistelmämallista ei saa suoraan tulostettua ohjeiden mukaisia piirustuksia, vaan se vaatii manuaalista työskentelyä.

Tiesuunnitteluhankkeissa käytännön suunnittelutyötä johtaa konsultin projektipäällikkö projektinhallintajärjestelmän puitteissa. Tietomallin vaikuttaessa suunnitteluprosessissa ja sitä kautta projektinhallinnan osa-alueisiin tulisi myös projektipäällikön tuntee tietomallinnuksen osuus kokonaisuudessa. Suunnitteluprosessin aikana tulee paljon asioita, joiden kautta projektipäällikkö voi vaikuttaa projektin lopputulokseen omilla päätöksillään ja tietomallia pystyisi hyödyntämään tässä päätöksenteossa. Projektin onnistuminen tarvitsee myös ympäröivän organisaation tukea ja onnistunutta vuorovaikutusta muiden projektin osapuolten kanssa. Tähän vuorovaikutukseen tietomalli toimii hyvänä alustana. Toisin sanoen tietomallia voisi siis tehokkaasti käyttää projektinhallinnan työkaluna ja siitä syystä siihen kannattaakin panostaa suunnitteluyrityksen projektitoiminnan kehittämisessä.

## Lähteet

- Barnes, P. (2021). *BIM for Project Managers*. ICE Publishing.
- Bryde, D.;Broquetas, M.;& Volm, J. M. (2012). *The project benefits of Building Information Modelling (BIM)* (s. 971-980). ScienceDirect.
- buildingSMART Finland. (2019). *Yleiset inframallivaatimukset YIV*.  
[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Yleiset\\_inframallivaatimukset.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Yleiset_inframallivaatimukset.pdf)
- Fløisbonn, H. W.;Skeie, G.;Uppstad, B.;Markussen, B.;& Sunesen, S. (2020). *Modell Modenhets Indeks*. <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>
- Dodge Data & Analytics. (2017). *The Business Value of BIM for Infrastructure*.  
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-fas-bim-infrastructure.pdf>
- MANK ry. (2021). *Infrasuhdanteet 2021-2022*. <https://www.mank.fi/wp-content/uploads/2020/10/Infrasuhdanteet-2020-2021.pdf>
- Rokoei, S. (2015). *Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 210/2015, (ss. 87 - 95). ScienceDirect.
- Tampereen yliopisto. (2021a). *ProDigiial selvitystyö - Yhteenvedo selvitystyöstä 2.6.2021*.  
[https://projects.tuni.fi/uploads/2021/06/bfe1d7c3-prodigial\\_selvitystyoyhteenvedo\\_2021-06-01.pdf](https://projects.tuni.fi/uploads/2021/06/bfe1d7c3-prodigial_selvitystyoyhteenvedo_2021-06-01.pdf)
- Tampereen yliopisto. (2021b). *ProDigiial selvitystyö - hankekortit ja tiivistelmät*.  
[https://projects.tuni.fi/uploads/2021/06/dac587ee-prodigial\\_selvitystyoyhankekortit\\_jatiivistelmat\\_pointgroup\\_2021-06-01.pdf](https://projects.tuni.fi/uploads/2021/06/dac587ee-prodigial_selvitystyoyhankekortit_jatiivistelmat_pointgroup_2021-06-01.pdf)
- Väylävirasto. (2017). *Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje*.  
[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)
- Väylävirasto. (2020). *Inframallinnuksen toimintalinja*. Noudettu osoitteesta  
[https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj\\_2020-18\\_inframallinnuksen\\_toimintalinja\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2020-18_inframallinnuksen_toimintalinja_web.pdf)
- Väylävirasto. (2020). *Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velhojärjestelmässä*. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2020-08\\_suunnittelu\\_toteutusprojektien\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-08_suunnittelu_toteutusprojektien_web.pdf)

Ward, G. G. (2018). *Effective Project Management: Guidance and Checklists for Engineering and Construction*. John Wiley & Sons Ltd.

Wysocki, R. K. (2019). *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme, Hybrid*. John Wiley & Sons, Inc.