

INFRARAKENTAMISEN MITTAUKSET

Ohjeistukset ja mittausaineiston sisältö

Petri Kuusela

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Petri Kuusela	Vuosi	2017
Ohjaaja	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	3D-system Oy		
Työn nimi	Infrarakentamisen mittaukset, Ohjeistukset ja mittausaineiston sisältö		
Sivu- ja liitemäärä	62 + 5		

Infra-alalla on parhaillaan käynnissä uusien teknologioiden ja toimintamallien käyttöönotto jokaisessa hankevaiheessa suunnittelusta toteutukseen. Suunnittelussa siirrytään dokumenttipohjaisesta suunnittelusta tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja rakentamisessa siirrytään mallipohjaiseen tuotantoon. Maanmittaus- ja yhdyskuntatekniikan opettajien haasteena on päivittää opetussuunnitelmat vastaamaan uusia alan vaatimuksia niin, että alalle valmistuvilla insinööreillä on työkalupakissaan tietämys vanhojen hyvien käytäntöjen lisäksi myös uusista toimintamalleista ja -ohjeistuksista.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään voimassa olevia ohjeita ja vaatimuksia, joihin infrarakentamisen mittaukset perustuvat. Opinnäytetyöhön liittyen järjestettiin kyselytutkimus infrarakentamisen mittauksien parissa toimiville. Tavoitteena oli selvittää nykytilanne mittausaineistojen sisällöstä, laadusta ja käytetyistä tiedonsiirtoformaateista.

Opinnäytetyön lukijalle muodostuu kokonaiskäsitys ohjeista, jotka liittyvät infrarakentamisen mittauksiin ja työkoneautomaatioon. Lukija tiedostaa, että toimintamallien muutosvaiheessa ohjeistukset ovat jatkuvan päivitystyön alla. Opinnäytetyön johtopäätösosiossa pohditaan, mitä parannettavaa alan ohjeistuksissa ja mallipohjaisessa toimintatavassa mittaamisen näkökulmasta vielä on.

Asiasanat

Toteutusmalli, laadunvarmistus, mittausaineisto

Technology, Communication and
Transport
Degree Programme of Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Petri Kuusela	Year	2017
Supervisor	Timo Karppinen		
Commissioned by	3D-System Oy		
Subject of thesis	Infra Construction Surveys, Instructions and Contents of the Surveying Data		
Number of pages	62 + 5		

The objective of the thesis was to give its readers information about the publications which direct the surveys of the model-based road construction. In the study the data exchange formats were presented. The contents of the measurement data and planning models were also presented.

This thesis discussed the valid instructions and demands on which the measurements of the infra construction are based. The data was collected with a questionnaire to the persons working in infra construction. The objective was to study the present situation of the contents of the measurement data, the quality and the data exchange formats used.

The thesis gives an overall view on the instructions connected with the infra construction measurements and machine control. The instructions will be constantly updated. The improvement suggestions on the instructions and the use of models were discussed in the conclusion.

Key words machine control model, quality assurance, measurement data, model-based

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	INFRARAKENTAMISEN MITTAUKSIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS.....	7
2.1	Yleistä	7
2.2	Liikenneviraston ohjeet	7
2.2.1	Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje (18/2017).....	7
2.2.2	Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet (19/2017).....	10
2.2.3	Tien rakennussuunnitelma – Sisältö ja esitystapa (44/2013) ja Tien rakennussuunnitelma – Toimintaohjeet (45/2013).....	11
2.2.4	Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje (2017)	13
2.2.5	Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimiso hje (2008).....	14
2.2.6	Urakoitsijan laaturaportointi (2009).....	18
2.3	Yleiset inframallivaatimukset (YIV)	21
2.3.1	Osa 5.1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet	22
2.3.2	Osa 5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje	23
2.3.3	Osa 5.3 Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje.....	25
2.3.4	Osa 6 Järjestelmät	25
2.3.5	Osa 8 Inframallin laadunvarmistus	26
2.3.6	Osa 12.1 Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä.....	27
2.4	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet	28
2.5	Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje	29
2.6	InfraBIM-nimikkeistö	30
2.7	Julkisen hallinnon suositukset (JHS).....	31
3	MITTAUSAINEISTOJEN LAADUNVARMISTUS	32
3.1	Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimiso hje 2008.....	32
3.2	YIV-ohjeet.....	32
3.3	Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje (2017)	35
3.4	Suunnittelijan tekemät tarkastukset (itselle luovutus)	35
3.5	Tilaaajan laadunvarmistus	38
3.6	Urakoitsijan laadunvarmistus	40

4	KYSELY MITTAUSAINEISTOJEN SISÄLLÖSTÄ JA LAADUSTA.....	45
4.1	Kyselyn taustaa	45
4.2	Mittausaineiston sisältö.....	46
4.2.1	Tiegeometria ja muut linjat	47
4.2.2	Taiteviivat	47
4.2.3	Kolmioverkot	48
4.2.4	Pistemäiset kohteet.....	48
4.2.5	Suunnitelmapakartat	48
4.3	Mittausaineiston puutteet.....	48
4.4	Mittausaineistossa havaitut ongelmat ja virheet.....	49
4.5	Yhteenveto.....	49
5	TIEDONSIIRTOFORMAATIT JA KOODIT.....	50
5.1	Yleistä	50
5.2	Tiedonsiirtoformaatit	50
5.2.1	LandXML ja Inframodel	50
5.2.2	Geonic.....	52
5.2.3	Dwg ja Dxf.....	53
5.2.4	Xroad-geometriaformaatti.....	53
5.3	Koodeihin liittyvä kehitystyö	54
6	JOHTOPÄÄTÖKSIÄ OHJEISTUKSISTA JA MITTAUSAINEISTOISTA	56
6.1	Ohjeistukset	56
6.2	Mittausperusta	56
6.3	Mittausaineistojen sisältö	57
6.4	Mittausaineistojen laadunvarmistus	59
	LÄHTEET	61
	LIITE	63

1 JOHDANTO

Infrarakentamisessa on siirrytty digitaaliseen aikakauteen, kun sekä suunnittelu että rakentaminen toteutetaan tietomallipohjaisesti. Myös rakennushankkeen luovutusaineisto digitalisoidaan tulevaisuudessa. Avainsana on tiedonhallinta: miten tieto saadaan siirtymään seuraavaan hankevaiheeseen mahdollisimman tehokkaasti. Nyt eletään siirtymäkautta tässä muutoksessa, eikä ilman paperilla olevia suunnitelmia ja laatudokumentteja tulla vielä toimeen, koska tilaaja on velvoitettu arkistoimaan hankkeen luovutusaineiston arkistolaisissa säädetyllä tavalla.

Miten tietomallipohjainen suunnittelu ja rakentaminen vaikuttavat infrarakennushankkeen mittauksista vastaavan henkilön toimintaan? Vanhojen, mutta voimassa olevien ohjeistuksien lisäksi on perehdyttävä uusiin tietomallipohjaista suunnittelua ja rakentamista ohjaaviin ohjeisiin ja vaatimuksiin. Perinteinen takymetri-mittaaminen on vähentynyt huomattavasti, kun satelliittipaikannuksella varusteltujen koneohjausjärjestelmien käyttö on yleistynyt. Infratyömaalla toimivan maanmittarin työnkuvaan liitetään sanat mallintaminen ja mallipohjainen laadunvarmistus.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa lukijalleen tietoa tienrakentamisen mittauksia ohjaavista julkaisuista. Tarkoituksena on myös antaa käsitys mittausaineiston sisällöstä ja tiedonsiirtoformaateista. Lukija tiedostaa myös sen, että tietomallipohjaista toimintamallia ei ole vielä otettu käyttöön kaikkialla, mutta se otetaan ennemmin tai myöhemmin.

2 INFRARAKENTAMISEN MITTAUKSIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS

2.1 Yleistä

Liikennevirasto ylläpitää ohjeistuksia, joilla määritetään vaatimukset suunnittelun lähtötiedoille, suunnitelmien sisällölle sekä rakentamisen laadun todentamiselle. Julkaisuissa käytetään viittauksia vanhempiin ohjeistuksiin. Insinööriellä, joka toimii infrarakentamisessa, täytyy olla käsitys toimintaa ohjaavista ohjeista ja vaatimuksista. Tässä opinnäytetyössä ohjeita käsitellään pääasiassa väylärakentamisen mittausten ja työkoneautomaation näkökulmasta.

Infrarakentamisessa käytetään myös ohjeistuksia, joiden ylläpito ei ole Liikenneviraston vastuulla. Näitä ohjeita ja vaatimuksia käytetään myös muissa kuin Liikenneviraston tai ELY-keskusten tilaamissa hankkeissa. Rakennustieto Oy:n InfraRYL- julkaisussa *Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa1 Väylät ja alueet* ohjataan varsinaista rakentamista ja esitetään rakentamisen tekniset laatuvaatimukset mukaan lukien rakenteiden sallitut poikkeamat, jotka täytyy rakennusurakan mittauksista ja laadusta vastaavalla olla hallussa. Toinen Rakennustiedon ylläpitämä julkaisu, *Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö - Määrämittausohje*, liittyy olennaisesti myöhemmin tässä opinnäytetyössä rakennepintojen pintatunnuksia käsittelevään osioon.

Uusimpana ohjeistuksena on julkaistu *Yleiset inframallivaatimukset (YIV)*, joka on kattava ohjeistus tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Ohjesarjassa käsitellään myös suunnitelmista tuotettuja rakentamisen toteutusmalleja ja niiden sisältövaatimuksia sekä kuvataan tietomallipohjaisen infrarakentamisen laadunvarmistusmenetelmä.

2.2 Liikenneviraston ohjeet

2.2.1 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje (18/2017)

Tämä Liikenneviraston ohje 18/2017 on tarkoitettu suunnittelun lähtötiedon tuottamisesta vastaaville tahoille. Siinä käsitellään mittausperustan, maastomallin,

pohjakartan ja ortokuvien tuottamista, laatuvaatimuksia ja laadunvarmistusmenetelmiä. Julkaisu korvaa samannimisen, vuonna 2011 julkaistun ohjeen.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vain ohjeessa käsiteltyä mittausperustaa, jota käytetään myös rakennusvaiheessa.

Mittausperustan laatuvaatimuksia on hieman muutettu verrattuna vuoden 2011 *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeeseen*. Perus- ja käyttöpisteiden vaatimukset ovat pysyneet kutakuinkin ennallaan, apu- ja tukipisteiden vaatimuksia ja termejä on selkeytetty. Uusissa vaatimuksissa on huomioitu ilmasta tehtävät mittaukset. 2011 julkaistun ohjeen laatuvaatimukset on esitetty kuviossa 1. ja 2017 julkaistun ohjeen vaatimukset kuviossa 2.

Peruspisteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pisteväli noin 1000–1500 m - Tasotarkkuus 10 ppm - Korkeustarkkuus 10 ppm - Rakennetaan pistepareiksi, joiden väli 300–500 m (näköyhteys)
Käyttöpisteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pisteväli 200–400 m - Tasotarkkuus 20 ppm - Korkeustarkkuus 10 ppm - Vierekkäisillä pisteillä keskinäinen näkyvyys - Sijainti maastomallialueen keskellä
Apupisteet, tukipisteet	<ul style="list-style-type: none"> - Tasotarkkuus 30 ppm - Ei korkeustarkkuusvaatimusta

Kuvio 1. Mittausperustan rakenne ja pisteluokat (Liikennevirasto 2011, 10)

Mitattavien perus- ja käyttöpisteiden on oltava yhdistettyjä taso- ja korkeuskiintopisteitä ja ne on rakennettava *Julkisen hallinnon suosituksen 184* (JHS184, Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä) mukaisesti. Käyttöpisteiden on sijaittava ohjeen mukaan mahdollisimman keskellä mitattavaa aluetta. (Liikennevirasto 2017, 11.)

Pisteiden keskeinen sijainti helpottaa maastomallimittauksia, mutta rakentamisen näkökulmasta käyttöpisteiden keskeinen sijainti vaarantaa pisteiden säilymisen.

Väylämäisen kohteen puuston raivaukset ja pintamaan poistot ovat sellaisia työvaiheita, joissa pisteitä voi tuhoutua huomaamatta. Tämän vuoksi mittausperustan tuottajan pitää huolehtia riittävästä pisteiden näkyvöittämisestä.

<p>Peruspisteet (vähintään E4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Staattinen GNSS-mittaus, pisteväli n. 1000–1500 m - Tasotarkkuus 10 ppm - Korkeustarkkuus 10 ppm (jos pisteväli alle 200 m → keskivirhe enintään 2 mm) - Jos jonomainen peruspisteverkko → joka viides piste tehdään pistepariksi
<p>Käyttöpisteet (E5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Jonomittaus takymetrilla (pienet hankkeet RTK-GNSS), pisteväli 100–400 m - Tasotarkkuus 20 ppm (jos pisteväli alle 200 m → keskivirhe enintään 4 mm) - Korkeustarkkuus 10 ppm (jos pisteväli alle 200 m → keskivirhe enintään 2 mm) - Sijainti peruspisteparien välissä. Vierekkäisillä pisteillä keskinäinen näkyvyys. - Sijainti mahdollisimman keskellä maastomallialuetta
<p>Apupisteet, tukipisteet (E6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tasotarkkuus 50 ppm - Korkeustarkkuus 50 ppm - Apupisteet mittaustyön aikaisia pisteitä, joita ei rakenneta pysyvästi maastoon - Tukipisteet ilmakuvausta varten. Pisteet rakennetaan pysyviksi.

Kuvio 2. Mittausperustan rakenne ja pisteluokat (Liikennevirasto 2017b, 11,13)

Useimmiten suunnittelija, joka on saanut toimeksiannon tietyn kohteen suunnittelusta, tilaa alihankintana mittauskonsultilta maastomallin alueesta. Mitä pienempi kohde on, sitä varmemmin mittausperusta jää vähemmälle huomiolle. Suunnittelun lähtötietona olevan maastomallin laatua on vaikea tarkastella ilman mittausperustaa. Uudessa ohjeessa onkin määritelty pienien hankkeiden minimipistemääräksi 3. Mittausperustan roolia osana maastomallin tuotantoa selventää myös Liikenneviraston julkaisu *Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet* (19/2017).

Yleensä mittausperustan tuottamisvastuu liittyy hankeen urakkamuotoon; jos kyseessä on kokonaisurakka (KU), niin silloin vastuu on tilaajalla. Jos urakkamuotona on Suunnittele ja Toteuta (ST), niin silloin urakoitsija vastaa mittausperustan tuottamisesta (Tiehallinto 2008a, 28).

Jos kohteeseen ei ole rakennettu ohjeen mukaista mittausperustaa, pitäisi tämä tieto välittyä myös tarjouspyyntöasiakirjojen kautta rakennusvaiheen urakoitsijalle. Tilaajan pitäisi ottaa myös kantaa siihen, kuka kohteen rakentamisessa tarvittavan mittausperustan rakentaa ja kenen kustannuksella. Tässä tapauksessa maastomallin laadun tarkastaminenkin jää urakoitsijan tehtäväksi. Maastomallin laadun tarkastaminen on erityisen tärkeää määrälaskennan oikeellisuuden varmistamiseksi. Työmaalla maastomalli voidaan tarkastaa mittaamalla ”tarkastuspoikkileikkauksia”, joiden avulla laatupoikkeamat voidaan esittää tilaajalle.

Mittausperusta-asioiden lisäksi maanmittarin kannattaa huomioida tästä ohjeesta liitteenä oleva koodiluettelo, jonka mukaisesti maastomalli on koodattava. Vaikka rakentamisen mittauksissa on siirrytty jo pääosin InfraBIM-nimikkeistön mukaiseen koodaukseen ja LandXML-formaattiin, maastomallimittaukset tuotetaan vielä vanhassa Tielaitos-formaatissa, jolle on annettu vain uusi nimi, ”Infra maastomalli-formaatti” (Liikennevirasto 2017, 4). Tiedonsiirtoformaatteja käsitellään tarkemmin luvussa 5.

2.2.2 Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet (19/2017)

Ohje korvaa saman nimisen vuonna 2011 julkaistun ohjeen. Ohje on päivitetty geodeettisten mittauksen osalta kokonaisuudessaan ja sitä käytetään kohtien MT00–MT70 osalta yhdessä *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeen* (18/2017) kanssa (Liikennevirasto 2017d, 4).

Julkaisu on jaettu geodeettisiin mittauksiin (MT00–MT70) ja maaperätietoihin (MT100–MT220). Julkaisussa on annettu toimintaohjeet maastotietojen hankintaan jokaiseen suunnitteluvaiheeseen. (Liikennevirasto 2017d, 4.)

Ohjeessa korostetaan, että pienissä hankkeissa mittausperusta voidaan tuottaa kevennettynä GNSS-mittauksin. Lähtökohtaisesti pisteet pitää aina näkyvöittää keltaisin paaluin. Mittausperusta tehdään viimeistään tiesuunnitelmavaiheessa. Mittausperustan tuottamisesta laaditaan ennen mittauksia mittaussuunnitelma ja mittausten jälkeen mittausraportti. (Liikennevirasto 2017d, 12–13.)

Tarkkaa maastomallia tarvitaan tie- ja rakennussuunnitelmavaiheessa. Maastomallin lähtöaineistona voidaan käyttää olemassa olevaa laserkeilausdataa, tai mittaamalla uusi malli keilauksin, ilmakuvauksin tai maastomittauksin (Liikennevirasto 2017d, 17).

Eri tekniikoin tuotettu mittausdata (lähtötieto) on sidottava koordinaatistoon hankkeelle tuotetun mittausperustan ja valtakunnallisten pysyvien GNSS-tukiasemien avulla (Liikennevirasto 2017d, 18).

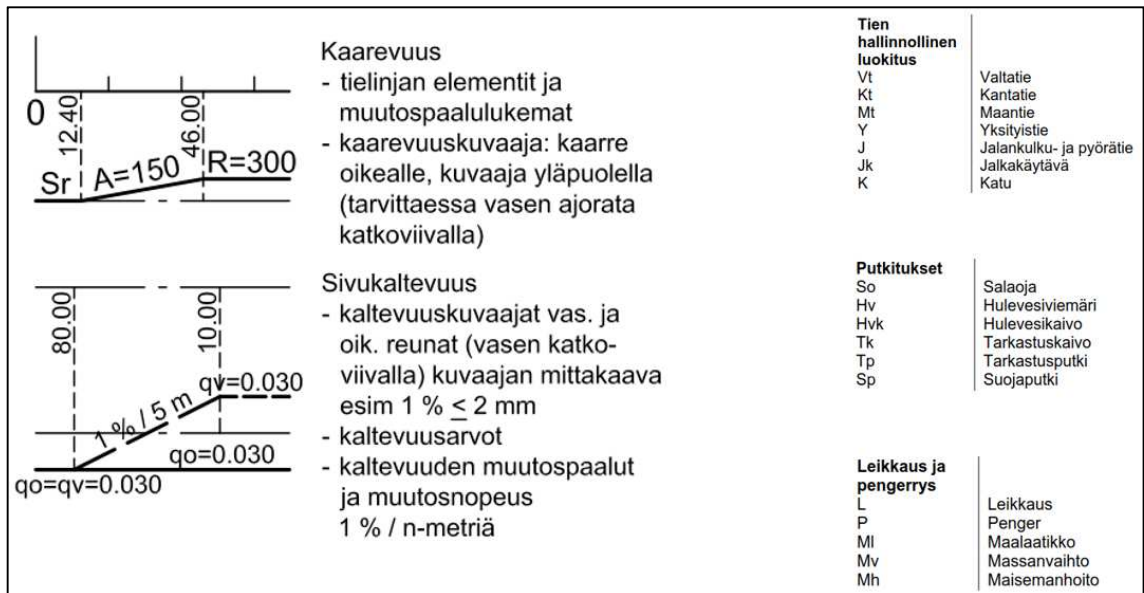
Käsitellään asiaa esimerkin kautta: Tilaaja tekee toimeksiannon, jonka sisältönä on maastomalli ja sen tuottamiseen tarvittava mittausperusta. Voiko käydä niin, että mittausperusta, jota voitaisiin hyödyntää rakentamisessa, jää rakentamatta hankealueelle? Kyllä voi, jos tilaaja ei erikseen tilaa mittausperustaa hankealueelle *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeessa (18/2017)* määritellyllä tavalla. Palveluntuottajahan voi tuottaa maastomallin ilmasta käsin laserkeilauksella ja raportoida sitoneensa mallin koordinaatistoon pysyvien GNSS-pisteiden avulla, jotka voivat sijaita kymmenien kilometrien päässä hankealueesta.

2.2.3 Tien rakennussuunnitelma – Sisältö ja esitystapa (44/2013) ja Tien rakennussuunnitelma – Toimintaohjeet (45/2013)

Ohjeet on laadittu maanteiden rakennussuunnitteluun ja niitä noudatetaan kohteissa, joihin rakennussuunnitelma laaditaan ennen rakentamista (Liikennevirasto 2013a, 3). Ohjeissa ei oteta vielä kantaa tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja sen sisältöön (Liikennevirasto 2013a, 4).

Sisältö ja esitystapa- ohjeesta voidaan todeta mittausausten näkökulmasta, että suunnittelijoiden tuottaman rakennussuunnitelma-aineiston hakemistorakenne noudattelee tässä ohjeessa kuvattua rakennetta. Esimerkiksi mittausaineisto löytyy aina kansiossa R8. Suunnitelmien sisällön tulkintaa helpottaa ohjeen liitteinä olevat piirustusmerkinnät ja lyhenteet (kuviot 3).

Toimintaohjeet-osiossa kuvataan rakennussuunnitteluprosessin eteneminen lähtötietojen hankinnasta valmiiden suunnitelmien luovutukseen suunnittelijan näkökulmasta. Ohje on siis eräänlainen suunnittelijan käsikirja, jossa kuvataan, mitä tehdään (Liikennevirasto 2013b, 8).



Kuvio 3. Kuvankaappaus rakennussuunnitelman merkinnöistä ja lyhenteistä (Liikennevirasto 2013a, liitteet 1,2)

Molempien ohjeiden mittauksiin liittyvissä osioissa viitataan vuoden 2008 ohjeeseen *Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohje*, jossa mittaussuunnitelman laatimista varten on annettu yksityiskohtaiset ohjeet.

Mittaussuunnitelman asiakirjasisältöön kuuluu mittaussuunnitelmaselostus, mitausperusta, mittausten yleiskartta, mittauskartta ja mittaustiedostot. Mittaustiedostot toimitetaan Inframodel-muodossa ja pääsääntöisesti kaikista rakenteista. (Liikennevirasto 2013a, 32.)

Toimintaohjeen mukaan mittaussuunnitelma laaditaan rakennussuunnittelun päätteeksi. Suunnittelijan tehtävänä on laatia mittaussuunnitelmaselostus, selvittää nykyisen mitausperustan tila ja tarvittaessa laatia mitausperusta sekä liittää mitausaineistot mittaussuunnitelmaan. (Liikennevirasto 2013b, 78.)

2.2.4 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje (2017)

Liikenneviraston julkaisuissa *Tien rakennussuunnitelma – Sisältö ja esitystapa* (44/2013) ja *Tien rakennussuunnitelma – Toimintaohjeet* (45/2013) todetaan, että niissä ei käsitellä tietomallinnukseen perustuvaa suunnittelua. Kun vuosina 2014–2016 laadittiin buildingSMART Finlandin toimesta YIV-ohjesarja, nähtiin Liikennevirastossa tarpeelliseksi laatia tietomallintamista ja YIV-ohjeiden käyttöä tukeva tietomallinnusohje (Liikennevirasto 2017a, 4).

Ohjeessa käsitellään tietomallipohjaista suunnittelua hankkeen eri vaiheissa. Myös mallinnettavat rakenteet ja niiden tarkkuusvaatimukset on käsitelty suunnitteluvaiheittain esisuunnittelusta rakennussuunnitteluun (kuvio 4). Tässä opinäytetyössä käsitellään rakennussuunnitelmavaihetta ja rakentamista.



Kuvio 4. Tiehankkeen suunnitteluvaiheet (Liikennevirasto 2017a, 27)

Inframalliohje on tietomallipohjaiseen suunnitteluun perehtyville henkilöille tarkoitettu käsikirja, josta saa hyvän käsityksen toimintaa ohjaavista ohjeistuksista, tiedonsiirtoformaateista ja erityisesti suunnitelmamallien laadunvarmistuksesta. Jokaisessa osiossa on viittaukset asiaan kuuluvaan *Yleiset inframallivaatimukset* -ohjeeseen, josta saa tarkempaa tietoa. Yleisiä inframallivaatimuksia (YIV) käsitellään opinäytetyön luvussa 2.3.

Rakentamisen mittausten näkökulmasta voidaan todeta, että Inframalliohjeessa on korostettu mittausperustan tärkeyttä niin suunnittelua kuin rakentamistakin ajatellen. Ohjeessa viitataan Liikenneviraston julkaisuihin *Maastotietojen hankinta* (2017) ja *Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohje* (2008), joissa asiaa on käsitelty tarkemmin. (Liikennevirasto 2017a, 14.)

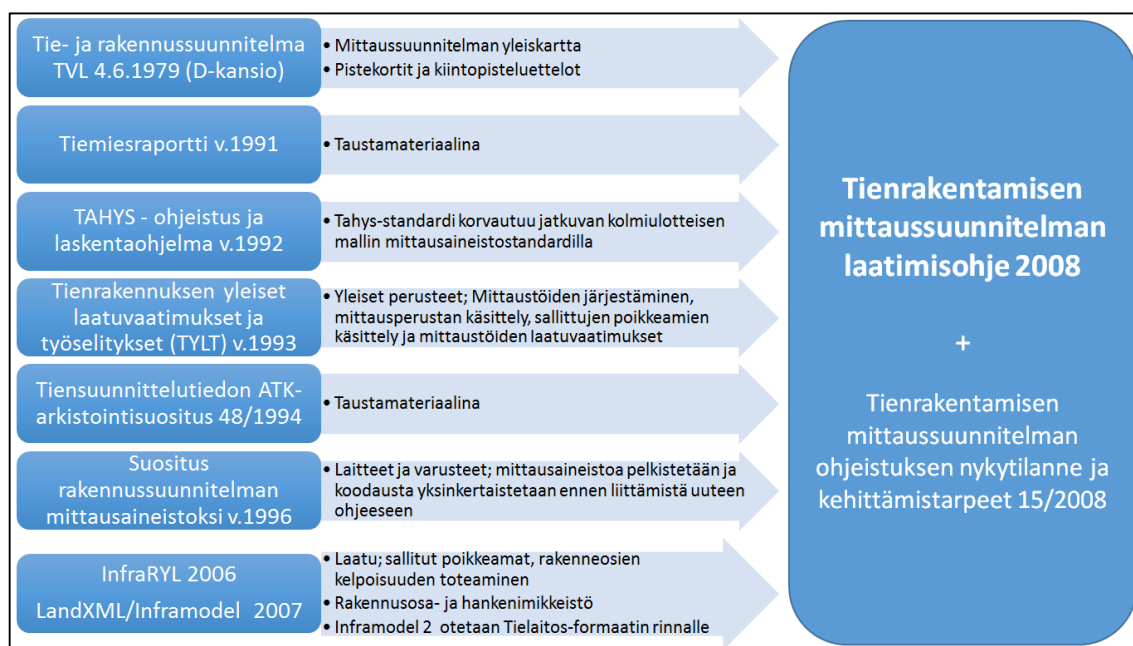
2.2.5 Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisohje (2008)

Ohje on voimassa oleva, ja siinä esitetään mittaus suunnitelman sisältö perusteellisesti. Aikaisemmin tässä opinnäytetyössä esitellyissä suunnittelijan toimintaa ohjaavissa julkaisuissa mainitaan tämä ohje. Vaikka infrahankkeissa ollaan siirtymässä dokumenttipohjaisesta suunnittelusta tietomallipohjaiseen suunnitteluun, pitäisi suunnittelijan toimittaa mittausaineisto työmaalle tämän ohjeen mukaisesti. Siksi tähän ohjeeseen perehtyminen on infratyömailla työskentelevälle maanmittarille erityisen tärkeää. Valitettavan usein työn toteuttajalle toimitetaan mittausaineisto, joka ei täytä tämän ohjeen vaatimuksia ja valitettavan usein työt toteutetaan puutteellisilla mittausaineistoilla, koska työmaan mittauksista vastaava henkilö ei ole informoinut puutteellisesta aineistosta projektin johtoa.

Mittaus suunnitelma-termiä käytetään kahdella tavalla; se tarkoittaa tässä ohjeessa kuvattua, suunnittelijan toimittamaa aineistoa työmaan mittauksia varten, mutta toisaalta se tarkoittaa myös työmaan mittauksista vastaavan henkilön laatimaa dokumenttia, jossa kuvataan, miten ja millä resursseilla työmaan mittaukset, laskennat ja laatudokumentoinnit on tarkoitus suorittaa.

Tiehallinnon, Liikenneviraston edeltäjän, julkaisu TIEH 2000024-v-08, *Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisohje* määrittelee rakentamisen mittaus suunnitelman sisällön, muodon ja laatuvaatimukset. Sitä noudatetaan hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheissa. (Tiehallinto 2008a, 3.)

Edellä mainittua ohjetta on täydennetty julkaisulla TIEH 4000613-v *Tienrakentamisen mittaus suunnitelman ohjeistuksen nykytilanne ja kehittämistarpeet*, 15/2008 (Tiehallinto 2008a, 5). Julkaisussa on käsitelty ohjeistuksia, jotka olivat käytössä ennen Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisohjeen käyttöönottoa. Kuviossa 5. on luetteloitu vanhat ohjeet, joita käytettiin taustamateriaalina uuden ohjeen päivityksessä (Tiehallinto 2008b, 30–32).



Kuvio 5. Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohjeiden lähdeaineisto (Tiehallinto 2008b, 30–32)

Mittausaineiston sisältö

Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohjeen mukaan rakennussuunnitelman mittaussuunnitelma koostuu selostusosasta, mittausperustan dokumentoinnista ja mittausaineistosta, jonka sisältövaatimukset on esitetty kuviossa 6.

Geometriat	<ul style="list-style-type: none"> Väylien ja laskuojien vaaka- ja pystygeometriat Rakenteiden vaaka- ja pystygeometriat (reunakivilinjat, kaiteet)
Rakennepinnat	<ul style="list-style-type: none"> Maaleikkaus- ja pengerpinnat, kallioleikkauspinnat Rakennekerrokset, verhoilut, pohjavesisuojuukset, muut materiaalipinnat
Perustusrakenteet	<ul style="list-style-type: none"> Paalutukset Paalulaatat
Pohjarakenteet	<ul style="list-style-type: none"> Pystyjoitusalue Stabilointialue
Kuivatusrakenteet ja -laitteet	<ul style="list-style-type: none"> Ojat, rummut, viettoviemärit, paineviemärit, salaojat Pumppaamot, kaivot
Jalustat	<ul style="list-style-type: none"> Valaisinjalustat Liikennemerkkijalustat, portaalin jalustat, muut jalustat
Ympäristörakenteet	<ul style="list-style-type: none"> Maastoaskelmat, muurit Puualueet, pensasalueet, istutusalueet ja muut ympäristöalueet
Muut laitteet ja varusteet	<ul style="list-style-type: none"> Aidat, kaapelit, suoja-putket ja rakennukset

Kuvio 6. Rakennussuunnitelman mittausaineisto (Tiehallinto 2008a, 18–19)

Geometrioiden osalta on huomioitava, että reunatukilinjojen korkeustieto pitää olla mukana aineistossa. Rakennepinnat kuvataan tien suuntaisina kolmiulotteisina taiteviivoina. (Tiehallinto 2008a, 19–20).

Mittausperusta

Mittaus suunnitelmaselostuksessa kuvataan rakennettavan kohteen perustiedot, joista ilmenee rakennushankkeen nimi ja sijainti, suunnitelmien laatija, käytettävä tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmä sekä tiedot mittausperustasta (Tiehallinto 2008a, 13).

Mittausperusta-osiossa selvennetään pisteverkon rakennetta ja hierarkiaa. Mittausperustaan kuuluu kolmitasoisia pisteitä: peruspisteet, käyttöpisteet ja tihennyspisteet (Tiehallinto 2008a, 14).

Laadukas mittausperusta on perusedellytys hyvälle suunnittelulle. Jos suunnittelun lähtötiedoksi laadittu maastomalli on tuotettu ilman koko hankkeen kattavaa mittausperustaa, ei laadukkaalle suunnittelulle ole pohjaa. Siksi peruspisteiden ja käyttöpisteiden sisältämän mittausperustan tuottamisvastuu on yleensä suunnittelijalla. Tilaajan täytyy kuitenkin vastata kustannuksista, jotka aiheutuvat laadukkaan maastomallin tuottamisesta. *Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisosuuden* liitteenä on *Mittaus suunnitelman vastuut* -taulukko, jonka soisi olevan tarjouspyyntöasiakirjojen liitteenä suunnitteluvaiheesta toteutusvaiheeseen asti. Taulukkoa ei ole kuitenkaan otettu laajemmalti käyttöön.

Väylämaisiin rakennuskohteisiin määritetään peruspistepareja staattisiin mittauksiin ja jälkilaskennoin. Peruspisteparien väliin rakennetaan käyttöpisteet, jotka mitataan jonomittauksena. Rakennustyön aikana perus- ja käyttöpisteiden avulla kohteeseen mitataan riittävä määrä tihennyspisteitä. On huomioitavaa, että tasorunkomittaukset ja korkeudenmäärittäminen pisteille ovat erillisiä työvaiheita. Perus- ja käyttöpisteille suoritetaan tarkkavaaitus korkeuskiintopisteiden avulla. Myöhemmin mitatuille tihennyspisteille korkeus määritetään usein trigonometrisesti takymetrillä.

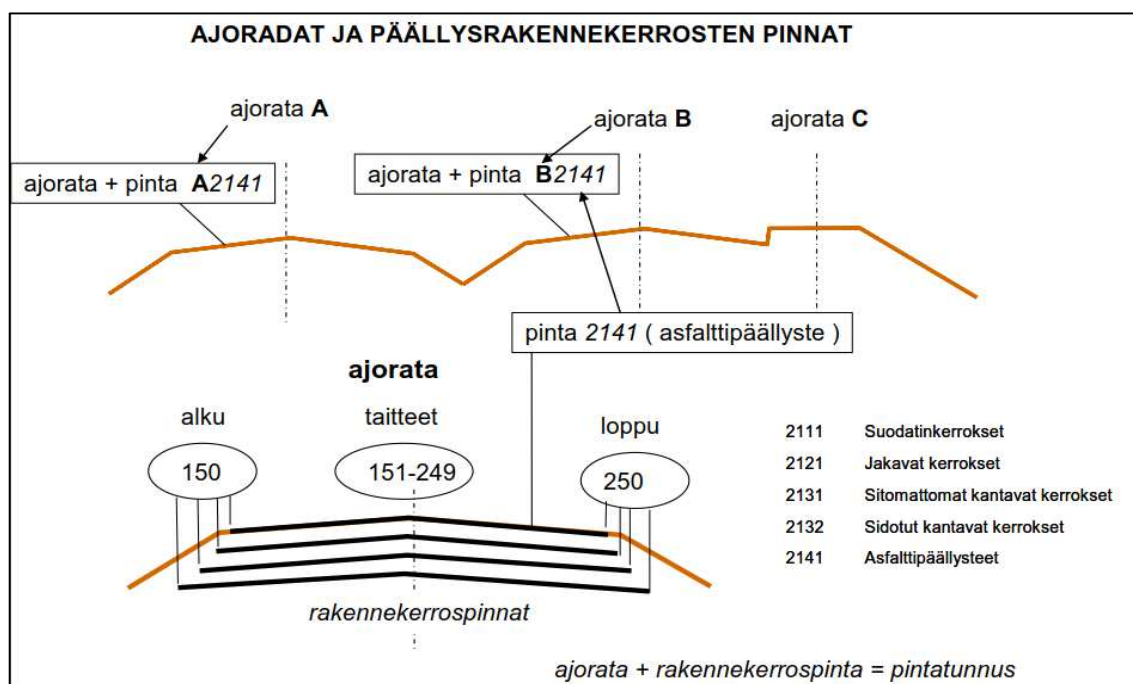
Mittausperustan laatuvaatimukset ovat kuvion 7. mukaiset. Lyhenne ppm tarkoittaa miljoonasosia (parts per million), jolloin esimerkiksi tihennyspisteen suhteellinen tasotarkkuusvaatimus on 20 ppm. Ohjeessa tihennyspisteelle annettu tasotarkkuusvaatimus 4 mm tarkoittaa 200 m:n matkalla 20 ppm. Lyhemmällä matkalla kuin 200 m tihennyspisteiden suhteellinen tarkkuusarvo voi siis olla hieman suurempikin kuin 20 ppm.

Peruspisteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pisteväli noin 1000 m - Tasotarkkuus 10 ppm - Korkeustarkkuus 10 ppm
Käyttöpisteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pisteväli 200–500 m - Tasotarkkuus 20 ppm - Korkeustarkkuus 10 ppm
Tihennyspisteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pisteväli 100–300 m - Tasotarkkuus 20 ppm. Ei tarvitse olla parempi kuin 4 mm - Korkeustarkkuus 10 ppm. Ei tarvitse olla parempi kuin 2 mm.

Kuvio 7. Mittausperustan laatuvaatimukset (Tiehallinto 2008a, 15)

Tiedonsiirtoformaatit ja koodit

Ohjeen julkaisuajankohtana vuonna 2008 LandXML-formaatissa olevaa ja Inframodel-määriteltyä aineistoa ei vielä juurikaan hyödynnetty rakentamisen mittauksissa ja työkoneautomaatiossa. Suunnittelusovellukset ja maastomittausohjelmat eivät vielä tukeneet täysin formaattia. Toisaalta myös Inframodel-sisällön määrittely oli alkutekijöissä. Ohjeen mukaan tänä siirtymäaikana mittausaineistoa voidaan toimittaa niin sanotussa Tielaitos-formaatissa (Tiehallinto 2008a, 19).



Kuvio 8. Pinta- ja lajikoodaus (Tiehallinto 2008a, 31)

Ohjeessa esiteltiin myös rakennepinnoille uusi koodausmenetelmä. Ajatuksena oli, että pintatunnuksena T1-kentässä käytetään Rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaista koodia, jonka edessä olisi ajorataa kuvaava kirjain. Lajikoodina T3-kentässä käytettäisiin kolminumeroista lukua, josta voisi päätellä, onko mittapiste ajoradan vasemmalla tai oikealla reunalla tai keskialueella (kuvio 8.).

Lajikoodia ei koskaan otettu laajemmalti käyttöön. Sen sijaan Rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaiset pintatunnukset ovat käytössä nykyisessä InfraBIM-nimikkeistössä v.1.6 ja tämä käytäntö tulee entisestään laajenemaan.

2.2.6 Urakoitsijan laaturaportointi (2009)

Ohjetta sovelletaan sekä KU- että ST-urakoissa ja se täydentää InfraRYL-julkaisuissa ja hankekohtaisissa asiakirjoissa esitettyjä laatuvaatimuksia erityisesti valokuvin toteutettavan laadunvarmistuksen ohjeistuksen osalta. Ohjeen mukaisesti laadunvarmistus voidaan jakaa esiraportointiin, pikaraportointiin, osaraportointiin, loppuraportointiin ja takuuajan raportointiin (Tiehallinto 2009, 13).

Projektinjohto laatii ohjeessa mainituista työvaiheista työ- ja laatusuunnitelman. Tämä esiraportti on toimitettava 2–14 päivää ennen toteutusta riippuen työvaiheesta (Tiehallinto 2009, 14).

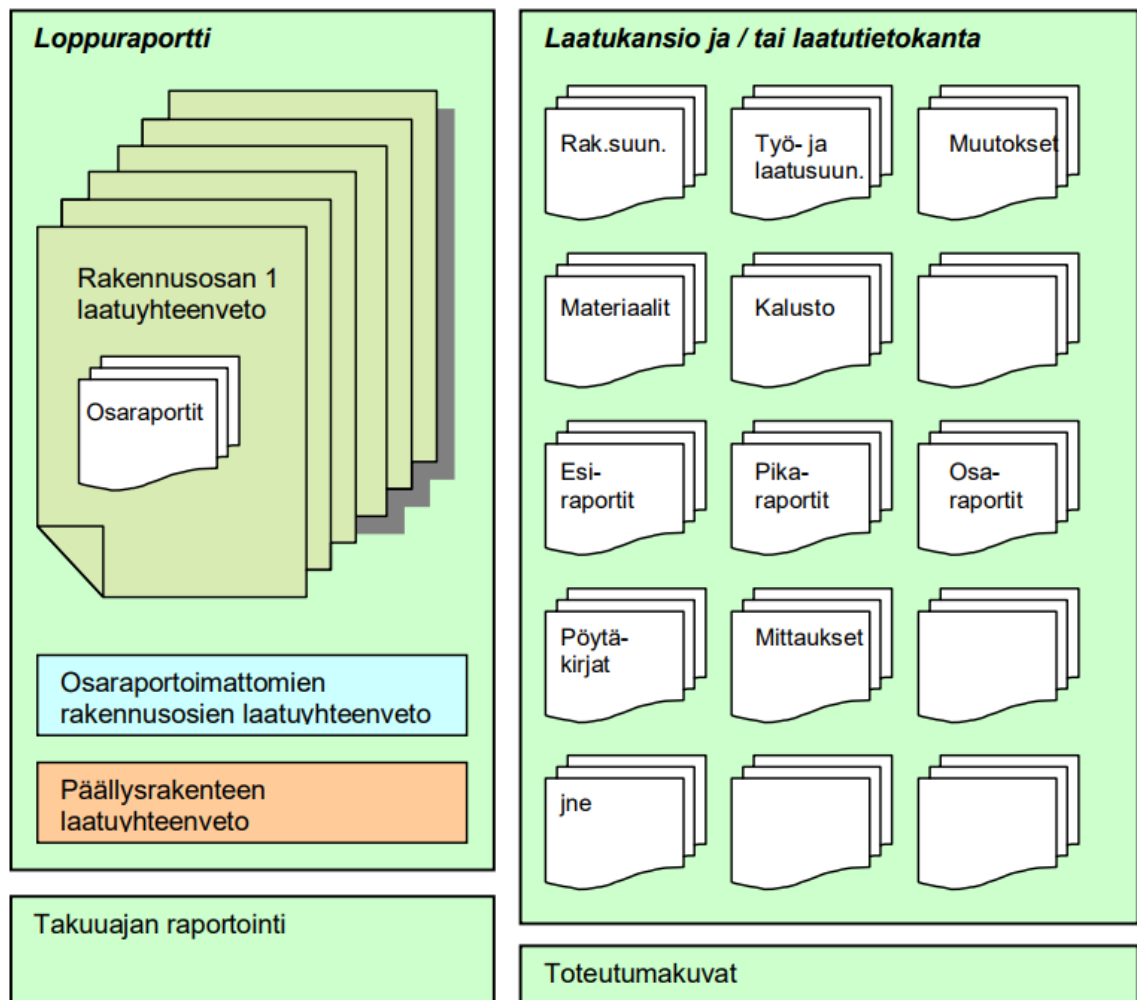
Maahan peitettävät rakenteet vaativat pikaraportointia. Dokumentit on toimitettava tilaajalle 1–3 vuorokauden kuluessa työvaiheen valmistumisesta. Pikaraportit ovat lyhyitä, valokuvaan perustuvia dokumentteja (Tiehallinto 2009, 19).

Osaraportoinnilla osoitetaan tietty rakenneosai tai -pinta tehdyksi ja laatuvaatimukset täyttäväksi, jolloin urakoitsijalla on oikeus laskuttaa valmistunut osa. Osaraportoitavan kohteen ei tarvitse olla täysin valmis, se voi sisältää esimerkiksi tietyn paaluvälin väylästä (Tiehallinto 2009, 20).

Urakoitsija kokoaa loppuraporttiin yhteenvedon osaraporteista ja liittää raporttiin kelpoisuuden osoittavat laatudokumentit poikkeamiseen myös sellaisista rakennusosista, joista ei vaadita osaraportointia. Tulokset ryhmitellään Rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaisiin osiin. Luovutettaviin asiakirjoihin kuuluu myös edellä mainitut työ- ja laatusuunnitelmat sekä päivitetty rakennussuunnitelmat, jos toteutuksessa on poikettu alkuperäisistä suunnitelmista. (Tiehallinto 2009, 21–22.)

Takuuaikana raportoidaan kaikki kohteen muutokset, joita voivat olla esimerkiksi lohkareiden irtoaminen kallioleikkauksesta, roudasta johtuvien heittojen mittaus tulokset ja pohjanvahvistuskohteiden painumaseurantamittaukset (Tiehallinto 2009, 23).

Urakoissa ei enää välttämättä noudateta tätä ohjetta orjallisesti, vaan tilaaja ja urakoitsija voivat sopia myös muista laadunvarmistusmenetelmistä. Tarkoituksena on kuitenkin se, että hankkeilla kiinnitetään laadunvarmistukseen huomiota koko urakan keston ajan, eikä dokumentteja laadita vasta urakan päättymisen jälkeen, niin kuin joskus on ollut tapana.



Kuvio 9. Tilaajalle toimitettavan loppuraportin ja laatukansion sisältö (Tiehallinto 2009, 22)

Laaturaportoinnin kehittäminen

Urakoitsijan laaturaportointi-julkaisu vuodelta 2009 on päivityksen tarpeessa. Tietomallipohjaisuus suunnittelussa ja rakentamisessa on jo arkipäivää Suomessa. Dokumenttipohjainen toimintamalli korvataan vähitellen digitaalisella toimintamallilla. Tähän on reagoitu laatimalla *YIV-ohjesarja* sekä *Tie- ja ratahankkeiden Inframalliohje*. Ohjeissa käsitellään myös rakentamisen mallipohjaista laadunvarmistusta. Urakan luovutusaineistoa on käsitelty YIV-ohjeessa 5.3 *Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje* sekä *Tie- ja ratahankkeiden Inframalliohjeessa* sivuilla 44–46. Digitaalisen luovutusaineiston laatimista on myös testattu Liikenneviraston hankkeella *Vt8 Luostarinkylä*. Pilotti saatiin valmiiksi vuoden 2017 alussa. Loppuraportti on ladattavissa Liikenneviraston sivuilta (Liikennevirasto 2017c).

2.3 Yleiset inframallivaatimukset (YIV)

Yleisiä Inframallivaatimuksia ylläpitää Rakennustietosäätiö ja sen erityispäätoimikuntana toimiva buildingSMART Finland (Liikennevirasto 2017a, 9).

Ohjeiden käyttöönotto on tapahtunut nopeasti. Yksittäisiä ohjesarjan osia otettiin luonnoksina koekäyttöön vuosina 2013 ja 2014 (Liikennevirasto 2017a, 12). Osat 1–7 julkaistiin virallisina versioina toukokuussa 2015 ja loput osat helmikuussa 2016 (buildingSMART Finland 2017a).

Inframallinnuksen ohjekokonaisuuden täydentää *InfraBIM-nimikkeistö* ja *Inframodel-käyttöönotto-ohje* (Liikennevirasto 2017a, 12).

Ohjesarja on tarkoitettu kaikille infrahankeen osapuolille; tilaajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja maanmittausalan toimijoille. Vuonna 2017 julkaistu *Tie- ja rata-hankkeiden inframalliohje* selkeyttää ja osittain myös tarkentaa ohjesarjan osien käyttötarkoitusta. YIV-ohjeistus on laaja tietopaketti. Inframalliohjeessa ohjeistetaan jokaista inframallihankkeeseen osallistuvaa perehtymään oman alansa ohjeiden lisäksi myös yleisohjeisiin 1 ja 2 sekä laadunvarmistusosaan 8 (Liikennevirasto 2017a, 12).

Inframalliohjeen mukaan rakentamisen malleja käsitellään YIV-osissa 5 ja 8 sekä rakentamisen laadunvalvontaa osassa 12 (Liikennevirasto 2017a, 23). Rakentamisessa hyödynnettävien mallien tuottamisessa on noudatettava edellä mainittuja ohjeita (Liikennevirasto 2017a, 33).

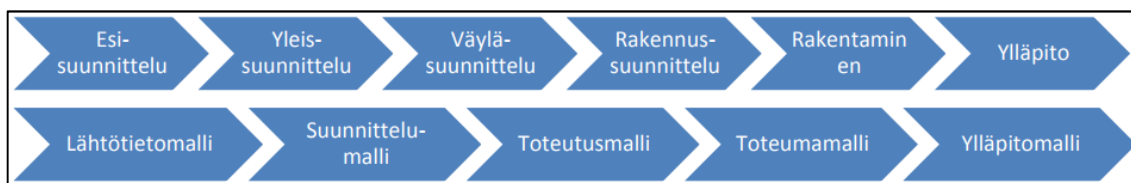
Alla on luetteloitu kaikki YIV-ohjeet. Ajantasainen tieto on ladattavissa pdf-tiedostoina buildingSMART Finlandin kotisivuilta (buildingSMART Finland 2017a).

- osa 1: Tietomallipohjainen hanke
- osa 2: Yleiset mallinnusvaatimukset
- osa 3: Lähtötiedot
- osa 4: Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
- osa 5.1: Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet
- osa 5.2: Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje
- osa 5.3: Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje
- osa 6: Järjestelmät

- osa 7: Rakennustekniset rakennusosat
- osa 8: Inframallin laadunvarmistus
- osa 9: Määrälaskenta, kustannusarviot
- osa 10: Havainnollistaminen
- osa 11.1: Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa
- osa 12.1: Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä

Tässä opinnäytetyössä perehdytään rakennussuunnittelua ja maanrakentamista ohjaaviin YIV-osiin 5, 6, 8 ja 12.

Jokaisessa hankevaiheessa inframalli on nimetty hankevaihetta kuvaavalla nimellä. Kuviossa 10. on esitetty tiehankkeen prosessi ja inframallista käytetyt nimet.



Kuvio 10. Tiehankkeen prosessi ja inframallit (buildingSMART Finland 2017f, 4)

2.3.1 Osa 5.1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällyys- ja pintarakenteet

Tässä osassa esitetään infrarakentamisessa käytettävien rakennussuunnitelma-vaiheen mallien sisältö paikkatiedon määrittelyn ja ominaisuuksien osalta. Mallinnus perustuu *Infrarakentamisen yleisten laatuvaatimusten* (InfraRYL) ja *Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistön* mukaiseen jaotteluun. Määrittelyt sisältävät pääryhmät 1000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä 2000 Päällyys- ja pintarakenteet. (buildingSMART Finland 2017b, 4).

Kuivatusrakenteiden (1430) osalta ohjeessa viitataan YIV-ohjeeseen 6 *Järjestelmät* (buildingSMART Finland 2017b, 15).

Jokaiselle rakennusosalle kuvataan geometria- ja ominaisuustieto. Geometria-tiedolla kuvataan tietoa, jolla rakenne mitataan paikalleen tai tuotetaan koneoh-jausmalli. Määrittelynä voi olla esimerkiksi 3D-objekti tai -piste xyz-koordinaatis-

tossa, pinta xyz-koordinaatistossa ja viivamalli xyz-koordinaatistossa. Ominaisuustieto on rakenteen metatietoa, jolla voidaan esittää rakennusosaan liittyvää lisätietoa, kuten materiaali, vaadittu tiiviys ja kantavuus.

Esimerkiksi sitomattoman kantavan kerroksen (2131) määrittely on seuraava (buildingSMART Finland 2017b, 33):

- *Geometria*: Sitomattomasta kantavasta kerroksesta mallinnetaan rakenteen yläpinta xyz-koordinaatistossa
- *Ominaisuudet*: Materiaalin ominaisuudet, vaadittu tiiveys ja kantavuus.

Edellä esiteltyjen rakennusosien paikalleenmittaus- ja ominaisuustietojen lisäksi suunnittelijan on toimitettava aineiston mukana rakennussuunnitelman malliseloitus, johon on kirjattu tiedot muun muassa aineiston sisällöstä, tiedonsiirtoformaateista, koordinaatti- ja korkeusjärjestelmästä sekä poikkeamista, jotka täytyy toteutusvaiheessa huomioida (buildingSMART Finland 2017b, 5).

2.3.2 Osa 5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje

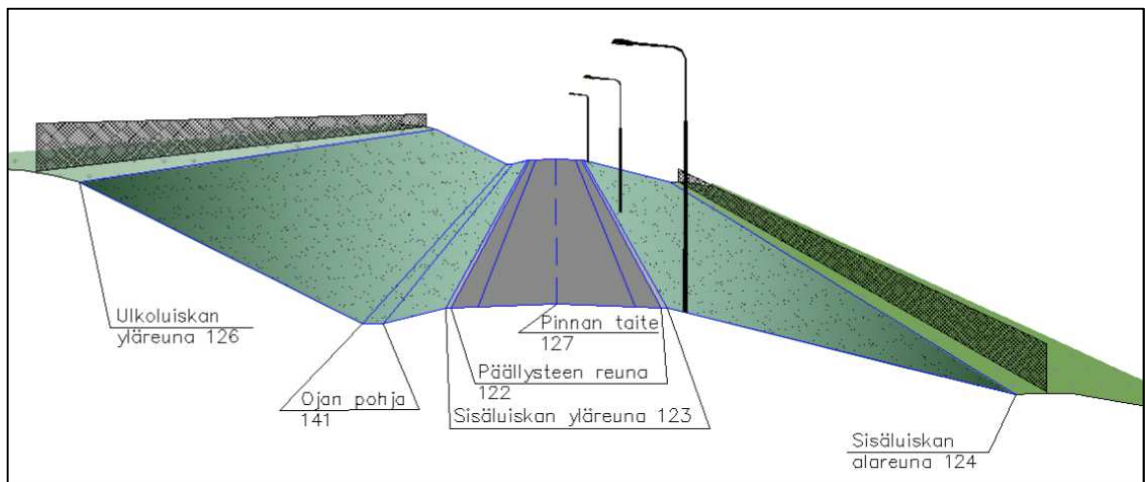
Ohjeessa käsitellään rakennussuunnitelmavaiheessa laadittavien toteutusmallien sisältö- ja tarkkuusvaatimuksia sekä aineistojen tarkastamiseen ja nimeämiseen liittyviä ohjeistuksia (buildingSMART Finland 2017c, 3).

Lähtökohtaisesti kaikki rakennusosat, joiden rakentamisessa hyödynnetään työ-koneautomaatiota, on mallinnettava (buildingSMART Finland 2017c, 4).

Rakennepintojen mallinnuksessa pinta kuvataan kolmiulotteisesti taiteviivoin ja kolmioverkkopintana. Samaa rakennepintaa kuvaaville taiteviivoille annetaan sama InfraBIM-nimikkeistön mukainen pintatunnus. Taiteviivoilla on myös kolmi-numeroinen lajikoodi, joka kuvaa taiteviivan sijaintia rakenteessa. Esimerkiksi kuviossa 11. on taiteviivojen lajikoodit toteutusmallin ylimmästä yhdistelmäpinnasta. (buildingSMART Finland 2017c, 6.)

Taiteviivojen lajikooodaus pohjautuu *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedotmittausohjeeseen* (buildingSMART Finland 2017c, 7).

InfraBIM-nimikkeistön pintatunnukset sen sijaan pohjautuvat Rakennustietosäätiön julkaisemaan *Infra Rakennusosanimikkeistöön* lukuun ottamatta alinta (AYP 201200) ja ylintä (YYP 201000) yhdistelmäpintaa (buildingSMART Finland 2017c, 8).



Kuvio 11. InfraBIM-nimikkeistön mukaisia taiteviivojen lajikoodeja. (buildingSMART Finland 2017c, 7)

Luovutettavan aineiston sisältöä käsitellään tietomalliselostuksessa, johon kootaan hankkeen perustietojen lisäksi toteutusmallin sisältö ja erityisesti poikkeamat ja puutteet (buildingSMART Finland 2017c, 17).

Toteutusmallitiedostot on nimettävä selkeästi; ”väylätunnus + rakennepinnan tunnus + paaluväli” eli esimerkiksi ”Vt4_Yyp_0-1000” on selkeä nimeämistapa. Tiedostojen nimissä ei saa käyttää erikoismerkkejä, välilyöntejä eikä ”ääkkösiä”. (buildingSMART Finland 2017c, 18.)

Hankkeen toteutusmallit kootaan projektikansioon joko pinnoittain tai väylittäin. Tiedonsiirtoformaattina käytetään LandXML-standardin mukaista formaattia. (buildingSMART Finland 2017c, 18)

Osaa 5.2 käytetään myös toteutusmallien tarkastusohjeena. Ohjeessa on luetteloitu asioita, joita suunnittelijan on tarkastettava aineistosta ennen luovutusta

(buildingSMART Finland 2017c, 17). Aineistojen laadunvarmistusta käsitellään tämän opinnäytetyön luvussa 3.

2.3.3 Osa 5.3 Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje

Ohjeessa käsitellään toteumamallin sisältöä, mallinnustapoja ja tarkkuusvaatimuksia ja se on edelleen luonnos-statuksella, koska ohjeen laajempaa käyttöönottoa varten tarvitaan kokemuksia urakoilta, joissa toteumamalli luovutetaan tilaajalle. Vuoden 2017 alussa valmistui Liikenneviraston pilottihanke, jossa ohjetta testattiin. Pilotista laadittiin *Digitaalinen luovutusaineisto*-loppuraportti, jossa todetaan *Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohjeen* olleen yksi julkaisuista, joiden mukaan luovutusaineiston sisältö määriteltiin (Liikennevirasto 2017c, 3).

Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohjeen laatimisessa on tukeuduttu Liikenneviraston julkaisuun *Urakoitsijan laaturaportointi 2009*, joka esiteltiin aikaisemmin tässä opinnäytetyössä (buildingSMART Finland 2017d, 4). Toteumamalliin perehtyessä kannattaakin näiden kahden julkaisun lisäksi tutustua myös edellä mainittuun loppuraporttiin, jossa on käsitelty luovutusaineiston sisältöä käytännön esimerkin kautta.

2.3.4 Osa 6 Järjestelmät

Ohjeessa käsitellään Infra 2015 *Rakennusosa- ja hankenimikkeistön* pääryhmään *3000 Järjestelmät* kuuluvia rakennusosia, joita ovat vesihuoltoon, turvallisuuteen, opastukseen, sähkö-, tele- ja konetekniikkaan sekä lämmön- ja kaasunsiirtoon liittyvät järjestelmät (buildingSMART Finland 2017e, 4).

Rakennusosat kuvataan samalla tavalla kuin maarakenteet YIV-ohjeessa 5.1. Geometria-tiedolla määritetään, miten rakennusosan sijainti on esitettävä ja ominaisuus-tiedolla voidaan kuvata esimerkiksi rakennusosan kokoa ja materiaalia. Maatöiden osalta kaivannot ja täytöt mallinnetaan YIV-ohjeen 5.1 mukaisesti. (buildingSMART Finland 2017e, 5.)

Geometrisia sijaintimäärittelyitä ovat xyz-taiteviiva, xyz-piste ja xyz-alue-tieto. Esimerkiksi vesihuoltoverkoston putkien määrittely on seuraava (buildingSMART Finland 2017e, 5):

- *Geometria*: Putken sijainti mallinnetaan xyz-taiteviivana. Korkeustieto (Z) annetaan viettoviemäreille vesijuoksusta ja paineputkille putken yläpinnasta.
- *Ominaisuudet*: Putkikoodi, korkeustiedon tarkennus (vesijuoksu vai putken laki), alku- ja loppukoordinaatit, liitostyyppi, lujuusluokka ja paineluokka.

Ominaisuustiedon hyödyntäminen eri hankevaiheissa on vasta alussa. Erityisesti kunnossapidon näkökulmasta ominaisuustiedoilla on merkitystä. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi rakennus- ja kunnostuspäivä sekä erilaiset kunnossapitoon liittyvät kommentit (buildingSMART Finland 2017e, 6).

2.3.5 Osa 8 Inframallin laadunvarmistus

YIV-ohjesarjan osassa 8 kuvataan laadunvarmistustoimenpiteitä, joilla voidaan tarkastella inframallien teknistä sisältöä suunnittelu- ja toteutusmallivaiheessa (buildingSMART Finland 2017f, 4). Ohje sisältää vaatimuksia sekä ohjeita, joilla selkeytetään ja havainnollistetaan vaatimuslausekkeita.

Laadunvarmistuksen tavoitteena on varmistaa, että luovutettava aineisto on tuotettu ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti (buildingSMART Finland 2017f, 4). Tavoitteena on myös optimoida hankkeen aikana kerätyn tiedon siirtyminen ja käytettävyys seuraavaan hankevaiheeseen. Laadunvarmistuksen hyötyjä ovat suunnitelmien laadun parantuminen ja hankkeen läpimenoajan lyhentyminen, joka tuo kustannussäästöjä (buildingSMART Finland 2017f, 4).

Ohjeessa käsitellään suunnitteluhankkeeseen osallistuvien roolit ja vastuut. Suunnittelijan vastuulla on laatia ohjeistuksiin ja vaatimuksiin perustuva inframalli suunnittelusovelluksella, joka tukee vaadittuja normeja. Suunnittelijan vastuulla on myös tuottaa asiaan kuuluvat dokumentit, joita ovat inframallisuunnitelma, -selostus ja -luettelo sekä tarvittavat sisäisestä laadunvarmistuksesta tuotetut dokumentit. Ohjeessa on myös kuvattu suunnitteluorganisaatiossa toimivan

tietomallikoordinaattorin tehtäviä, joita ovat erityisesti yhdistelmämallin tuottaminen eri tekniikkalajien suunnitelmista, sekä mallien oikeellisuuden varmistaminen koordinaatiston, mittayksiköiden ja tiedonsiirtoformaattien suhteen. (buildingSMART Finland 2017f, 6–11.)

Tilaajan vastuulla on tarkastaa luovutettu aineisto tai tarkastuttaa se kolmannella osapuolella. Tarkastuksesta laaditaan raportti, jonka pohjalta suunnittelija korjaa havaitut puutteet ja virheet. Edellä mainitut vastuut kirjataan hankkeen alussa laadittavaan inframallisuunnitelmaan. (buildingSMART Finland 2017f, 6, 10–11.)

Ohjeessa käsitellään myös mallien tarkastamista. Aihetta tarkastellaan tarkemmin tämän opinnäytetyön kappaleessa 3.

2.3.6 Osa 12.1 Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä

Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset osassa 1 Väylät ja alueet (InfraRYL) on määritelty maarakenteiden kelpoisuusvaatimukset. Kelpoisuus on osoitettava mittauksin vähintään 20 metrin välein (Rakennustietosäätiö 2010, 300).

YIV-ohjeessa 12.1 kuvataan vaihtoehtoinen laadunvarmistusmenettely edellä esitetyle perinteiselle tavalle. Mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmän käyttöönotolle on kuitenkin asetettu vaatimuksia; Työmaalla työkoneautomaation tuesta vastaavalla henkilöllä on oltava vähintään maanmittausalan ammatillinen koulutus sekä kahden vuoden työkokemus toteutusmallien tarkastamisesta ja mallintamisesta, 3D-työkoneohjausjärjestelmistä sekä GNSS-vastaanottimen ja takymetrin käytöstä. Työkoneautomaatiossa ja mittauksissa käytettyjen toteutusmallien täytyy olla YIV-ohjeen 5.2 *Maarakennustöiden toteutusmallin laadinta-ohje* mukaisesti tuotettu. Lisäksi rakenneosien on täytettävä InfraRYL-julkaisussa esitetyt kelpoisuusvaatimukset, jotka on esitetty kuviossa 12.

Kuviossa 12. on esitetty myös paikannustarkkuusvaatimukset rakenneosittain työkoneille, jotka on varusteltu koneohjausjärjestelmillä.

Mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmän päävaiheita ovat toteutusmallien tarkastaminen, työkoneiden paikannustarkkuuden seuranta, paikallisten tukiasemien sijainnin seuranta sekä toteuma- ja tarkemittausten järjestelmällinen

taltiointi. Ohjeessa on esitetty edellä mainituille päävaiheille vaatimukset, joita on täsmennetty ja havainnollistettu ohjein.

Rakenneosa	Suurin sallittu yksittäinen tasosijainnin poikkeama [mm] (InfraRYL)	Suurin sallittu yksittäinen korkeuden poikkeama [mm] (InfraRYL)	Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava mittaustarkkuus toteumamittauksia varten [mm] Taso XY ; korkeus Z
•Maaleikkaus (201100), maa- tai louhepengeri (181110, 181120), tie/rata	-0 / +200	+0 / -100	+ - 100 ; + - 30
•Suodatinkerrokset (211100), tie/rata	-0 / +150	+ - 40	+ - 100 ; + - 30
•Jakavat kerrokset (212100), tie	-0 / +150	+ - 30	+ - 100 ; + - 30
•Kantavat kerrokset (213100), tie	-0 / +150	+ - 20	+ - 50 ; + - 20
•Eristyskerrokset (212200), rata	-0 / +100	+0 / -50	+ - 50 ; + - 20
•Välikerrokset (212300), rata	-0 / +50	+0 / -20	+ - 50 ; + - 20

Kuvio 12. Maarakenteiden sallitut poikkeamat sekä työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava tarkkuus (buildingSMART Finland 2017g, 4)

2.4 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet

Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 1 julkaistiin ensimmäistä kertaa vuonna 2006. Silloisessa kirjajulkaisussa oli mukana sekä toimivuusvaatimukset että tekniset vaatimukset. Viimeisin kirjana julkaistu versio osasta 1 on 2010, jossa on käsitelty teknisiä vaatimuksia. Toimivuusvaatimukset ovat saatavilla vain sähköisessä julkaisussa *InfraRYL 2010 Net.* (Rakennustietosäätiö 2010, 2–3.)

Teknisissä vaatimuksissa käsitellään maa-, pohja-, ja kalliorakenteisiin sekä päällyys- ja pintarakenteisiin liittyviä vaatimuksia rakennustarvikkeille ja työn toteutukselle. Toimivuusvaatimus-osiossa kuvataan rakenneosien käytön aikaisia vaatimuksia, joilla ohjataan lähinnä suunnittelua. (Rakennustietosäätiö 2010, 2.)

Infra-alalla on tapahtunut voimakasta kehitystä viime vuosina niin suunnittelussa kuin rakentamisessakin. Tietomallipohjainen suunnittelu ja rakentaminen ovat aiheuttaneet tilanteen, jossa alan ohjeistustyö on jatkuvassa päivitystilassa. InfraRYL-vaatimusten ajan tasalla pitäminen ei onnistu enää kirjajulkaisujen muodossa, vaan rinnalle on otettu käyttöön helpommin päivitettävät verkko-

julkaisut. Toki kirjajulkaisujakin pyritään pitämään ajantasaisina. Tästä hyvänä esimerkkinä on vuonna 2017 julkaistu Päälyys- ja pintarakenteet, joka korvaa Osan 1 näiltä osin. Uudessa päivityksessä on huomioitu työkoneautomaatio ja YIV-ohjeet osana rakentamisen laadunvarmistusta.

Infrarakennustyömailla toimivan maanmittarin on perehdyttävä *Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset*- julkaisuun ja erityisesti valmiiden rakenneosien vaatimuksiin sekä kelpoisuutta osoittaviin vaatimuksiin. Valmiiden rakenteiden vaatimuksien numerointi on *.4 ja kelpoisuutta osoittavien vaatimuksien *.5, jossa * on *Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö*- julkaisuun perustuva rakenneosan nimikenumerosarja. Esimerkiksi sitomattoman kantavan kerroksen sallitut poikkeamat on esitetty kohdassa 21310.4 ja laatumittausten mittaustiheys kohdassa 21310.5.

2.5 Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittaushje

Julkaisu sisältää sekä nimikkeistön että määrämittaushjeen. Ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2006, jonka jälkeen aineistoa on päivitetty vuonna 2009. Viimeisin versio julkaistiin vuoden 2014 lopulla. (Rakennustietosäätiö 2014, 3.)

Hankenimikkeistössä kuvataan rakennushankkeeseen osallistuvien osapuolten tehtäviä ja vastuita (Rakennustietosäätiö 2014, 12). Rakennusosanimikkeistössä kaikki infrarakentamiseen liittyvät rakenteet on paloitetu mitattavissa oleviin osiin, joka helpottaa hankkeen kustannusten ja määrien hallintaa. Nimikkeistöä käytetäänkin urakoissa kaupallisena asiakirjana tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan välisissä sopimuksissa (Rakennustietosäätiö 2014, 9).

Ohje muodostaa *Infrarakentamisen yleisten laatuvaatimusten* ja alan uusimpien ohjeistuksien kuten *Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen*, *YIV-ohjesarjan* ja *InfraBIM-nimikkeistön* kanssa kokonaisuuden, jolla tieto hallitaan jokaisessa hankkeessa rakennussuunnittelusta työn toteutukseen ja ylläpitovaiheeseen asti.

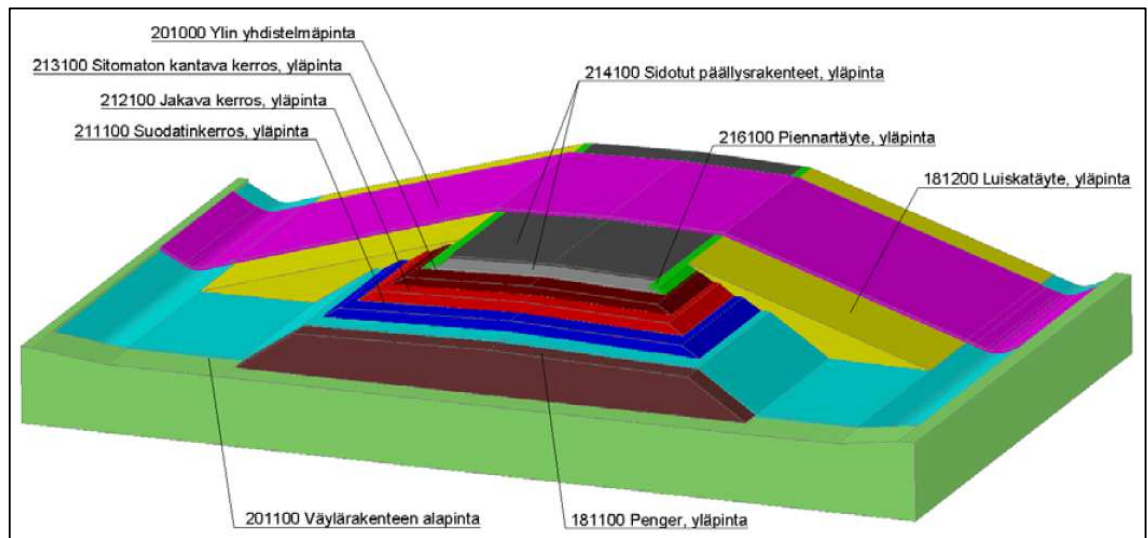
Yleensä rakentamisen mittauksista vastaavalle maanmittarille kuuluu myös hankkeen toteutuneiden määrien laskentavastuu. Määrälaskentavastaavan on perehdyttävä tässä ohjeessa kuvattuihin Määrälaskentaohje-osion laskentaperusteisiin ja erityisesti Yleisen osan määritelmiin ja määräyksiin.

2.6 InfraBIM-nimikkeistö

InfraBIM-nimikkeistön ylläpidosta vastaa YIV-ohjesarjan tavoin buildingSMART Finland (bSF). Kun suunnittelun lähtötiedon hankintaan liittyvien mittauksen pinta- ja lajikoodeina käytetään *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeen* mukaisia koodeja, niin rakennussuunnitelmasta tuotettava mittausaineisto on tuotettava *InfraBIM-nimikkeistö* -ohjeen mukaisesti. Vuonna 2017 on käytössä ohjeen versio 1.6. (buildingSMART Finland 2017h, 4.)

Ohjeessa käsitellään nimeämiskäytännöt erilaisille väylätyypeille. Taiteviivojen osalta lajikoodit pohjautuvat vielä *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeeseen* (buildingSMART Finland 2017h, 5). Taiteviivoihin liittyviä nimeämiskäytäntöjä kehitetään kuitenkin bSF:n toimesta parhaillaan.

InfraBIM-nimikkeistössä on esitetty käytettävät pinta- ja taiteviivanumeroinnit havainnollisin kuvin. Nimikkeistö nivoutuu pintanumeroinnin osalta yhteen *Infra 2015 Rakennusosanimikkeistön* ja *Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa1* -julkaisun kanssa. Esimerkiksi kuviossa 13. näkyvään rakennepintaan ”212100 Jakava kerros, yläpinta” liittyvää tietoa voi hakea *Infra 2015 Rakennusosanimikkeistöstä* numerotunnuksen 2121 kohdalta ja *InfraRYL Osa1* -julkaisusta numerotunnuksen 21210 kohdalta.



Kuvio 13. Yksiajorataisen tien rakennepinnat (buildingSMART Finland 2017h, 9)

2.7 Julkisen hallinnon suositukset (JHS)

Julkisen hallinnon suositukset liittyvät rakentamiseen vain mittausperustan tuottamiseen liittyvien ohjeistusten osalta. Suositukset ovat ladattavissa osoitteesta <http://www.jhs-suositukset.fi/web/guest/jhs/recommendations>.

Maanmittarille tärkeitä julkaisuja ovat muun muassa;

- JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000
- JHS 184 Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä
- JHS 185 Asemakaavan pohjakartan laatiminen
- JHS 196 EUREF-FIN-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa
- JHS 197 EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmät, niihin liittyvät muunnokset ja karttalehtijako.

Liikenneviraston julkaisussa *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje (18/2017)* viitataan myös edellä mainittuihin suosituksiin, joita väylähankkeen maastotietojen tuottamisessa on noudatettava (Liikennevirasto 2017b, 9). Mittausohjeen mittausperustaa käsittelevässä kappaleessa mainitaan, että mittausperusta on tuotettava JHS 184:n mukaisesti (Liikennevirasto 2017b, 11).

3 MITTAUSAINEISTOJEN LAADUNVARMISTUS

3.1 Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisohje 2008

Ohjeessa käsitellään mittausaineiston tarkkuusvaatimuksia ja laadun toteamista. Tarkastelu perustuu tien poikkileikkauksen suuntaisiin tarkastuspistelinjoihin, joiden sijainnit valitaan satunnaisesti. Rakennepinnasta tuotettua tien suuntaista taiteviiva-aineistoa verrataan näihin yksittäisiin poikkileikkaustaiteviivoihin. Tarkkuusvaatimus on 1/10 (10 %) valmiin rakennusosan tarkkuusvaatimuksesta. Esimerkiksi kantavan kerroksen osalta valmiin tuotteen sallittu korkeustason poikkeama on ± 20 mm, jolloin mittausaineisto saisi poiketa suunnitellusta pinnasta 2 mm. (Tiehallinto 2008a, 24.)

Ohjeessa ei oteta kantaa, kuka laatii kyseiset poikkileikkauksen suuntaiset tarkastuspistelinjat. Sen sijaan tarkastuspistelinjat pitäisi tuottaa eri menetelmällä kuin varsinainen mittausaineisto. Pitäisikö tarkastelu suorittaa suunnittelijan itselle luovutusvaiheessa, tilaajan toimesta vai urakoitsijan toimesta, siihen ohjeessa ei oteta kantaa. Tämän laadunvarmistusmenettelyn tarkoituksena on todennäköisesti varmistaa, että tien suuntaisten taiteviivojen pistetiheydet ovat riittävät ja että taiteviivat mukailevat riittävän tarkasti tien vaaka- ja pystygeometriaa.

Laitteiden ja varusteiden osalta todetaan, että niiden sijaintitietoa verrataan tierakenteisiin ja muihin laitteisiin ja varusteisiin (Tiehallinto 2008a, 25).

Edellä kuvattua mittausaineistojen laadunvarmistuskäytäntöä ei ole otettu käyttöön. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa mittausaineiston tarkkuusvaatimuksia käsitellään Yleisten inframalliohjeiden osassa 5.2.

3.2 YIV-ohjeet

YIV-ohjesarjalla ohjataan tietomallipohjaista suunnittelua. Mittausaineistojen laadunvarmistuksessa ja sisällön tarkastelussa käytetään ohjeita 5.1, 5.2, 6, 8 ja 12.1.

Rakentamista varten toimitettavan mittaus- tai toteutusmalliaineiston laatuvaatimuksia käsitellään erityisesti osassa 5.2 *Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laatimisoheje*.

Taiteviivoille ja rakennepinnoille on asetettu vaatimuksia jatkuvuudelle ja geometriselle tarkkuudelle. On huomioitava, että varsinaisen rakentamisen tarkkuus- ja laatuvaatimukset esitetään Rakennustietosäätiön julkaisussa *InfraRYL–Infrarakentamisen Yleiset laatuvaatimukset Osa1*. Tässä ohjeessa 5.2 annetut vaatimukset koskevat rakentamista varten tuotettuja toteutusmalleja, jotka on tuotettu suunnitelmamallista. Toteutusmallin taiteviivat eivät saa poiketa suunnitelmamallin geometrialinjoista 3 mm enempää. Tämä 3 mm:n ”oikaisutoleranssi” voidaan huomioida suunnittelusovelluksissa niin, että toteutusmallien taiteviivojen pisteväliä tihennetään tarvittaessa kaariosuuksilla, jolloin taiteviivan enimmäispoikkeama suhteessa suunnitelmamallissa esitettyyn geometrialinjaan ei ylitä 3 mm:ä. Käytännössä tätä tarkkuusvaatimuksen toteutumista voi tarkastella kuviossa 14. esitettyjen taulukoiden 3.1 ja 3.2 avulla, joissa on esitetty eri kaarre- ja pyöristyssäteille ja siirtymäkaaren arvoille sopivat taiteviivojen enimmäispistevälit. (buildingSMART Finland 2017c, 10–17.)

Kaarresäde R / Pyöristyssäde S	Taiteviivan enimmäispi- tuus (m)	Klotoidin para- metri A (m)	Taiteviivan enimmäispi- tuus (m)
1–39	R / 40 (0,5 m minimi)	40–79	1 m
40–149	1 m	80–499	2 m
150–999	2 m	500–999	5 m
1000–3999	5 m	1000–	10 m
4000–	10 m		

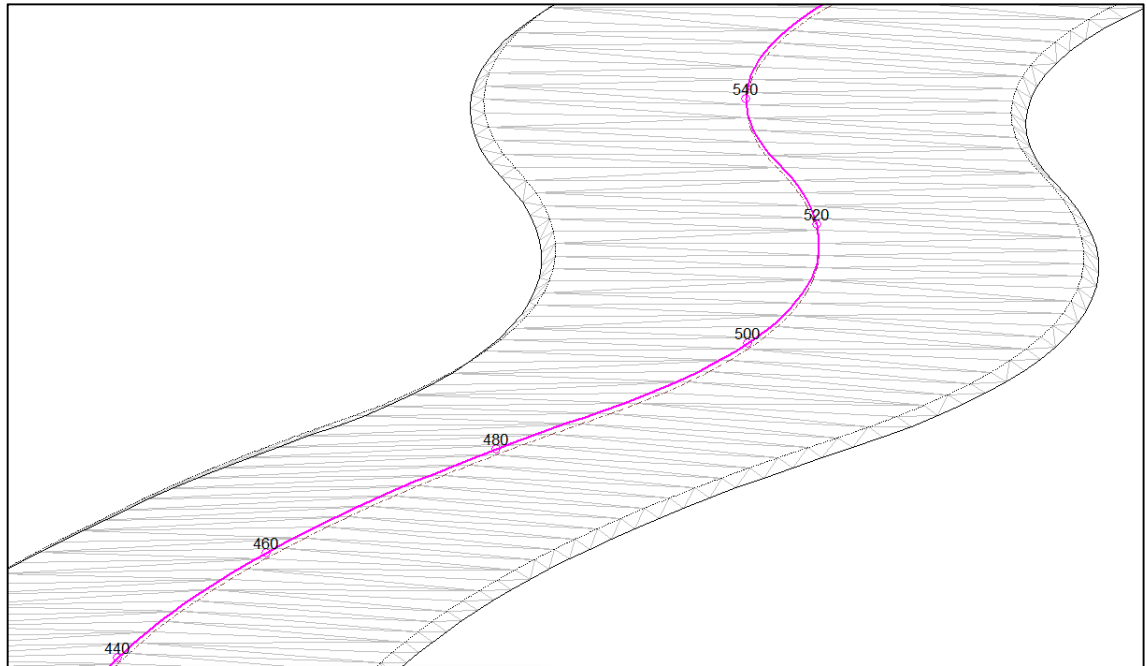
Taulukko 3.1

Taulukko 3.2

Kuvio 14. Taiteviivojen enimmäispistevälit (buildingSMART Finland 2017c, 15)

Jatkuvuusvaatimuksissa mainitaan, että kahden erillisen väylän liittymiskohtaan taiteviivoihin saa jäädä korkeintaan 1 m:n aukko. Kun näistä liittyvistä väylistä tuotetaan yhtenäinen kolmioverkkomalli, on mallien yhdistyttävä toisiinsa aukon kohdalta saumattomasti (buildingSMART Finland 2017c, 10).

Ohjeessa suositellaan, että rakennepinnan kolmioverkko olisi mahdollisimman säännönmukainen. Jos rakennepintaa kuvaavien taiteviivojen pistevälit ovat säännölliset ja pisteet ovat jokaisessa viivassa samalla paaluluvulla kuten kuviossa 15. on esitetty, on lopputuloksena säännöllinen kolmioverkkomalli. (buildingSMART Finland 2017c, 15.)



Kuvio 15. Esimerkki säännönmukaisesta kantavan kerroksen kolmioverkosta

Säännönmukaisen kolmioinnin avulla rakennepinta on helpommin hahmotettavissa (buildingSMART Finland 2017c, 15). Lisäksi sivukaltevuuden muutoskohdat ovat helpommin hallittavissa. Myös sisä- ja ulkoluiskissa esiintyvät kaltevuuspoikkeamat saadaan minimoitua.

Laadunvarmistusta käsittelevässä osassa 8 on liitteenä esimerkki suunnittelijan itselle luovutuksen tarkastusdokumentista, jossa inframallit ja taiteviivat on tarkastettu ohjeen 5.2 mukaisesti.

YIV-ohjeessa 12.1 on kuvattu mallipohjaisen rakentamisen laadunvarmistuksen toimintamalli. Käyttöönotto edellyttää toteutusmalleja, jotka on laadittu YIV-ohjeen 5.2 mukaisesti. Lisäksi projektilla on oltava maanmittausalan ammattilainen, jolla on kokemusta toteutusmallien tarkastamisesta, tarkastusten dokumentoinnista ja mallintamisesta (buildingSMART Finland 2017g, 4,5).

3.3 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje (2017)

Tässä Liikenneviraston uusimmassa tietomallipohjaista suunnittelua ohjaavassa julkaisussa on käsitelty laadunvarmistustoimenpiteitä, joita suunnittelija tekee suunnitelma-aineistolle suunnitteluvaiheessa ja ennen rakentamista. Ohjeessa viitataan myös YIV-ohjeeseen 8, jossa inframallien laadunvarmistus on kuvattu tarkemmin (Liikennevirasto 2017a, 37). Inframalliohjeessa on kuvattu myös rakentamisen aikainen työmaaorganisaation tekemä vastaanottotarkastus, johon kuuluu sekä sisällöllinen että laadullinen tarkastus (Liikennevirasto 2017a, 27).

Inframalliohjeen liitteessä 1 on kuvattu Inframallin tarkkuusvaatimuksia suunnitteluvaiheittain. Mallinnustarkkuus esitetään seuraavasti: ei mallinnetta, 2D-mallinnus, 3D-mallinnus, täydellinen mallinnus ja kuvaus rakenteesta.

Liitteessä 2 kuvataan lähtötietomallin luovutusaineisto ja liitteessä 3 eri suunnitelmavaiheiden mallien luovutusaineisto tiedonsiirtoformaateineen.

Liitteessä 4 on tilaajan tarkastuslista, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi suunnittelutoimeksiannon tehtävämäärittelyssä. Liitteessä 5 on esimerkki tietomalliselostuksesta.

3.4 Suunnittelijan tekemät tarkastukset (itselle luovutus)

Suunnittelijalle kuuluvat tarkastustoimenpiteet on kuvattu kattavasti *YIV-ohjeessa 8 Inframallin laadunvarmistus* ja *Tie- ja Ratahankkeiden Inframalliohjeessa*. Tässä opinnäytetyössä käsitellään erityisesti rakennussuunnitteluvaiheessa tuotettujen inframallien laadunvarmistusta.

Suunnitelman laadunvarmistuksessa tarkastellaan teknistä ja ympäristöllistä kelpoisuutta, ohjeiden mukaisuutta sekä rakenteiden mitoituksia. Inframallien tarkastus on osa suunnitelman laadunvarmistusprosessia. (Liikennevirasto 2017a, 36.)

Inframallien laatua voidaan tarkastella kuvion 16 mukaisesti neljästä eri näkökulmasta.



Kuvio 16. Inframallin laadunvarmistus (Liikennevirasto 2017a, 36–37)

Laatua ja eri tekniikkalajien tuottamien aineistojen yhteensopivuutta tarkastellaan muun muassa yhdistelmämallien avulla (Liikennevirasto 2017a, 36). Yhdistelmämallien laatimisesta vastaa pääsuunnittelija yhteistyössä hankkeelle nimetyn tietomallikoordinaattorin kanssa. Tietomallikoordinaattoriksi valitaan suunnittelija, joka on hankkeessa mukana.

Yhdistelmämallin avulla voidaan tarkastella myös eri väylämallien yhteensopivuutta. Tarkastelutyökaluna olevaan sovellukseen voidaan lukea esimerkiksi kaikki hankkeeseen kuuluvien väylien mallit ja tarkastella niiden yhteensopivuutta liitoskohdissa. Eri tekniikkalajien aineistoista tuotettua yhdistelmämallia voidaan hyödyntää törmäystarkasteluissa. Yhdistelmämallien tarkasteluun soveltuvia ohjelmistoja ovat muun muassa Trimble Connect ja Trimble Quadri.

Jokaisen tekniikkalajin suunnittelija suorittaa omalle aineistolleen sisäisen tarkastuksen eli itselle luovutuksen. Tekniikkalajeja ovat muun muassa väylät, geotekniikka, johdot ja laitteet, vesien hallinta, valaistus, ympäristö, liikenteenohjaus, telematiikka ja sillat. Itselle luovutuksessa käytetään *Tie- ja ratahankkeiden*

Inframalliohjeen tarkastuslistaa, joka on esitetty kuviossa 17. Suunnittelija varmistaa, että lopputuote sisältää kaiken mitä toimeksiannossa ja inframallisuunnitelmassa on määritelty.

Kohta	Tarkistettava asia	Kyllä	Ei	Huomiot
1	Kaikki toimintaohjeen tehtävän määrittelyn mukaiset tehtävät on suoritettu.			
2	Tuotettu aineisto on toimintaohjeen vaatimusten mukainen. <ul style="list-style-type: none"> • Formaattit • CAD-tasot 			
3	Aineiston sisällöstä on poistettu kaikki ylimääräinen (xrefit, muut objektit).			
4	Aineisto on hankkeen koordinaatistossa.			
5	Tiedostot on nimetty ohjeen mukaisesti.			
6	Luovutettava malliaineisto on tarkistettu esim. toisella ohjelmalla.			
7	Aineistosta on laadittu merkintä tietomallilokiin.			
8	On tarkistettu, että mallit (2D/3D) vastaavat piirustuksissa esitettyä tietoa. <ul style="list-style-type: none"> • Aineiston ajantasaisuus • Puutteita ei ole / puutteet on selostettu tietomalliselostuksessa 			
9	Yhdistelmämalli ja esittelymalli sisältävät vastaavan osamallin (jos vaadittu).			
10	Tietomalliselostus on ko. tehtävän osalta valmis.			
11	Yhteensovitus tehty muiden tekniikkalajien kanssa.			

Kuvio 17. Tarkastuslista (Liikennevirasto 2017a, 39)

Inframallin laadunvarmistukseen kuuluu myös tarkastaa, että tuotettu aineisto on vaaditun standardin, yleisten ohjeiden ja nimikkeistön mukaista. Lopuksi tarkastetaan, että tietomalleihin liittyvät dokumentit ovat kunnossa. Tällaisia dokumentteja ovat tietomalliselostus, tietomallilokit ja jokaisen tekniikkalajin tuottamat itselle luovutuksen dokumentit. (Liikennevirasto 2017a, 37.)

Edellä kuvattuun suunnittelijan laadunvarmistusprosessiin pitäisi kuulua suunnitelmamallien uloskirjoitus natiiviformaatista eli suunnittelusovelluksen käyttämästä formaatista avoimiin tiedonsiirtoformaatteihin ja tarkastella tämän

jälkeen aineiston sisältöä toisessa sovelluksessa. Kun suunnitelma on suunnittelijan käyttämässä sovelluksessa ja tietokannassa, niin siitä käytetään termiä rakennussuunnitelmamalli. Kun suunnitelma kirjoitetaan natiiviformaatista avoimeen tiedonsiirtoformaattiin, niin pitäisikö silloin aineistosta käyttää termiä toteutusmalli vai onko kyseessä edelleen rakennussuunnitelmamalli? Termillä on merkitystä, koska jos kyseessä olisi toteutusmalli, niin silloin aineiston sisältöä voitaisiin verrata YIV-ohjeen 5.2 vaatimuksiin.

Huomioitavaa on, että Inframalliohjeen mukaan tilaajalle luovutettavissa eri tekniikkalajien itselle luovutuksen tarkastuslistoissa kaikkien rastien pitäisi olla kohdassa ”Kyllä” (Liikennevirasto 2017a, 38).

Suunnittelijan laadunvarmistustoimenpiteet kohdistuvat siis rakennussuunnitelmamalliin ja tarkastus suoritetaan suunnittelusovelluksessa olevilla työkaluilla. Edellä mainitussa tarkastuslistassa ja ohjeissa ei suoranaisesti velvoiteta suorittamaan tarkastusta toisella ohjelmalla ja avoimeen tiedonsiirtoformaattiin muutetulle aineistolle. Tämä avoimessa tiedonsiirtoformaatissa oleva aineisto on kuitenkin se aineisto, joka luovutetaan tilaajalle ja myöhemmin hankkeen toteuttajaksi valitulle urakoitsijalle. Olisiko tarkastusprosessissa ja siihen liittyvissä ohjeistuksissa siis parantamisen varaa?

3.5 Tilaajan laadunvarmistus

Tilaajan laadunvarmistustoimenpiteet alkavat tarjouspyyntöasiakirjojen sisällön määrittelystä. *Tie- ja Ratahankkeiden Inframalliohjeen* liitteessä 4 on esitetty tilaajan tarkastuslista, johon on koottu tärkeimmät suunnittelun hankintaan liittyvät seikat.

Tarjouspyyntöasiakirjojen lisäksi suunnittelun lopputuotteen sisältöön vaikuttaa oleellisesti hankkeen alkaessa laadittava inframallisuunnitelma, jonka sisällöstä vastaavat tilaaja ja suunnittelutoimeksiannon saanut suunnittelukonsultti. Inframallisuunnitelmaan kirjataan muun muassa kaikki hankekohtaiset poikkeukset ja tarkennukset verrattuna alan ohjeistuksiin. (buildingSMART Finland 2017f, 7.)

Rakennusvaiheen toteutusta varten laadittavien toteutusmallien sisältövaatimuksia on kuvattu YIV-ohjeessa *5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje*. Tilaajan pitäisi sisällyttää tarjouspyyntöasiakirjoihin ehto, jonka mukaan suunnittelusta rakentamiseen luovutettavan aineiston on täytettävä tämän ohjeen vaatimukset. Tämä ehto pitäisi sisällyttää myös inframallisuunnitelmaan. Näin toimimalla varmistettaisiin myös se, että riippumatta kilpailun voittaneesta suunnittelukonsultista rakennusurakan toteutusvaiheeseen saataisiin 5.2-ohjeen mukaista aineistoa.

Voiko rakennusvaiheeseen päätyä puutteellista aineistoa verrattuna 5.2-ohjeeseen, jonka vaatimuksen mukaan kaikki työkoneautomaatiolla toteutettavissa olevat rakennusosat on mallinnettava (buildingSMART Finland 2017c, 4)? Kyllä voi, jos inframallisuunnitelmaan on kirjattu esimerkiksi, että kohteesta mallinnetaan vain alin ja ylin yhdistelmäpinta. Tällöin suunnittelija voi jättää rakennekerrokset mallintamatta, suorittaa itselle luovutuksen vertaamalla suunnitelmaa inframallisuunnitelmassa määriteltyyn sisältöön ja todeta, että suunnittelu on toteutettu määrittelyn mukaisesti.

Tilaajan velvollisuus on tarkastaa, että suunnittelun laadunvarmistus on tehty (buildingSMART Finland 2017f, 10). Tilaaja voi tarkastaa suunnitelma-aineiston itse, tai tarkastuttaa sen kolmannella osapuolella. Tarjouspyyntöasiakirjoissa ja tehtävänmäärittelyssä pitäisi olla kuitenkin maininta ulkopuolisista tarkastuksista (Liikennevirasto 2017a, liite4).

Tilaaja voi hyödyntää tarkastuksissaan myös automaatioon perustuvia palveluita, joilla tarkastetaan aineistojen kelpoisuus sisällön ja tiedonsiirtoformaattien osalta (Liikennevirasto 2017a, 39). Tällainen palvelu on esimerkiksi suomalainen pilvipalvelusovellus BimOne Checker. Palvelun käyttö onkin suositeltavaa, koska näin suunnittelukonsultin laadunvarmistukseen saadaan sisällytettyä myös avoimessa tiedonsiirtoformaattissa olevan aineisto, jolla hanke myöhemmin toteutetaan.

Automaattinen tarkastusohjelmisto ei kuitenkaan tarkasta suunnitelmaratkaisujen oikeellisuutta ja toteutuskelpoisuutta. Tarkastus ei myöskään paljasta mahdollisia ongelmia taiteviivojen koodauksessa. Jos esimerkiksi rakennepinnan

kaikille taiteviivoille on annettu sama koodi, joka on InfraBIM-nimikkeistön mukainen, antaa automaattinen tarkastussovellus koodien suhteen täydet pisteet. (Suntio 2017.)

Ulkopuolisen asiantuntijan suorittamat tarkastukset täydentävät edellä mainittuja automaattisia tarkastuksia. Tilaaja käyttää ulkopuolisena tarkastajana yleensä toista suunnittelukonsulttia. Laadukkaan tarkastuksen toteutuksen lähtökohta on se, että suunnittelija toimittaa tarkastukseen samanaikaisesti sekä dokumenttipohjaiset suunnitelmat että tietomallipohjaiset suunnitelmat. Tällä hetkellä suurin ongelma onkin se, että suunnittelijat toimittavat tarkastukseen aineistoa vähitellen ja ikään kuin tunnustellen, kuinka tarkasta tarkastuksesta on kyse. Toisena ongelmana on tarkastustyökalujen puute. Niin suunnittelijat kuin suunnitelmien tarkastajatkin ovat ottaneet enenevässä määrin työkalukseen maanmittareille tuttuja ohjelmistoja kuten 3D-Win. Kyseisestä ohjelmasta löytyvät työkalut tietomallien tarkastamiseen ja editointiin.

Tällä hetkellä laadukas tarkastustyö ilmenee tietomalliselostuksesta, johon on kirjattu aineiston puutteet ja huomiot verrattuna tietomallipohjaista suunnittelua ohjaaviin YIV-ohjeisiin. Pitkät puutelistat ovat osoituksena aineiston huolellisesta tarkastuksesta. Harmittavan usein suunnittelija on kirjannut syyksi, että käytetyllä suunnittelusovelluksella ei pystynyt tuottamaan parempaa aineistoa.

3.6 Urakoitsijan laadunvarmistus

Rakennusurakan sopimusasiakirjoissa myös urakoitsijaa veloitetaan tarkastamaan suunnitelma-aineisto. Koska tarkastamista ei ole ohjeistettu millään tavalla, on jokaiselle alalla toimivalle muotoutunut oma toimintamalli tarkastustyölle.

Työmaan mittauksista vastaavan on perehdyttävä niin dokumenttipohjaiseen kuin tietomallipohjaiseenkin suunnitelma-aineistoon ja tarkasteltava niiden yhteensopivuutta.

Mittausaineistojen sisältöä ja laatua voidaan verrata tämän opinnäytetyön luvuissa 3.1–3.3 mainittujen julkaisujen vaatimuksiin. Dokumenttipohjaiseen suunnitteluun perustuvissa hankkeissa mittausaineisto on pitänyt tuottaa

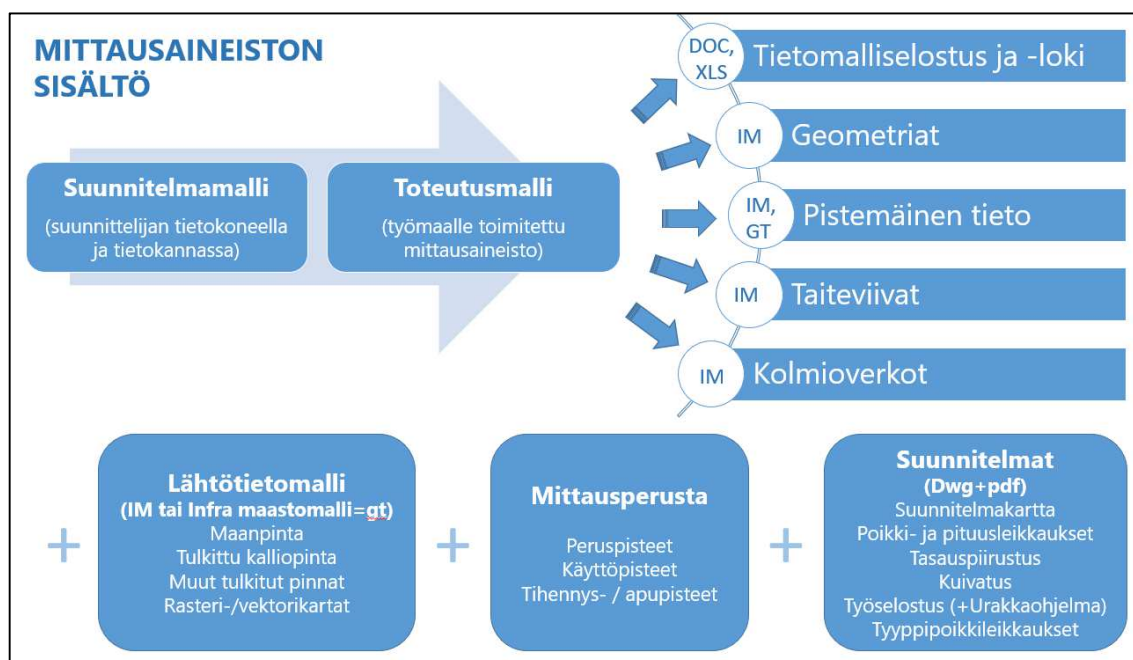
Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisohjeen 2008 mukaisesti. Tietomallipohjaisesti suunnitellussa hankkeessa mittausaineiston sisältöä verrataan edellä mainitun julkaisun lisäksi myös *YIV-ohjeiden ja Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen* vaatimuksiin.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa käytetään runsaasti eri hankevaiheisiin viitattavia termejä. Tässä opinnäytetyössä rakennussuunnitelmamalli-nimeä käytetään suunnittelijan tietokoneella ja tietokannassa olevasta suunnitelmasta, jota käsitellään suunnitteluovelluksen natiivissa eli alkuperäisessä tiedonsiirtoformaattissa. Toteutusmalli-nimeä taas käytetään suunnittelijan suunnitteluovelluksesta uloskirjoittamaa (export) aineistoa, joka on avoimessa tiedonsiirtoformaattissa.

Toteutusmalliaineiston lisäksi työn toteutusta varten luovutettavan mittausaineiston pitäisi sisältää myös dokumenttipohjaisen suunnitelma-aineiston omassa kansiossaan sekä lähtötietomallista tarvittavat tiedot, kuten mittausperustan ja maastomallin. Kuviossa 18. on esitetty tämän opinnäytetyön tekijän näkemys tietomallipohjaisen mittausaineiston sisällöstä.

Toteutusmalliaineiston sisältöön kuuluu kuvion 18. mukaisesti tietomalliselostus, geometriatietoa, pistemäistä tietoa, taiteviivoja sekä kolmioverkkopintoja. Ennen aineistojen tarkastamista on luettava tietomalliselostus, johon suunnittelija on kirjannut aineistossa havaitut puutteet ja huomiot verrattuna mallinnusohjeiden vaatimuksiin. Tietomalliloki on toteutusmallin eräänlainen almanakka, johon on kirjattu sisältö ja tehdyt toimenpiteet.

Väylärakennusurakan mittauksista vastaava henkilö suorittaa aineistolle sisällöllisen ja teknisen tarkastuksen. Sisällön tarkastuksessa varmistetaan, että kaikki tarvittava mittausaineisto ja dokumentit on toimitettu. (Liikennevirasto 2017a, 43.) Erityisen tärkeää on tutustua toimitettuun mittausperustadokumentointiin ja käynnistää toimenpiteet, jos hankkeen mittausperusta todetaan jollain tapaa puutteelliseksi.



Kuvio 18. Tietomallipohjaisen väylähankkeen mittausaineiston sisältö

Teknisessä tarkastuksessa mittauksista vastaavalla on oltava käytössään sovel-
lus, jolla voi käsitellä yleisimpiä tiedonsiirtoformaatteja, kuten esimerkiksi
LandXML ja sen suomalainen versio Inframodel, Gt (Geonic) -formaatti sekä
Dwg- ja Dxf -formaattit.

Kuvioon 19. on koottu edellä mainituista julkaisuista ja osittain myös kokemuspe-
räisesti asioita, joihin tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota. Taulukkoon kootut
kohdat toimivat muistilistana siitä, mitä aineistosta on tarkastettu.

Taulukkoon 1. kirjatulla kohdilla varmistetaan, että tiedostot on nimetty ymmär-
rettävällä tavalla, esimerkiksi YIV-ohjeen 5.2 mukaisesti ja että otsikkotiedot on
määritelty *Inframodel tiedonsiirron sovellusohjeen v1.2* mukaisesti (VTT 2010).

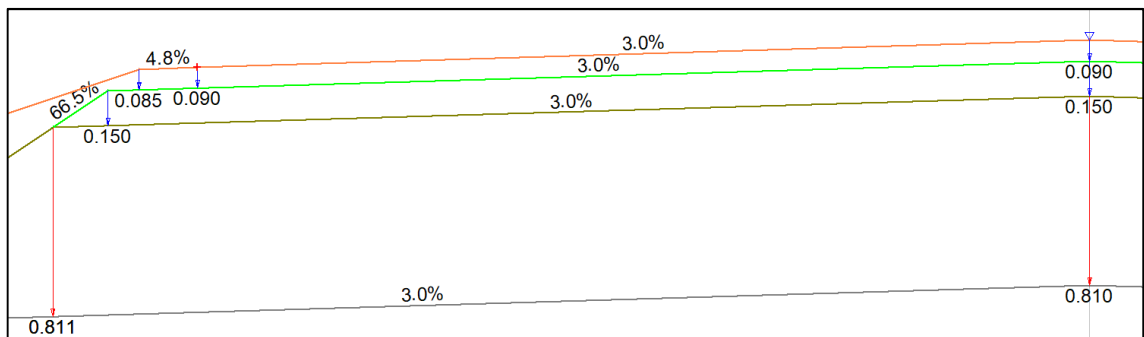
Rakennepintojen aineistot pitää toimittaa sekä taiteviivoina että kolmioverkkona
(Liikennevirasto 2017a, 41). Taulukoissa 2. ja 3. mainittujen asioiden tarkastami-
sella varmistetaan, että aineistot ovat käyttökelpoisia paikalleenmittausmallien ja
koneohjausmallien laadintaan. Työmaalla ei voida tyytyä pelkkiin kolmioverkkoma-
lleihiin, koska malleja ei voi riittävästi editoida. Tarvittaessa työmaalla editoi-
daan korjattavan kohdan taiteviivoja, suoritetaan kolmiointi ja kirjoitetaan kolmio-
verkkomalli tarvittavaan formaattiin.

Taulukko 1. Nimeäminen ja otsikkotiedot		Taulukko 3. Kolmioverkot		Taulukko 5. Yhteensopivuus	
Tunnus	Tarkastelun kohde	Tunnus	Tarkastelun kohde	Tunnus	Tarkastelun kohde
1.01.	<input type="checkbox"/> Tiedostojen nimeäminen	3.01.	<input type="checkbox"/> Pintakoodit	5.01.	<input type="checkbox"/> Väylien ja alueiden tasaus
1.02.	<input type="checkbox"/> Aikaleima	3.02.	<input type="checkbox"/> Reiät	5.02.	<input type="checkbox"/> Väylien liitokset (epäjatkavuudet)
1.03.	<input type="checkbox"/> Mittayksiköt	3.03.	<input type="checkbox"/> Nollakorkoiset pisteet	5.03.	<input type="checkbox"/> Kiilat rakenteiden muutoskohdissa
1.04.	<input type="checkbox"/> Koordinaattijärjestelmä	3.04.	<input type="checkbox"/> Pinnasta poikkeavat "piikit"	5.04.	<input type="checkbox"/> Rakennepaksuudet
1.05.	<input type="checkbox"/> EPSG-koodi	3.05.	<input type="checkbox"/> Poikkeavat kaltevuudet	5.05.	<input type="checkbox"/> Liittyminen nykyisiin rakenteisiin
1.06.	<input type="checkbox"/> Korkeusjärjestelmä	3.06.	<input type="checkbox"/> Taiteviivojen ja kolmioverkon yhteneväisyys	5.06.	<input type="checkbox"/> Eri väylien sivuojen yhteensopivuus
1.07.	<input type="checkbox"/> Suunnittelusovellus ja -versio	3.07.	<input type="checkbox"/>	5.07.	<input type="checkbox"/> Pistemäisen aineiston (3D) istuvuus muuhun aineistoon
1.08.	<input type="checkbox"/> Suunnittelijan yhteystiedot	3.08.	<input type="checkbox"/>	5.08.	<input type="checkbox"/>
Taulukko 2. Taiteviivat		3.09.	<input type="checkbox"/>	5.09.	<input type="checkbox"/>
2.01.	<input type="checkbox"/> Pintakoodit	3.10.	<input type="checkbox"/>	5.10.	<input type="checkbox"/>
2.02.	<input type="checkbox"/> Lajikoodit	Taulukko 4. Geometrialinjat ja muut linjat		Taulukko 6. Kuivatus ja vesihuolto	
2.03.	<input type="checkbox"/> Epäjatkavuudet	Tunnus	Tarkastelun kohde	Tunnus	Tarkastelun kohde
2.04.	<input type="checkbox"/> Leikkaavat viivat	4.01.	<input type="checkbox"/> Mittalinjan vaakageometria	6.01.	<input type="checkbox"/> Rummut
2.05.	<input type="checkbox"/> Päällekkäiset/edestakaiset viivat	4.02.	<input type="checkbox"/> Mittalinjan pystygeometria	6.02.	<input type="checkbox"/> Sivuojat
2.06.	<input type="checkbox"/> Viivojen yhdensuuntaisuus	4.03.	<input type="checkbox"/> Viivaketjut (IrregularLine)	6.03.	<input type="checkbox"/> Laskuojat
2.07.	<input type="checkbox"/> Liian pitkät pistevälit >10m	4.04.	<input type="checkbox"/> Reunakivilinjat	6.04.	<input type="checkbox"/> Salaojat
2.08.	<input type="checkbox"/> Liian lyhyet pistevälit <0,5m	4.05.	<input type="checkbox"/> Maaliviivalinjat	6.05.	<input type="checkbox"/> Sadevesikaivot
2.09.	<input type="checkbox"/> Turhia viivoja (ei kalt. muutosta)	4.06.	<input type="checkbox"/>	6.06.	<input type="checkbox"/> Sadevesiputket
2.10.	<input type="checkbox"/> Pintaan kuulumattomat viivat	4.07.	<input type="checkbox"/>	6.07.	<input type="checkbox"/> Jätevesikaivot
2.11.	<input type="checkbox"/> Kolmioituvuus	4.08.	<input type="checkbox"/>	6.08.	<input type="checkbox"/> Jätevesiputket
2.12.	<input type="checkbox"/> Taiteviivojen ja kolmioverkon yhteneväisyys	4.09.	<input type="checkbox"/>	6.09.	<input type="checkbox"/>
2.13.	<input type="checkbox"/> Nollakorot	4.10.	<input type="checkbox"/>	6.10.	<input type="checkbox"/>
2.14.	<input type="checkbox"/>	4.11.	<input type="checkbox"/>	6.11.	<input type="checkbox"/>

Kuvio 19. Toteutusmalliaineiston tarkastamisen muistilista

Taulukkoon 4. on listattu linjamaisessa muodossa toimitettava mittausaineisto. Teiden mittalinjojen osalta kannattaa tarkastaa vaaka- ja pystygeometrioiden matematiikka ja yhteensopivuus pituusleikkauksissa esitettyihin tietoihin. Reunakivilinjoista kannattaa tarkastaa, onko tiedoissa mukana myös korkeustieto.

Taulukkoon 5. kirjatulla asioilla varmistetaan väylämäisten aineistojen ja niiden rakennepintojen keskinäinen yhteensopivuus sekä yhteensopivuus olemassa oleviin rakenteisiin. Kuviossa 20. on esimerkki rakennekerroksien ja sivukaltevuuksien visuaalisesta tarkastelusta 3D-Win -sovelluksella.



Kuvio 20. Rakennekerrosten ja sivukaltevuuksien tarkastelu 3D-Win-sovelluksella

Kuivatuksesta ja vesihuollosta tarkastetaan, että virtaussuunnat ovat oikein ja että korkeustasot ovat oikein erityisesti liitoskohdissa vanhoihin rakenteisiin. Pääteiden rumpujen osalta on tarkastettava, onko rumpujen mittatietoon sisällytetty niin sanotut esikohotukset. Jos ei ole, niin varmistetaan esikohotuksen huomiointi projektin johdolta.

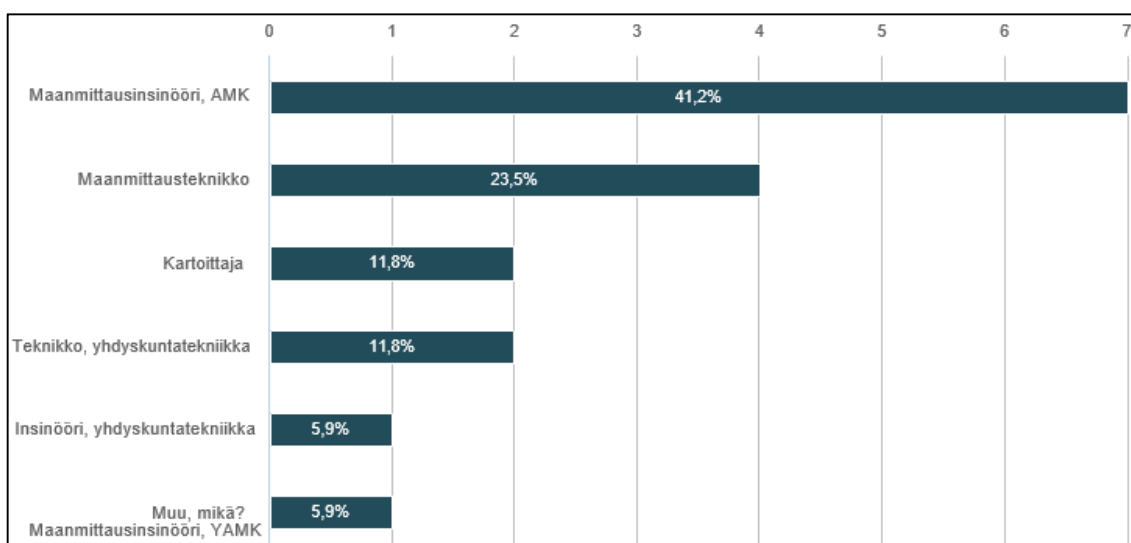
4 KYSELY MITTAUSAINEISTOJEN SISÄLLÖSTÄ JA LAADUSTA

4.1 Kyselyn taustaa

Kyselytutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millaiseksi maanmittausalan ammattilaiset kokevat infrarakennuskohteisiin laadittavien mittausaineistojen sisällön ja laadun. Kysely lähetettiin syyskuussa 2016 32 henkilölle, jotka valikoituivat tämän opinnäytetyön toimeksiantajan ja tekijän yhteistyöverkostosta. Henkilöiden työnantajat jakaantuivat seuraavasti:

- Urakoitsijat 12 henkilöä
- mittauskonsultit 12 henkilöä
- kaupunki/kunta 3 henkilöä
- rakennuttajakonsultit 1 henkilö
- koneohjausjärjestelmien toimittajat 4 henkilöä.

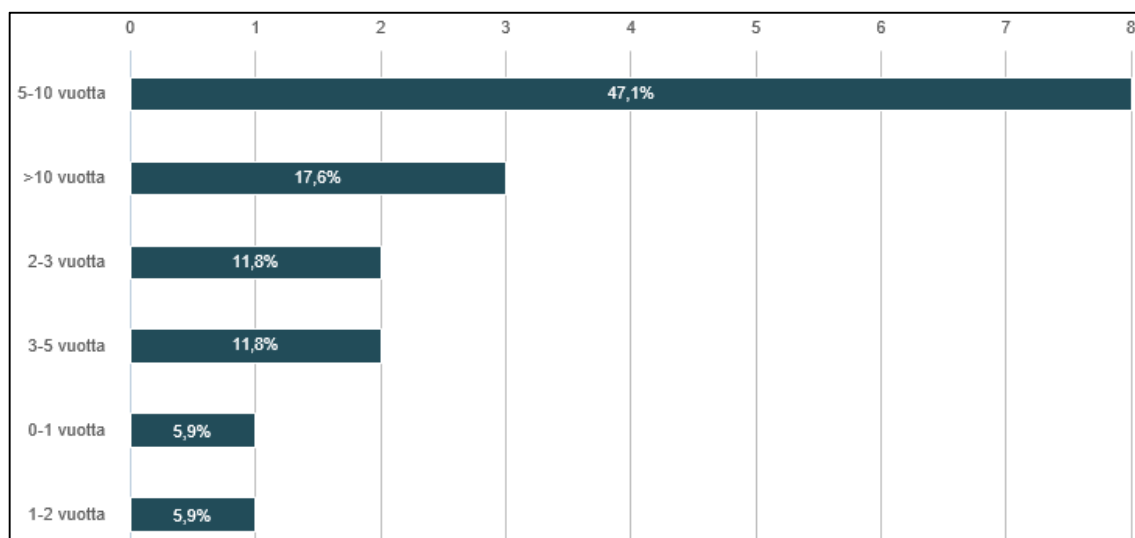
Vastausprosentti 53 (17 henkilöä) oli kohtuullinen. Vastaajien koulutustaustat on esitetty kuviossa 21. Kahdeksalla vastaajalla oli vähintään maanmittausinsinöörin AMK- tai YAMK-tutkinto, maanmittausteknikoita oli neljä, kartoittajia kaksi ja yhdyskuntatekniikan tekniikon tai insinöörin tutkinnon suorittaneita kolme vastaajaa.



Kuvio 21. Vastaajien koulutustaustat

Vastaajien kokemus infrarakentamisen mittauksista ja mittausaineistojen parissa työskentelystä on vahva. Kahdellatoista vastaajalla kokemusta on yli kymmenen vuotta, kolmella vastaajalla 5–10 vuotta ja kahdella vastaajalla 1–5 vuotta.

Kaikilla vastaajilla on kokemusta myös työkoneautomaatiosta. Kuvion 22. mukaisesti kahdeksalla vastaajalla kokemusta on kertynyt 5–10 vuotta ja kolmella vastaajalla jopa yli kymmenen vuotta.

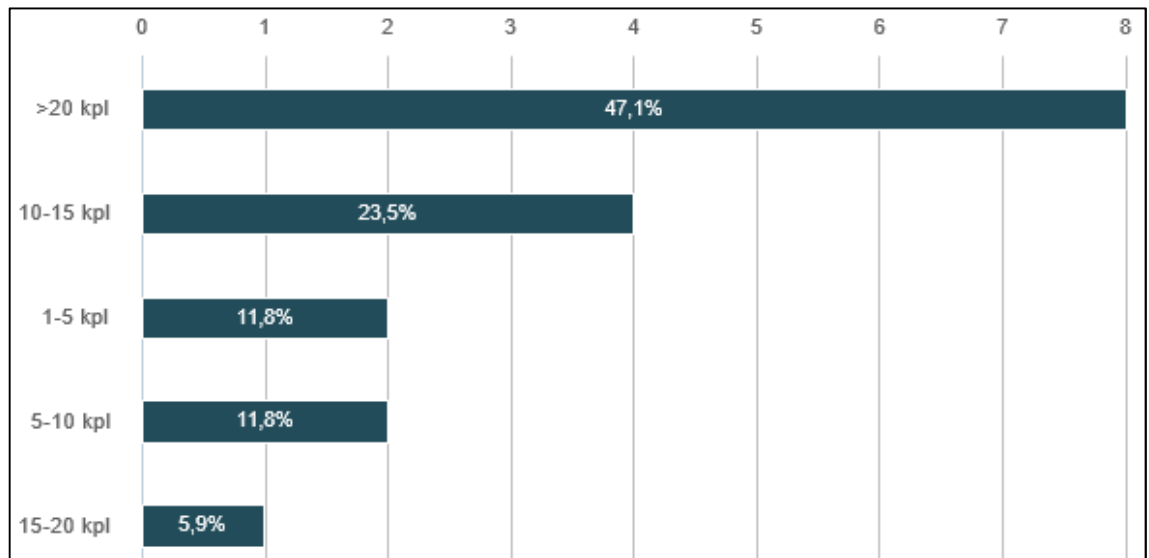


Kuvio 22. Vastaajien kokemusvuodet työkoneautomaation parissa

Koneohjausmallien laatimisestakin kaikilla vastaajilla on kokemusta. Kolmetoista vastaajaa on laatinut koneohjausmalleja vähintään kymmenelle projektille. Kuvion 23. perusteella voidaan todeta, että vastaajilla on kokemusta yli 200:sta työkoneautomaatiolla toteutetusta projektista.

4.2 Mittausaineiston sisältö

Vastaajia pyydettiin valitsemaan oma kohde, johon hän on laatinut mittaus- tai toteutusmalliaineistoa. Kahdeksan vastaajaa valitsi esimerkkikohteeseen projektin, jonka rakennuttajana oli kaupunki tai kunta. ELY-keskuksen tai Liikenneviraston rakennuttaman kohteen valitsi kuusi vastaajaa ja teollisuuden rakennuttamia kohteita oli kolme projektia. Esimerkkikohteista kahdeksan toteutettiin vuonna 2016, kuusi kohdetta vuonna 2015 ja kolme kohdetta vuonna 2014 tai sitä aiemmin.



Kuvio 23. Vastaajien projektien lukumäärä (joihin laatinut koneohjausmalleja)

4.2.1 Tiegeometria ja muut linjat

Esimerkkikohteissa tiegeometrian yleisin tiedonsiirtoformaatti oli Xroad-formaatti (10kpl). Toiseksi yleisin oli LandXML-formaatissa toimitettu tiegeometria (5kpl).

Myös reunakivilinjojen yleisin tiedonsiirtoformaatti oli Xroad (8kpl). Vain kolmessa esimerkkikohteessa reunakivilinjat oli toimitettu LandXML-formaatissa. Neljässä kohteessa reunakivitieta oli saatavissa cad-muotoisena (Dwg tai Dxf). Korkeus-tieto oli mukana vain puolessa esimerkkikohteista, joihin toimitettiin reunakivilin-jatietoa.

4.2.2 Taiteviivat

Maarakenteiden osalta yleisin tiedonsiirtoformaatti oli cad-formaatti (Dwg, Dxf tai Dgn), joita toimitettiin yhdeksään esimerkkikohteeseen. Kolmeen kohteeseen saatiin LandXML-formaatissa olleita taiteviivoja ja kahteen kohteeseen Gt-formaatissa olleita taiteviivoja. Muihin kohteisiin ei toimitettu taiteviivoja lainkaan.

Myös putkilinjojen kohdalla yleisin tiedonsiirtomuoto oli cad-formaatti, jota toimi-tettiin kymmenelle projektille. Kahteen kohteeseen saatiin LandXML-formaatissa ollutta aineistoa (PipeNetwork). Yksittäisiin kohteisiin saatiin Gt-, SBG Geo- ja Xcity-formaateissa olleita aineistoja.

4.2.3 Kolmioverkot

Kolmioverkkoja ei saatu 14 kohteeseen lainkaan. Yhteen kohteeseen toimitettiin Dxf-muodossa ollut aineisto ja kahteen kohteeseen LandXML-formaatissa ollut kolmioverkkoaineisto.

4.2.4 Pistemäiset kohteet

Pistemäisten kohteiden, joita ovat esimerkiksi valaisinpylväiden perustukset ja kaivot, mittaustietoa toimitettiin yleisimmin Gt-formaatissa ja cad-muodossa. Tietoa toimitettiin myös Excel- ja Pdf-dokumentteina. Kaivotieto välitetään projektille useimmiten Excel- tai Pdf-dokumentteina.

4.2.5 Suunnitelmakartat

Suunnitelmakartat toimitettiin sekä Pdf-muodossa että cad-formaatissa. Kolmesatoista esimerkkikohteessa cad-muotoiset suunnitelmakartat olivat oikeassa koordinaatistossa ja yksikkönä oli metrit. Kolmen vastaajan kohteessa yksikkönä oli millimetrit. Vain yhteen kohteeseen ei ollut saatavilla suunnitelmakarttaa cad-muodossa.

4.3 Mittausaineiston puutteet

Yleisimpänä puutteena vastaajat totesivat olleen Dwg-muotoisen suunnitelmakartan puuttumisen. Kaupunkien rakennuttamissa ja suunnitteluttamissa kohteissa tietomallipohjaista suunnittelua ei ole vielä otettu käyttöön. Näissä kohteissa mittauksista vastaavan täytyy hallita koneohjausmallien laadinnan perusteet, koska mallit tehdään työmaalla geometrialinjojen, Dwg-suunnitelmakartan ja pdf-muotoisten tyyppikuvien avulla. Muita mittausaineistosta puuttuneita aineistoja olivat muun muassa maastomalli, digitaalinen xyz-mittaustieto pistemäisistä kohteista kuten kaivoista ja valaisinpylvään perustuksista.

4.4 Mittausaineistossa havaitut ongelmat ja virheet

Linjamaisessa tiedossa yleisimmät virheet liittyivät tiegeometrian matematiikkaan tai siihen, ettei pystygeometriaa ollut määritetty koko vaakageometrian pituudelle. Yli puolet vastaajista totesi korkeustiedon puuttuneen reunakivilinjoista.

Taiteviiva-aineistossa yleisin puute oli epäjatkuvat ja päällekkäiset tai edestakaiset viivat. Puutteellisia pinta- tai lajikoodeja oli 11 kohteessa. Kolmioituvuutta haittaavia leikkaavia viivoja ja nollakorkoisia pisteitä oli 10 kohteessa.

Kolmioverkkoja toimitettiin vain 3 kohteeseen. Yleisimpänä ongelmana oli virheellinen pintakoodi ja poikkeavat kaltevuudet.

4.5 Yhteenveto

Kyselyn vastaukset vahvistivat opinnäytetyön laatijan näkemystä mittausaineistojen tämän hetkisestä sisällöstä ja laadusta. ELY-keskusten ja Liikenneviraston rakennuttamissa hankkeissa on käytössä tietomallipohjainen suunnittelu, kun taas kaupunkien hankkeissa on käytössä vielä dokumenttipohjainen suunnittelu. Kun kaupunkien rakennuttamissa hankkeissa ei ole käytössä mitään ohjeistusta rakentamiseen toimitettavan mittausaineiston sisällöstä, on mittauksien ja mallinnuksen lähtöaineisto monenkirjavaa. Toki poikkeuksiakin on: Mainittakoon erityisesti Oulun kaupunki, joka on edelläkävijä tietomallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen hyödyntämisessä.

Liikenneviraston ja ELY-keskusten hankkeissa käytetään uusia mallinnusohjeita. Näissä hankkeissa siirtyminen dokumenttipohjaisesta suunnittelusta tietomallipohjaiseen suunnitteluun ei onnistu ongelmitta. Rakentamisvaiheeseen tarvittavan mittausaineiston sisällön määrittelyyn tarvitaan tarkennuksia. Myös suunnittelusovelluksia kehitetään paremmin tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuviksi. Suunnittelijoilla ei ole toistaiseksi riittävästi työkaluja avoimessa tiedonsiirtoformaattissa olevan aineiston tarkastamiseen ja editointiin. Toivottavasti suunnittelusovellukset kehittyvät myös tällä saralla.

5 TIEDONSIIRTOFORMAATIT JA KOODIT

5.1 Yleistä

Tässä kappaleessa käsitellään infrarakentamisen mittausaineistoissa käytettäviä tiedonsiirtoformaatteja, joita maanmittarit edellä käsitellyn kyselytutkimuksen perusteella käsittelevät. Infrarakentamisessa on käytössä luvussa 2.6 esitelty Infra-BIM-nimikkeistö, jossa on määritelty infrarakenteiden ja -mallien nimeämiskäytännöt.

5.2 Tiedonsiirtoformaattit

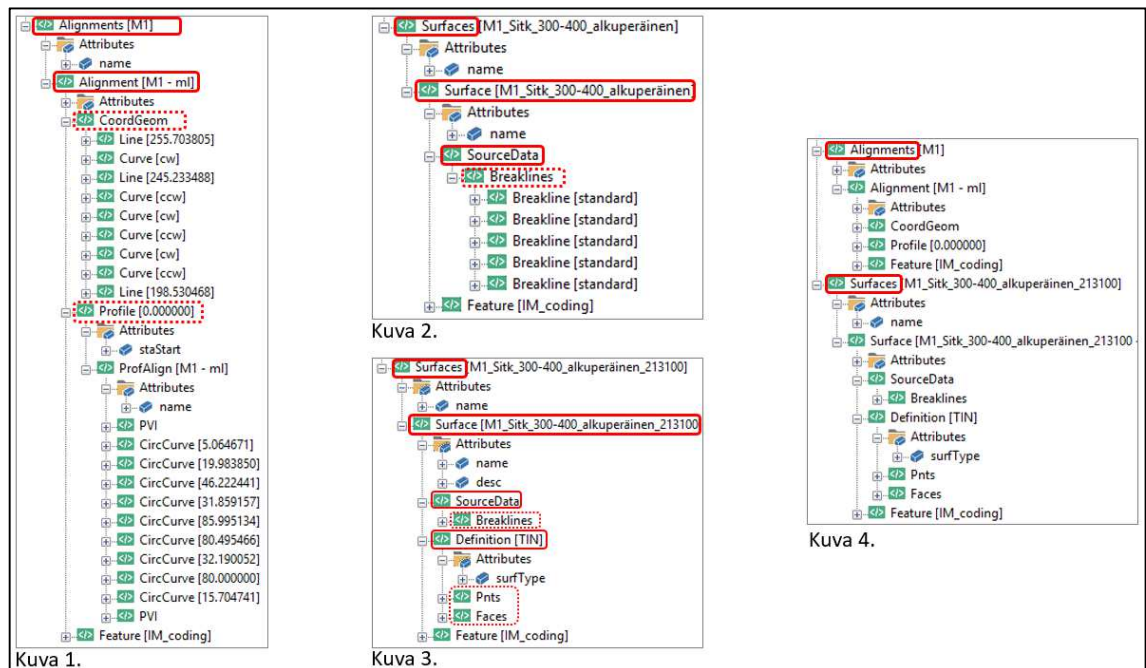
5.2.1 LandXML ja Inframodel

LandXML on kansainvälinen avoimen tiedonsiirron standardi. Inframodel on LandXML-formaatin realisaatio, jossa on huomioitu suomalaiset infrasuunnittelun ja -rakentamisen käytännöt. Vuoden 2017 lopulla on käytössä LandXML1.2-versio ja Inframodel3-versio. (buildingSMART Finland 2017i, 5.)

Inframodel-määrittely on laaja. Ajantasaiseen määrittelyyn voi perehtyä buildingSMART Finland-yhteistyöfoorumien kotisivuilla (buildingSMART Finland 2017j). Nykyinen määrittely on Inframodel4. Muutokset versiosta 3 versioon 4 on luettavissa samaisilta sivuilta. Vuoden 2017 lopulla ohjelmistotoimittajat tekevät päivityksiä sovelluksiinsa Inframodel4-muutosten käyttöönottamiseksi. Helmikuusta 2018 alkaen Liikenneviraston ja suurten kaupunkien suunnittelu- ja rakennushankkeissa edellytetään Inframodel4-formaatin käyttöä.

Inframodel-muodossa olevaan aineistoon kannattaa perehtyä tarkastelemalla sisältöä esimerkiksi tekstieditorilla tai nettiselaimella. Kuviossa 24. on esitetty neljä erisisältöistä Inframodel-muotoista aineistoa.

Kuvassa 1. esitetty tiedosto sisältää ainoastaan yhden tiegeometrialinjan "M1-m", joka sisältää vaakageometritiedon "CoordGeom" ja pystygeometritiedon "Profile". Tiedosto voisi sisältää useammankin geometrian, mutta tällöin tiedosto sisältäisi useamman "Alignment" -kansion.



Kuvio 24. Inframodel-määrittelyn mukaista toteutusmalliaineistoa

Kuvan 2. tiedoston Surfaces-määrittelystä löytyy yhden rakennepinnan M1_Sitk_300-400 taiteviivat (Breaklines) SourceData -määrittelyn alta. Jos tiedosto sisältäisi useamman kuin yhden rakennepinnan taiteviivoja, silloin tiedostossa olisi jokaiselle rakennepinnalle oma Surface-kansio.

Kuvan 3. tiedostossa on yhden rakennepinnan taiteviivat (SourceData → Breaklines) sekä kolmioverkko, jonka määrittely on kansiossa DefinitionTIN. Pnts-kansio sisältää kolmioiden nurkkapisteiden koordinaattitiedot ja Faces-kansiossa on kolmiomäärittelyt. Jokainen rakennepinta määritellään omaan Surface-kansioon.

Kuvan 4. tiedosto sisältää yhden geometrialinjan vaaka- ja pystygeometrioiineen sekä yhden rakennepinnan taiteviivat ja kolmioverkon.

Mittauksista vastaavalla henkilöllä on oltava käytössään ohjelmisto, jolla toimitettu toteutusmalliaineisto geometrioiineen, taiteviivoineen ja kolmioverkkoaineistoinen voidaan purkaa omiksi tiedostoikseen.

5.2.2 Geonic

Geonic-, Gt-, TIEL-, Tielaitos-, rakentaja- ja Infra maastomalli-formaatti. Kyse on samasta tiedonsiirtoformaattista, jonka nimeä on päivitetty vuosien aikana useampaan otteeseen. Tielaitoksen vuoden 1994 julkaisussa *Maastomallimittaukset* formaatti on määritelty siten, että yksi 74 merkin mittainen tietue (rivi) sisältää yhden pisteen tiedot. Kuviossa 25 on esitetty sadevesikaivot Gt-formaatissa.

0	8	16	24	32		46		60		74
T1	T2	T3	T4		X		Y		Z	
9	0	2431	8	6765046.808	21553213.222				35.351	
9	0	2431	7	6765075.721	21553190.498				35.397	
9	0	2431	6	6765125.424	21553149.606				35.501	
9	0	2431	5	6765186.209	21553097.593				35.629	
9	0	2431	4	6765196.496	21553109.549				35.628	
9	0	2431	3	6765233.124	21553079.165				35.640	
9	0	2431	1	6765268.883	21553038.734				35.883	
9	0	2431	2	6765246.769	21553063.692				35.761	

Kuvio 25. Geonic-formaatin määrittely

T1 on pintatunnus

T2 on taiteviivan juokseva numerointi, hajapisteillä arvona 0 (nolla)

T3 on pisteen laatua kuvaava koodi (lajikoodi) 2431=umpikantinen SV-kaivo

T4 on pisteen juokseva numerointi

Geonic-formaattia käytetään edelleen pistemäisen tiedon ja taiteviiva-muodossa olevan tiedon tiedonsiirtoformaattina. *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeessa 18/2017* todetaan *Infra maastomalli*-formaatin olevan tarkan maastomallin tuottamisen muotona (Liikennevirasto 2017b, 4). Rakentamisessa Gt-formaattia hyödynnetään niin paikalleenmittauksissa kuin työkoneautoautoma-

tiossakin, koska Inframodel3 ei tue vielä pistemäisen kohteen numerointia. Viivamaisia kohteita ovat esimerkiksi putkilinjat ja pistemäisiä kohteita kaivot ja valaisinpylväiden perustukset.

5.2.3 Dwg ja Dxf

Mittausaineistossa suunnitelmakartat toimitetaan yleensä cad-muotoisessa Dwg-formaatissa. Yleisissä inframallivaatimuksissa (YIV) osassa 2 *Yleiset vaatimukset* todetaan, että jos tietyn inframallirakenteen määrittely puuttuu Inframodel-määrittelystä, voidaan tiedonsiirtoformaattina käyttää Dwg:tä (buildingSMART Finland 2017k, 8).

Kyselytutkimuksen kohteissa, joissa suunnittelua ei ollut toteutettu *Yleisten inframallivaatimusten* mukaisesti, toimitettiin rakennepintojen taiteviivat, reunakiviliinjat ja pistemäinen aineisto Dwg-muodossa.

Suunnittelijalta saatavassa mittausaineistossa käytetään harvemmin Dxf-muotoista aineistoa, mutta muuten se on yleisesti käytössä erityisesti työkoneautomaatiossa, jossa sitä hyödynnetään pistemäisten kohteiden, rakennepintojen taitteiden ja putkilinjojen sekä rakennepintojen kolmioverkkojen tiedonsiirtoformaattina. Lisäksi Dxf-muoto on käytössä työkoneohjausjärjestelmien tausta- ja varoituskarttaesityksissä.

Dxf-formaatti on kuitenkin sisällöltään varsin yksinkertainen verrattuna Inframodel-muotoiseen aineistoon, johon voi sisällyttää runsaasti rakenteisiin liittyviä ominaisuustietoja.

5.2.4 Xroad-geometriaformaatti

Xroad-muotoinen geometria, jonka tiedostolyhenteenä käytetään kirjainyhdistelmää "vgp", on vähintään yhtä perinteikäs kuin aikaisemmin esitelty Geonic-formaatti. Vgp-tiedoston sisältöä voi tarkastella tekstieditorilla. Kuvion 26. kuvassa 1. on esimerkki tielinjan vaakageometriasta ja kuvassa 2. saman tielinjan pystygeometriasta. Vaaka- ja pystygeometria linkitetään toisiinsa parametrien "TIE", "TIEVE" ja "LINJA" avulla. Tiedosto voi sisältää useampia geometrialinjoja, jolloin

ne voidaan erotella automaattisesti esimerkiksi 3D-Win sovelluksella tai tekstieditorilla hyödyntäen edellä mainittuja parametreja. Tiedostot voivat sisältää myös pelkkää vaakageometriaa.

TIE	M1				
TIEVE	1				
LINJA	ml	9100	0.0000		
ELEM	1	0	1	0.0000	0.0000
ELEMP1	1	0.0000	6765299.9755	21552986.5340	
ELEMP2	1	81.7900	6765247.5479	21553049.3110	
ELEM	2	0	3	300.0000	0.0000
ELEMP1	2	81.7900	6765247.5479	21553049.3110	
ELEMP2	2	131.1302	6765212.9559	21553084.4161	
ELEMCP	2		6765017.2862	21552857.0104	
ELEM	3	0	1	0.0000	0.0000
ELEMP1	3	131.1302	6765212.9559	21553084.4161	
ELEMP2	3	282.9058	6765097.9072	21553183.4091	
ELEM	4	0	3	-150.0000	0.0000
ELEMP1	4	282.9058	6765097.9072	21553183.4091	
ELEMP2	4	364.0799	6765053.3148	21553250.0537	
ELEMCP	4		6765195.7421	21553297.1119	
ELEM	5	0	3	300.0000	0.0000
ELEMP1	5	364.0799	6765053.3148	21553250.0537	
ELEMP2	5	486.7992	6764992.3775	21553355.5897	
ELEMCP	5		6764768.4603	21553155.9373	
ELEM	6	0	3	-125.0000	0.0000
ELEMP1	6	486.7992	6764992.3775	21553355.5897	
ELEMP2	6	529.6820	6764969.8318	21553391.8203	
ELEMCP	6		6765085.6764	21553438.7782	
ELEM	7	0	3	99.9988	0.0000
ELEMP1	7	529.6820	6764969.8318	21553391.8203	
ELEMP2	7	654.5583	6764870.8523	21553454.0544	
ELEMCP	7		6764877.1573	21553354.2546	
ELEM	8	0	3	-550.0000	0.0000
ELEMP1	8	654.5583	6764870.8523	21553454.0544	
ELEMP2	8	676.5612	6764848.8712	21553453.1068	
ELEMCP	8		6764836.1765	21554002.9602	
ELEM	9	0	1	0.0000	0.0000
ELEMP1	9	676.5612	6764848.8712	21553453.1068	
ELEMP2	9	713.0742	6764812.3680	21553452.2640	

TIE	M1			
TIEVE	1			
LINJAZ	ml ml			
ELEMZ	1	0.0000	39.0544	0.0000
ELEMZ	2	6.2257	38.8559	300.0000
ELEMZ	3	42.9237	38.3054	800.0000
ELEMZ	4	96.4732	36.1634	1000.0000
ELEMZ	5	135.5175	36.4072	2500.0000
ELEMZ	6	241.4718	35.7185	4000.0000
ELEMZ	7	388.4545	37.9232	3500.0000
ELEMZ	8	504.8357	36.9922	2000.0000
ELEMZ	9	582.1756	37.6183	2100.0000
ELEMZ	10	655.6918	35.4121	450.0000
ELEMZ	11	713.0739	35.6933	0.0000

Kuva 2.

Kuva 1.

Kuvio 26. Esimerkki Xroad-geometriaformaattista

Vuoden 2016 lopulla suoritetun kyselytutkimuksen perusteella Xroad-geometriaformaatti on vielä yleisin linjamaisen tiedon, kuten tielinjojen ja reunakivilinjojen, tiedonsiirtoformaatti.

5.3 Koodeihin liittyvä kehitystyö

Kuten luvussa 2.6 mainittiin, perustuu nykyinen rakennussuunnittelussa ja rakentamisessa käytettävä InfraBIM-nimikkeistö v1.6. lajikoodiensa osalta pitkälti suunnittelumittauksissa käytettävään *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeeseen 18/2017*. Koodikirjasto on kuitenkin suppea, eikä se palvele riittävästi infrarakentamiseen, mittauksiin ja työkonemaatioon liittyvää tiedonhallinnan kehitystä.

BuildingSMART Finlandin toimesta InfraBIM-nimikkeistön koodausta laajennetaan vuoden 2018 aikana niin sanotulla RAK-koodikirjastolla. Kun suunnittelua varten tehtävissä maastomallimittauksissa käytetään kolminumeroisia lajikoodeja, niin rakentamisessa käytetään nelinumeroisia koodeja. Esimerkiksi kartoitusmittauksissa käytettävä koodi 123 *pientareen ulkoreuna* on RAK-koodistossa 2123 *RAK pientareen ulkoreuna*. Näin viivan koodista voi päätellä, onko kyseessä kartoitettu vai suunniteltu pientareen reuna.

6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ OHJEISTUKSISTA JA MITTAUSAINEISTOISTA

6.1 Ohjeistukset

Infrarakentamisen mittauksiin liittyviä ohjeistuksia ei mainita rakentamisen urakka-asiakirjoissa lukuun ottamatta InfraRYL- ja Määrämittausohje-julkaisuja.

Ohjeiden noudattamista kuitenkin helpottaisi, jos asiakirjoissa olisi maininta, minkä ohjeen tai ohjeiden mukaan rakennetaan ja ylläpidetään mittausperusta, minkä ohjeen mukaan rakentamiseen tuotetun mittausaineiston sisältöä ja laatua voidaan tarkastella ja minkä ohjeen mukaisesti urakan laadunvarmistus ja laatu-dokumentointi toteutetaan.

Luvussa 2. esitellyt julkaisut ovat kaikki voimassa olevia. Tietomallipohjaista toimintaa ohjaavat julkaisut syrjäyttävät varmasti vanhempia julkaisuja tulevaisuudessa. Myös uusimpien ohjeiden osalta tarvitaan kehitystyötä. Tässä opinnäytetyössä esitellyt YIV-ohjeet pitäisi koota hankekohtaisiksi käsikirjoiksi, jolloin esimerkiksi rakentamiseen liittyvien osien 5, 6, 8 ja 12 sisältö olisi koottu yhdeksi ohjeeksi.

Infra-alalle suuntautuvan insinöörin ei tarvitse osata ohjeita ulkoa: riittää, että tietää julkaisujen sisällön ja tarvittaessa osaa hakea tarvitsemansa tiedon.

6.2 Mittausperusta

Mittausperustalle asetettujen ajantasaisten vaatimusten etsiminen vaatii hieman salapoliisin työtä. Juuri julkaistussa *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeessa (2017)* on varmasti ajantasaisin tieto kiintopisteiden rakentamisesta: Ohjetta lukiessa saa vain sellaisen käsityksen, että ohje on tarkoitettu suunnitelmavaihetta varten, eikä rakentamista ole huomioitu riittävällä tavalla.

Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohteessa todetaan, että rakentamisessa käytetään suunnitteluvaiheen aikana tuotettuja perus- ja käyttöpisteitä ja mittausperustaa täydennetään tarvittaessa tihennyspisteillä (Liikennevirasto 2008a, 13). Ohje on kuitenkin joiltakin osin jo vanhentunut, joten mittausperustaan liittyvissä asioissa asiakirjoissa pitäisi viitata *Mittausohjeeseen* ja *Julkisen*

hallinnon suositukseen 184 (JHS184, Kiintopistemittaus EUREF-FIN – koordinaattijärjestelmässä).

Rakennushankeen toteutusvaiheen aikaista mittausperustan rakentamista ja ylläpitoa sekä mittausperustan luovutusta kunnossapitovaiheelle ei ole huomioitu ohjeistuksissa. YIV-ohjesarjasta on pyritty laatimaan kattava tietopaketti tietomallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen tiedonhallintaan. Termejä mittausuunnitelma ja mittausperusta ei juurikaan käsitellä 12 ohjetta sisältävässä ohjesarjassa. Toivottavasti tulevassa YIV-ohjeiden päivitystyössä puute korjataan ja huomioidaan samalla rakentamisen toteutus- ja luovutusvaiheet.

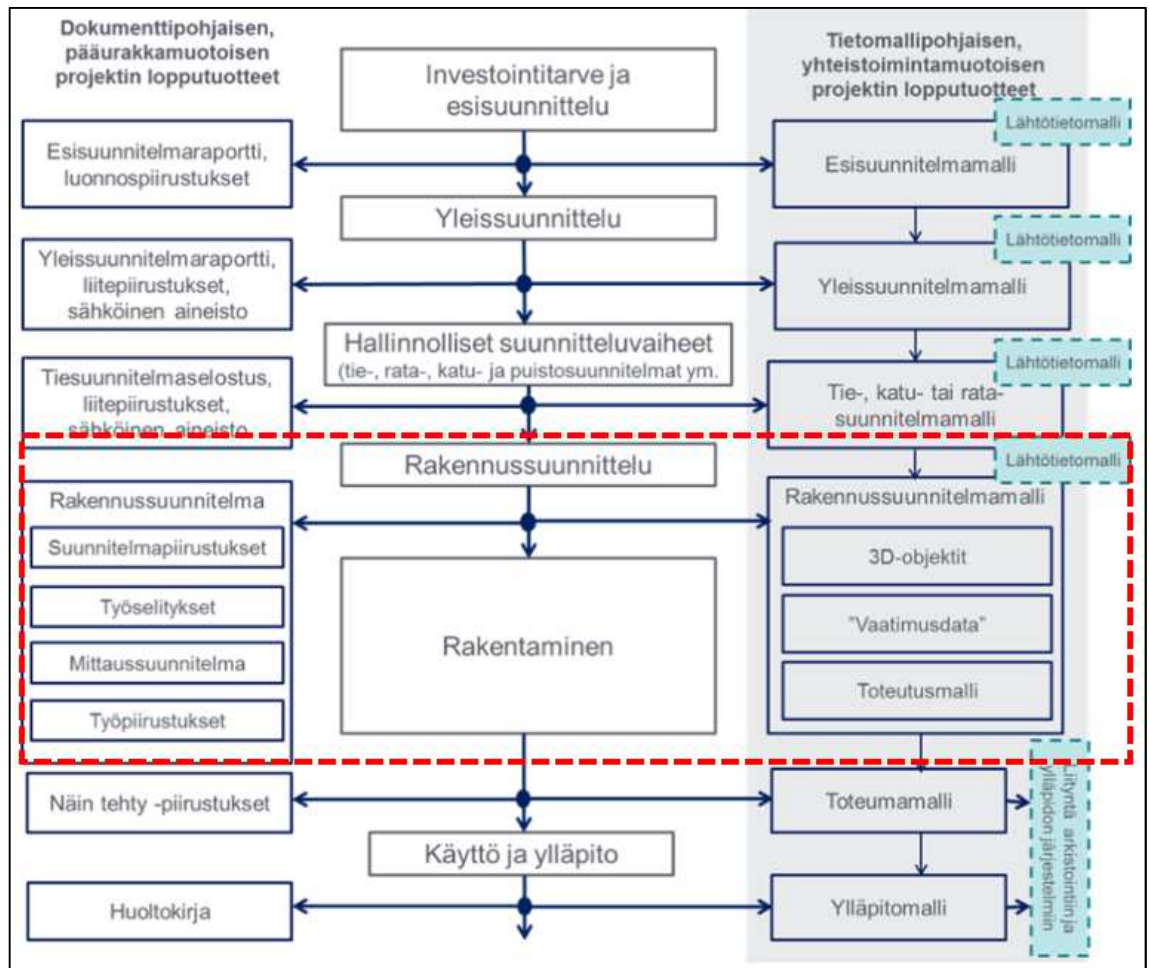
Mittausperustaan liittyvä tiedonhallinta pitäisi huomioida YIV-ohjepäivityksessä esimerkiksi niin, että suunnittelijan pitäisi ottaa kantaa mittausperustan laatuun ja kattavuuteen sisäisessä laadunvarmistusraportissa, jonka suunnittelija tuottaa jokaisessa hankevaiheessa. Toinen keino olisi sisällyttää mittausperustaa käsittelevä osio tietomalliselostuksiin. Nyt tietomalliselostuksissa on vain maininta koordinaatti- ja korkeusjärjestelmästä, johon suunnitelma on sidottu. Jos suunnittelun lähtötiedoksi mitattu maastomalli on mitattu ilman koko hankealueen kattavaa mittausperustaa, pitäisi tietomalliselostuksessa olla selvitys siitä, miten maastomallin laadunvarmistus on suoritettu.

Lisäksi rakennusurakan tarjouspyyntöasiakirjoihin pitäisi sisällyttää osio, jossa mittausperustan sisältöä käsitellään. Urakan käynnistämisen kannalta katsottuna mittausperustan kattavuus ja laatu ovat tietomallipohjaisessa tuotannossa oleellista tietoa, eikä yhdenkään hankkeen soisi käynnistyvän ilman kattavaa mittausperustaa.

6.3 Mittausaineistojen sisältö

Kuviossa 27. verrataan dokumenttipohjaisessa ja tietomallipohjaisessa suunnittelussa luovutettavia aineistoja. Tässä opinnäytetyössä kiinnitetään huomiota punaisella katkoviivalla rajattuun alueeseen, eli rakennussuunnitelma- vaiheeseen. Dokumenttipohjaisen rakennussuunnitelman lopputuotteita ovat

suunnitelmapiirustukset, työselitykset, mittaus suunnitelma ja työpiirustukset. Kuten luvussa 2.1.5 esiteltiin, muodostuu mittaus suunnitelma selostusosasta, mittausperustan dokumentoinnista ja mittausaineistosta.



Kuvio 27. Dokumentti- ja tietomallipohjaisen suunnittelun lopputuotteet (Liikennevirasto 2017a, 25)

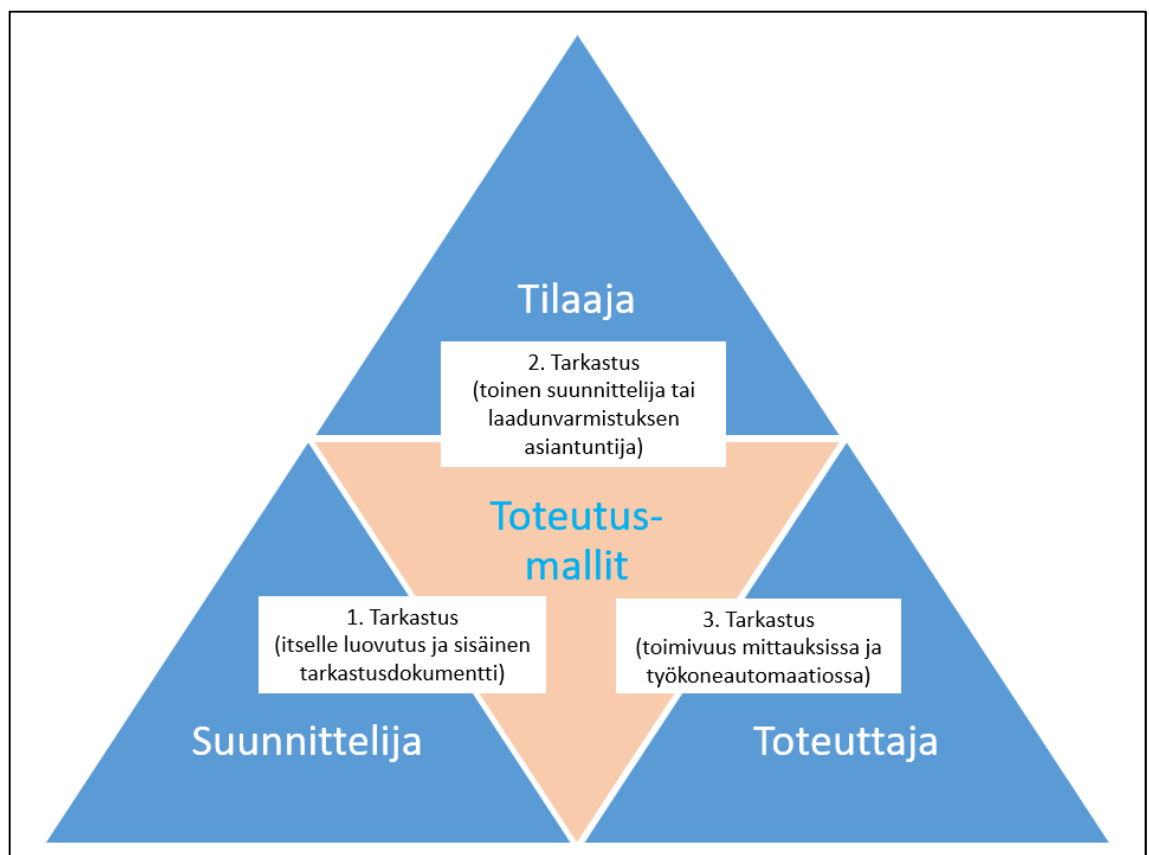
Tietomallipohjaisen suunnittelun vastine rakennussuunnitelmalle on rakennussuunnitelmamalli, joka sisältää 3D-objekteja, vaatimusdataa ja toteutusmalliaineiston. 3D-objekteina voidaan kuvata esimerkiksi kaivoja, putkilinjoja ja valaisinylvään perustuksia. Lisäksi rakennussuunnitelmamallin pitää sisältää päivitetty lähtötietomallitieto, joka sisältää muun muassa maastomallin ja toivottavasti myös mittausperustatiedon.

Kuten kuviossa 18. on esitetty, tarvitaan rakennushankkeen mittauksia varten sekä dokumentti- että tietomallipohjaisen suunnittelun lopputuotteet. Kokeneille

mittauspäälliköille näiden aineistojen kerääminen urakan eri osapuolilta, kuten tilaajalta, suunnittelijalta ja projektin johdolta, on arkipäivää. Sen sijaan vasta uraansa aloittelevat rakentamiseen suuntautuneet maanmittarit tarvitsevat ohjausta tässä ”materiaalihankinnassa”, koska ne eivät todellakaan tule automaattisesti mittauksista vastaavan pöydälle.

6.4 Mittausaineistojen laadunvarmistus

Periaatteessa toteutusmallien tarkastaminen pitäisi toteutua kuvion 28. mukaisesti kolmen eri osapuolen toimesta. Laadun varmistuksen kannalta avainasemassa on tilaajan teettämä tarkastus kolmannella osapuolella, koska tähän tarkastukseen sisältyy myös avoimessa tiedonsiirtoformaattissa oleva toteutusmalliaineisto.



Kuvio 28. Toteutusmallien tarkastusvaiheet

Suunnittelun tarjouspyyntöasiakirjoissa pitäisi olla mainittuna YIV-ohje 5.2, jonka mukaan toteutusmallit on laadittava. Saman sisältöinen teksti pitäisi olla myös

tilaajan ja/tai suunnittelutoimeksiannon voittaneen konsultin laatimassa inframallisuunnitelmassa, johon suunnittelija vertaa suunnitelman sisältöä ja laatua itselle luovutusvaiheessa.

YIV-ohjeessa *12.1 Maanrakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä* on annettu tiukat vaatimukset työmaaorganisaatiossa toimivalle henkilölle, joka vastaa mittauksista ja toteutusmallien tarkastamisesta. Olisiko aiheellista määrittää vastaavat vaatimukset myös vaiheiden 1. ja 2. tarkastajille?

Tietomallipohjaisen tuotannon yleistyessä yleistyvät myös erilaisten pilvipalveluiden, kuten esimerkiksi Infrakitin, käyttö projektien tiedonhallinnassa. Jatkossa ei tarvita erillisiä projektipankkipalveluita, vaan pelkästään Infrakitin kaltaisia projektihallinnan kokonaispalveluita, joilla voidaan hallita koko hankkeen elinkaari suunnittelusta ylläpitovaiheeseen asti.

Tällainen toimintamalli edellyttää kuitenkin muutoksia myös toteutusmallien tarkastamisprosesseihin. Jos suunnittelija toimittaa toteutusmalliaineistoa suoraan edellä mainittuun projektinhallintapalveluun, miten varmistetaan se, että urakoitsija hoitaa hänelle urakka-asiakirjoissa säilytetyn suunnitelmien tarkastusvelvollisuuden. Vaikka tietomallipohjainen toiminta kuinka helpottaisi tiedonhallintaa ja tiedon päivittymistä hankkeen eri osapuolien välillä, ei suunnitelmien tarkastusvastuuta voi säilyttää pelkästään suunnittelijoille. Jos näin käy, pitää suunnittelukonsulttien korvausvastuut olla jotakin muuta kuin konsultin palkkion suuruinen. Konsulttien vastuuvakuutusmaksuihin voisi tulla korotuspaineita.

LÄHTEET

buildingSMART Finland 2017a. Yleiset inframallivaatimukset. Viitattu 30.7.2017 <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>

– 2017b. Osa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päälly- ja pintarakenteet. Viitattu 30.7.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_1_Maarakenteet_V_1_0.pdf.

– 2017c. Osa 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin laadintaohje. Viitattu 12.11.2016 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohje_V_1_0.pdf

– 2017d. Osa 5.3 Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje. Viitattu 31.7.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteutumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf.

– 2017e. Osa 6 Järjestelmät. Viitattu 3.8.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA6_Jarjestelmat_V_1_0.pdf.

– 2017f. Osa 8 Inframallin laadunvarmistus. Viitattu 5.5.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-2015_OSA_8_Inframallin-laadunvarmistus_20160211.pdf.

– 2017g. Osa 12.1 Maanrakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä. Viitattu 5.8.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2017/07/YIV2015_Mallinnusohjeet_Osa12.1_Maarakentamisen_mallipohjainen_laadunvarmistusmentelm%C3%A4.pdf.

– 2017h. InfraBIM-nimikkeistö v1.6. Viitattu 27.8.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM_nimikkeisto_v1_6.pdf.

– 2017i. Inframodel-käyttöönotto-ohje versio 1.0. Viitattu 17.10.2017 <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel3-kayttoohje.pdf>.

– 2017j. Finnish Inframodel application documentation for LandXML v1.2. Viitattu 17.10.2017 <https://buildingsmart.fi/infra/inframodel/index.html>.

– 2017k. Osa 2 Yleiset vaatimukset. Viitattu 17.10.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf.

Liikennevirasto 2011. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje. Viitattu 23.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-18_tie_ja_ratahankkeiden_web.pdf.

Liikennevirasto 2013a. Tien rakennussuunnitelma – Sisältö ja esitystapa. Viitattu 25.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-44_tien_rakennussuunnitelma_web.pdf.

– 2013b. Tien rakennussuunnitelma – Toimintaohjeet. Viitattu 25.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-45_tien_rakennussuunnitelma_web.pdf.

Liikennevirasto 2017a. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje 12/2017. Viitattu 23.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf.

– 2017b. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje 18/2017. Viitattu 23.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf.

– 2017c. Digitaalinen luovutusaineisto. Viitattu 29.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2017-15_digitaalinen_luovutusaineisto_web.pdf.

– 2017d. Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet 19/2017. Viitattu 29.7.2017 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2017-19_maastotietojen_hankinta_web.pdf.

Rakennustietosäätiö 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto Oy.

Rakennustietosäätiö 2014. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrittämisohje. Rakennustieto Oy.

Suntio, V. 2017. Suunnittelijan ja tilaajan tarkastukset. Email ville.suntio@destia.fi 23.10.2017. Tulostettu 23.10.2017.

Tiehallinto 2008a. Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohje. Viitattu 14.9.2017 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2000024-v-08tienrakent_mittaussuunn_laot.pdf.

– 2008b. 15/2008 Tienrakentamisen mittaussuunnitelman ohjeistuksen nykytilanne ja kehittämistarpeet. Viitattu 26.7.2017 http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000613-v-tienrakent_mittausain_ohjeistuk.pdf.

Tiehallinto 2009. Urakoitsijan laaturaportointi. Viitattu 27.7.2017 http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200062-v-09-urakoitsijan_laaturaportointi.pdf.

VTT 2010. Inframodel tiedonsiirron sovellusohje v1.2. Viitattu 16.10.2017 http://www.rts.fi/infrabim/Inframodel_tiedonsiirron_sovellusohje_v1%202.pdf.

LIITE

Liite 1. Kysely maanmittausalan ammattilaisille

Liite 1. Kysely maanmittausalan ammattilaisille

1(4)

Perustiedot vastaajasta

1. Koulutus * Koulutusaste
2. Työkokemus (1) Kuinka kauan olet toiminut infrarakentamisen mittauksien ja/tai mittausaineistojen laatimisen parissa?
3. Työkokemus (2) Kuinka kauan olet toiminut työkoneautomaation parissa?
4. Työkokemus (3) Kuinka moneen kohteeseen olet laatinut koneohjauksille?

Lähtöaineiston sisältö mittaus-/toteutusmalliaineiston laatimiseksi

Valitse kohde, johon olet laatinut mittaus-/toteutusmalliaineiston. Kuvaile tilaajalta/rakennuttajalta saamasi lähtöaineiston sisältö. Käytä esimerkkinä mielellään kohdetta, joka on rakennettu 2015 tai 2016.

5. Rakennuttaja/Tilaaaja Mikä organisaatio oli esimerkkikohteesi rakennuttaja?
6. Rakennusajankohta Esimerkkikohteesi rakennusajankohta?
7. Geometria (1) mittalinjojen formaatti
8. Geometria (2) reunakivilinjojen formaatti
9. Geometria (3) reunakivilinjojen korkeustieto
10. Taiteviivat (1) maarakenteet, formaatti
11. Taiteviivat (2) kunnallistekniikka (putkilinjat), formaatti
12. Kolmioverkko formaatti
13. Pistemäiset kohteet formaatti, esim. valaisinpylväiden perustukset
14. Pistemäiset kohteet (2)formaatti, kunnallistekniikka (kaivot)
15. Suunnitelmapaketti (1) formaatti
16. Suunnitelmapaketti (2) koordinaatisto ja yksiköt
17. Kirjoita tähän muita havaintoja esimerkkikohteestasi.

Tilaaajalta/rakennuttajalta saadun aineiston puutteet

18. Mitä mittaukseen ja toteutusmallien laatimiseen liittyviä aineistoja sinun pitää yleensä pyytää tilaajalta/rakennuttajalta erikseen?

Tilaaajan toimittamasta aineistosta löydetyt ongelmat

Millaisia ongelmia tai virheitä havaitisit esimerkkikohteesi mittausaineistoissa?

19. Geometrialinjat

- Matematiikkaongelmia
- Ei oikeassa koordinaatistossa
- Toimitettu vain vaakageometrialinjat, esim. reunakivet
- Geometria murtoviivana
- Toimitettu tuntemattomassa formaatissa
- Toimitettu vain pääpistelaskennat
- Ei havaittu ongelmia/virheitä

20. Geometrialinjat, muita havaintoja?

21. Taiteviivat

- Pintakoodit; puuttuu tai ei IM-muodossa
- Viivakoodit; puuttuu tai ei IM-muodossa
- Epäjatkuvia viivoja
- Hajapisteitä
- Päällekkäiset/edestakaiset viivat
- Liian pitkiä pistevälejä (YIV; >10m)
- Liian lyhyitä pistevälejä (YIV; <0,5m)
- Turhia viivoja (ei kaltevuuden muutosta)
- Virheellisiä, pintaan kuulumattomia viivoja
- Leikkaavia viivoja
- Nollakorkoisia pisteitä
- Ei havaittu ongelmia/virheitä

22. Taiteviivat, muita havaintoja?

23. Kolmioverkot

- Pintakoodit; puuttuu tai ei Inframodel-muodossa
- Reiät
- Nollakorkoiset pisteet
- Pinnasta poikkeavat piikit
- Poikkeavat kaltevuudet
- Taiteviiva-aineisto ja kolmioverkko eivät ole yhtenevät (taiteviiva- aineistossa ei samoja pisteitä kuin kolmioverkossa)

Liite 1. Kysely maanmittausalan ammattilaisille

3(4)

- Pintamalli koostuu erillisistä kolmioverkoista
- Ei havaittu ongelmia/virheitä

24. Kolmioverkot, muita havaintoja?

25. Suunnitelmakartat

- Yksikkönä millimetrit
- Väärä koordinaatisto
- Saatavilla vain pdf-muotoinen aineisto
- Ei havaittu ongelmia/virheitä

26. Suunnitelmakartat, muita havaintoja?

27. Poikkileikkaukset

- Yksikkönä millimetrit
- Saatavilla vain pdf-muotoinen aineisto
- Ei havaittu ongelmia/virheitä

28. Poikkileikkaukset, muita havaintoja?

29. Pituusleikkaukset

- Sivukaltevuustieto puuttuu
- Ei havaittu ongelmia/virheitä

30. Pituusleikkaukset, muita havaintoja?

Työkoneautomaatio

Kaivinkoneet, puskutraktorit, pyöräkuormaajat, tiehöylät

31. Esimerkkikohteen koneohjausjärjestelmät?

- Leica (aikaisemmin Scanlaser)
- Novatron
- Topcon
- Trimble
- Muu, mikä?

- Kohteessa ei hyödynnetty työkoneautomaatiota

Liite 1. Kysely maanmittausalan ammattilaisille

4(4)

32. RTK-korjaus koneohjausjärjestelmien satelliittipaikannuksessa

Mikä RTK-korjausmenetelmä esimerkkikohteessasi oli?

- Paikallinen tukiasema
- Verkko-RTK (Smartnet)
- Verkko-RTK (Trimnet)
- Joku muu, mikä?
