



Kaisa Tapiainen

Väyläviraston maastomittausohjeen mukaisten maastomittausaineisto- jen tarkastuskäytäntöjen vakiointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

31.1.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Kaisa Tapiainen
Otsikko:	Väyläviraston maastomittausohjeen mukaisten maastomittausaineistojen tarkastuskäytäntöjen vakiointi
Sivumäärä:	33 sivua + 3 liitettä
Aika:	31.1.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Maanmittaustekniikka
Ohjaajat:	Projektipäällikkö Pasi Kråknäs Lehtori Matias Ingman

Insinööriyön tavoitteena oli luoda konsulttiyrityksen käyttöön vakioidut tarkastuskäytännöt erilaisille mittausoimeksiannoille. Mittausoimeksiantoihin kuuluvat mittausperustan rakentaminen, maastomallin tuottaminen sekä raide- ja ratalaitekartoitukset. Toimeksiannoissa noudatetaan Väyläviraston ohjetta Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017. Mittauspalveluntuottajat toimittavat tilaajan konsultille tarkastettavaksi aineistoa, joka voi olla epätasalaatuista. Tarkastuksessa varmistetaan, että aineiston sisältö ja laatu täyttävät tilaajan, toimeksiannon sekä Mittausohjeen 18/2017 vaatimukset.

Työssä laadittiin raportti tarkastusprosessien kehittämisestä. Väyläviraston Mittausohje 18/2017 on työn keskeisin tietoperusta. Yrityksen mittausiimin jäseniä haastateltiin ja heille pidettiin työpajat tarkastuskäytäntöjen vakioimisesta ja kehitysideoista. Tarkastustyön tekeminen, ohjeiden testaaminen ja tiivis vuorovaikutus toimeksiantajien kanssa ohjasivat tarkastuslinjausten luomista.

Opinnäytetyön tuloksena on eri mittausoimeksiannoille räätälöidyt tarkastusohjeet salattuna liitteenä. Ohjeissa opastetaan vaiheittain mitä ja miten tarkastetaan, sekä mihin asioihin tarkastuksessa erityisesti kiinnitetään huomiota. Tarkastusohjeita voidaan hyödyntää myös tarkastusprosessin jatkokehityksessä sekä uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Vakioidun tarkastusprosessin ja ohjeistuksen kehittämisen myötä tarkastustyötä saatiin yhtenäisemmäksi.

Avainsanat: maastomittausaineisto, maastomalli, Väylävirasto, ratarakennuttaminen

Abstract

Author: Kaisa Tapiainen
Title: Standardization Practices Used to Inspect Terrain Measurement Data in Accordance to Instructions by Finnish Transport Infrastructure Agency
Number of Pages: 33 pages + 3 appendices
Date: 31 January 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Land Surveying
Supervisors: Pasi Kråknäs, Project Manager
Matias Ingman, Senior Lecturer

The aim of this final year project was to create a uniform inspection procedure for a Finnish consulting company that inspects various, at times uneven, measurement data from service providers. With the procedure, it could be possible to standardize the inspection work and help the development of the service providers. This would ensure more homogeneous measuring data.

The Bachelor's thesis described the creation of the inspection process. The inspection process was created on the basis of interviews, workshops, and discussions with the commissioning company. The most important source for information was the 2017 guide for measurements from the Finnish Transport and Infrastructure Agency. Feedback and ideas of development for the standardization of inspection practices were given throughout the process. Carrying out the inspection work and testing the instructions helped in discovering the important steps.

The resulting, inspection instructions guide the inspector chronologically through the steps of what to inspect, how to inspect, and which are the main points of the process. The instructions are also suitable for orientation. The results can be utilized for further development.

Keywords: terrain measurement data, digital terrain model, Finnish Transport Infrastructure Agency, railway building

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mittaustoimeksiannoissa tuotettavat aineistot	3
2.1	Toimeksiantojen lähtötiedot	3
2.2	Eri tekniikoilla kerättävät aineistot	3
2.2.1	Ilmakuvaus ja ortokuvat	3
2.2.2	Laserkeilaus	5
2.3	Mittaustoimeksiannot	6
2.3.1	Mittausperusta	6
2.3.2	Maastomallit	7
2.3.3	Raide- ja ratalaitekartoitukset	9
3	Ohjeistuksen tarve	11
3.1	Taustaa	11
3.2	Tavoite	12
3.3	Väyläviraston ohjeet	12
3.4	3D-Win-ohjelmiston käyttö	13
3.5	FME-ohjelmiston käyttöönotto	14
4	Tarkastusprosessin luomisen taustatiedot	17
4.1	Haastattelut	17
4.2	Työpajat	18
5	Tarkastuskäytäntöjen toteutus	19
5.1	Mittausperusta-aineiston tarkastus	19
5.2	Maastomalli- ja maastotäydennysaineiston tarkastus	21
5.3	Raide- ja ratalaitekartoitusaineiston tarkastus	25
5.4	Maastomittausten vastaanoton tarkastuslista	27
5.5	Maastomittausaineistojen tarkastusohje	28
6	Yhteenveto	30
6.1	Tulokset	30
6.2	Jatkokehitys ohjelmien avulla	31

Liitteet

Liite 1: Haastattelukysymykset

Liite 2: Haastatteluvastaukset

Liite 3: Maastomittausaineistojen tarkastusohje, liite vain työn tilaajan käyttöön

Lyhenteet

ETRS-GK: EUREF-FIN -realisaation tasokoordinaattijärjestelmä, johon mitaukset sidotaan.

N2000: Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä, joka on yleisin Suomessa käytetty korkeusjärjestelmä.

3D-Win: Mittauksen, paikkatiedon ja suunnittelun suomalainen ohjelmisto alan ammattilaisille. 3D-Win on Windows-ohjelmisto, joka on tarkoitettu maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn. Ohjelmistolla voidaan esim. editoida ja tarkastaa maastomallia ja raide- ja rataaitekartoituksen aineistoa.

FME: *Feature Manipulation Engine*. Ohjelmisto geospaatialisen paikkatiedon muokkaamiseen ja yhdistämiseen. Ohjelmistoon rakennetaan rutiineja, jotka mahdollistavat mm. mittausaineiston teknisen oikeellisuuden tarkastamisen automatisoidusti.

GPS: *Global Positioning System*. Maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä, jonka avulla paikannetaan vastaanottimen avulla kohteita suhteessa satelliittien sijaintiin.

1 Johdanto

Insinööriyössä luodaan ohjeistus maastomittausaineistojen tarkastukseen työn toimeksiantajalle, rakennetun ympäristön konsulttiyritys Welado Oy:lle. Toimeksiantajan tarkastusprosessin ja -ohjeen vakioimisella pyritään helpottamaan ja tehostamaan tarkastustyötä. Ohjeiden avulla tarkastusprosessi on mahdollista tehdä yhtenäisellä tavalla ja samalla laajuudella riippumatta siitä, kuka aineistoa tarkastaa. Mittauspalveluntuottajien aineistoissa esiintyy epätasalaatuisuutta. Yhtenäinen ohjeistus vaikuttaa tarkastusten homogeenisuuteen, minkä myötä myös mittauspalveluntuottajat tuottavat homogeenisempaa aineistoa.

Rata- ja tieympäristössä tehtävät mittaukset ovat tärkeä osa infrarakennuttamista. Maastossa voidaan tehdä monenlaisia mittaustoimeksiantoja infrahankkeen tarpeiden mukaan. Tässä opinnäytetyössä termiä maastomittausaineisto käytetään kuvaamaan yleisesti kaikkia infrahankkeissa tehtäviä maanmittaustoimeksiantoja.

Maastomittausaineistojen tuottamisessa noudatetaan Väyläviraston ohjetta, Tie- ja ratakankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017. Lopputuloksena palveluntuottajat luovuttavat kohteesta toimeksiannossa määriteltyä maastomittausaineistoa. Ratakankkeissa tilaajana voi olla Väylävirasto, ELY-keskukset tai yksityiset organisaatiot. Tilaajan konsulttina useissa ratakankkeissa toimivan Welado Oy:n mittausasiantuntijat tarkastavat toimitettujen mittausaineistojen laadun ja toimeksiannon täyttymisen. Welado Oy:n Mittaus & teknologiat -tiimin jäsenet toimivat asiantuntijoina rata-, tie-, kiinteistö- ja teollisuustoimialojen mittaustoimeksiannoissa. Asiantuntijat ovat tilaajan tukena erilaisissa mittaustoimeksiantojen hankintoihin liittyvissä tehtävissä. Näihin sisältyvät muun muassa tehtävänmäärittely, kilpailutus, työnaikainen ohjaus ja valvonta sekä maastomittausaineistojen tarkastus. (1.)

Opinnäytetyö on kaksiosainen. Ensimmäinen osa on raportti tarkastusprosessien laatimisesta ja prosessien eri vaiheista. Toinen osa on

Maastomittausaineistojen tarkastusohje, joka on opinnäytetyön salattuna liitteenä. Tarkastusohjetta ei julkaista opinnäytetyössä kokonaisuudessaan liikesalaisuuden säilyttämiseksi. Väyläviraston Mittausohje 18/2017 sekä keskustelut mittaus tiimin asiantuntijoiden kanssa ovat opinnäytetyön keskeistä tietoperustaa. Keskusteluiden lisäksi Mittaus & teknologiat -tiimin työntekijöitä haastateltiin nykytilanteen ja tausta-aineiston kartoittamiseksi. Haastatellut osallistuivat myös kahteen työpajaan, joissa syvennyttiin tarkastuskäytäntöjen vakioimiseen ja kehitysehdotuksiin.

2 Mittaustoimeksiannoissa tuotettavat aineistot

2.1 Toimeksiantojen lähtötiedot

Infrahankkeen tilaaja voi käyttää konsulttia. Konsultin tehtäviin kuuluu muun muassa mittaustoimeksiantojen hankinta, jonka alkuvaiheessa mittaustoimeksi-
anto kilpailutetaan. Kilpailutuksen yhteydessä palveluntuottajalle toimitetaan lähtötiedot hankealueesta. Lähtötietoihin kuuluvat edellisen suunnitteluvaiheen aineistot, muiden tekniikkalajien suunnitteluaineistot sekä tietoaineisto hanke-
alueen nykytilasta. Lähtötietoihin voivat lukeutua myös muun muassa maaperä-
tutkimusaineistot, kaavatiedot, mittausperusta, ortokuvat ja erilaiset selvitykset.
(2.)

Lähtötietojen avulla toimittajat suunnittelevat toimeksiantonsa ja työvaiheensa sekä laativat tilaajalla hyväksyttävän mittaussuunnitelman. Vastaavasti toimit-
tajien tuottamasta aineistosta syntyy lähtötietoja hankkeen seuraavaa suunnit-
telu- ja toteutusvaihetta varten. Laadukkaat lähtötiedot takaavat luotettavan pe-
rustan hankkeen läpiviemiselle. Ajantasaiset lähtötiedot ennaltaehkäisevät mah-
dollisia vastaan tulevia ongelmia ja auttavat pysymään aikataulussa. (2; 3.)

2.2 Eri tekniikoilla kerättävät aineistot

2.2.1 Ilmakuvaus ja ortokuvat

Ilmakuvaus tehdään lentokoneesta, helikopterista tai dronista. Ennen ilmaku-
vausta alueelle mitataan riittävästi tukipisteitä. Tukipisteet näkyvöitetään valkoi-
sella ristillä eli signaalilla, joka voidaan maalata asfalttiin tai rakentaa. Signaalin
avulla tukipiste erottuu maastosta. Signaloitujen tukipisteiden avulla ilmakuvat
sidotaan taso- ja korkeuskoordinaatistoon aineiston käsittelyvaiheessa. (4, s.
252–253; 5, s. 1.)

Ilmakuvauksesta ja korkeusmallista voidaan tuottaa ortokuva. Ortokuva on
koordinaatistoon oikaistu ilmakuva (6, s. 9), josta on poistettu maaston

korkeuseroista johtuvat mittakaavaerot. Korkeusmalli koostuu maanpinnanmuotoja kuvaavista korkeuspisteistä, ja se tallennetaan epäsäännöllisenä kolmioverkkona tai tasavälisenä hilana (7). Korkeusmalli tuotetaan hankkeen laserkeilausaineistosta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää Maanmittauslaitoksen korkeusmallia. Ortokuvien laatu ja vaatimusten täytyminen tarkastetaan manuaalisesti 3D-Win-ohjelman avulla. Hyväksytyjä ortokuvia käytetään apuna maastomittausaineistojen tarkastuksessa (kuva 1). (3.)



Kuva 1. Maastomalli, jonka taustalla on ortokuva. Ortokuvista voi havaita maastossa olevia merkityksellisiä kohteita. (8.)

Ortokuvat avataan paikkatieto-ohjelmaan ECW-formaatissa esimerkiksi maastomallin taustalle. Ortokuvista näkee melko tarkasti, millaisia kohteita maastossa todellisuudessa on. Kuvan 1 mukaisten ortokuvien avulla voidaan tarkastella, onko hankkeen kannalta merkitykselliset kohteet kartoitettu ja editoitu aineistoon. Kuvan kohteisiin kuuluvat esimerkiksi ojat, luiskat, tie, rakennukset ja silta. (3.)

2.2.2 Laserkeilaus

Maastomalleja tuotetaan ensisijaisesti laserkeilaamalla, jolloin aineisto koodataan laserkeilausaineiston pistepilven perusteella (6, s. 24). Laserkeilain mittaa lasersäteellä etäisyyden kohteeseen, jolloin se tallentuu pisteeksi (9, s. 3). Menetelmällä saadaan alueen maanpinnan muodot ja koordinaatit kolmiulotteisena (2). Laserkeilausaineistosta tuotetaan korkeusmalleja, joiden laatu vaikuttaa myös ortokuvan geometriseen tarkkuuteen (5, s. 1).

Hankealueen laserkeilaus tehdään yleensä ilma-aluksesta. Maastotäydennyksiä voidaan tehdä ajoneuvo- tai maalaserkeilausmenetelmällä, kuten kuvassa 2. Suositeltu keilausaika on keväällä lumen sulamisen jälkeen, jolloin aluskasvillisuus ei haittaa maanpinnan mallinnusta. (3; 6, s. 24.)



Kuva 2. Laserkeilaimella kartoitetaan haastavampia kohteita. Kuvassa laserkeilataan siltakohdetta elokuussa 2023 Imatra-Joensuu-välillä radan kehittämis- ja perusparannushankkeella.

Laserkeilain sopii tavanomaisten kohteiden lisäksi erityiskohteiden mittaamiseen haasteellisissa olosuhteissa. Laserkeilaamalla useammasta suunnasta on mahdollista välttää katvealueiden eli lasersäteiden ulottumattomiin jäävien alueiden, syntyminen. Palveluntuottaja toimittaa laserkeilauksista georeferoidun eli linjasovitetun ja luokitellun pistepilviaineiston. Tilaaja tarkastaa aineiston laadun, kuten pisteiden tiheyden, kattavuuden ja pisteiden laadun. Menetelmällä syntyvästä pistepilvidatasta luodaan 3D-malli, jota käytetään muun muassa infra-hankkeilla suunnittelun lähtötietona. (9, s. 3-4; 10, s. 9-10.)

2.3 Mittaustoimeksiannot

2.3.1 Mittausperusta

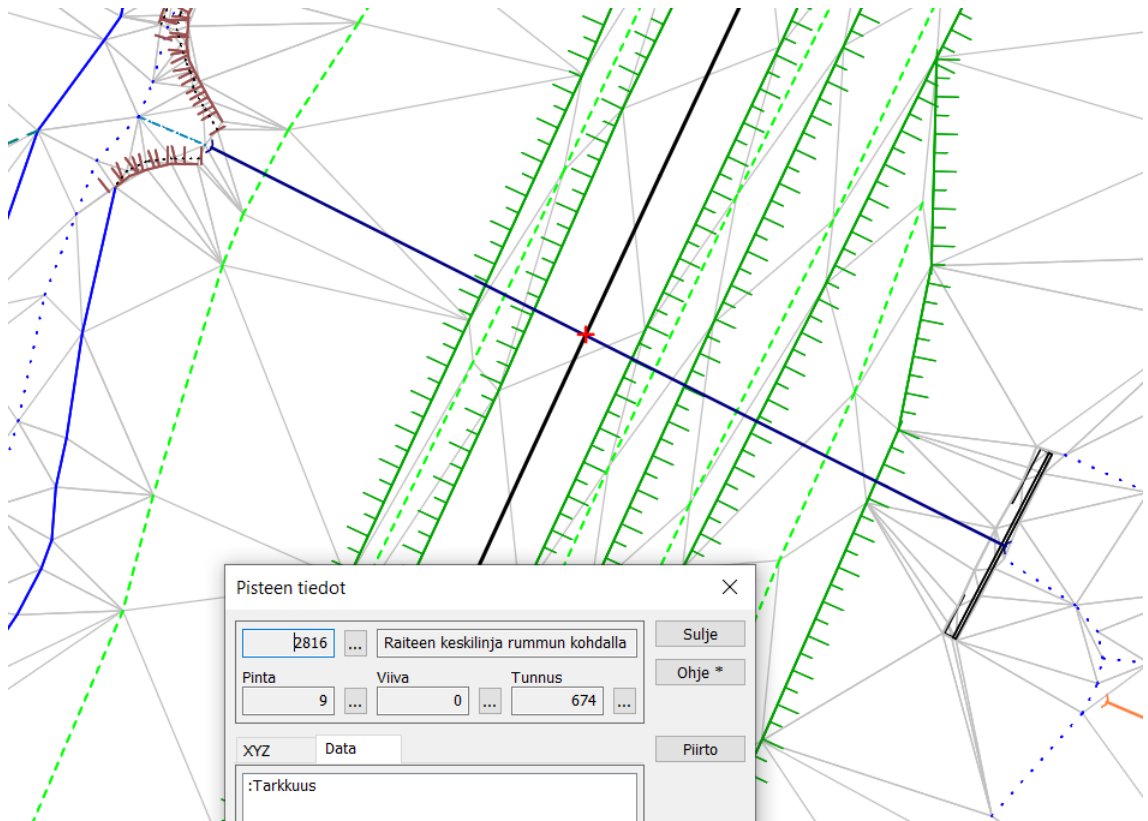
Laadukas mittausperusta on kaikkien mittausten perusta infrahankkeen elinkaaren eri vaiheissa. Mittausperusta syntyy hankealueelle esimerkiksi kiinteään rakenteeseen tai kallioon rakennettavista pysyvistä kiintopisteistä. Kiintopisteet ovat pysyvään käyttöön tarkoitettuja koordinaateiltaan ja/tai korkeudeltaan tunnettuja pisteitä. Pysyville kiintopisteille tuotetaan tasokoordinaatit ja korkeudet geodeettisilla mittauksilla. Suomessa mittaustöissä käytetään ETRS-GK-koordinaattijärjestelmää ja N2000-korkeusjärjestelmää. Mittausperustan tarkoituksena on sitoa hankkeen kaikki maastomittaukset tasokoordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Mittausperusta tuotetaan viimeistään siinä vaiheessa, kun suunnittelutyötä varten tarvitaan tarkkoja maastomalleja. (6, s. 8-9; 2.)

Mittausperustan on katettava koko hankealue. Mittausperustan lähtöpisteinä ovat E1–E3-luokan valtakunnalliset lähtöpisteet ja korkeuslähtöpisteinä valtakunnalliset I–III-luokan korkeuskiintopisteet. Mittausperusta rakennetaan hierarkkisesti kaksitasoiseksi, jolloin ylemmässä luokassa ovat 1–1,5 km etäisyydellä mitattavat peruspisteparit, ja alemmassa luokassa ovat 100–400 metrin etäisyydellä mitattavat käyttöpisteet. Näiden pisteiden korkeudet mitataan jono-vaaituksena. (6, s. 11; 2.)

Seuraavissa työvaiheissa voi tulla ongelmia mittausten tarkkuudessa ja homogeenisuudessa, jos mittausperustan pisteitä on tuhoutunut tai ne ovat epäluotettavia. Tämä voi johtaa töiden tai koko hankkeen viivästymiseen ja lisäkustannuksiin. Väyläviraston Mittausohjeen mukainen dokumentointi mittausperustatoimeksiannon aikana on erittäin tärkeää. Sen avulla voidaan tarkistaa mittausperustan käytettävyyttä hankkeen eri vaiheissa. Dokumentaatio sisältää mittausraportin, pistekortit ja havaintotiedostot. Mittausaineisto luovutetaan numerisessa muodossa. Mittausperustan tarkastaminen eroaa muiden toimeksiantojen tarkastamisesta, sillä valtaosa siitä tapahtuu tutkimalla dokumentteja ja laskentojen oikeellisuutta paikkatieto-ohjelmistojen käytön sijaan. (2; 11.)

2.3.2 Maastomallit

Maastomalli kuvaa maanpinnan kolmiulotteista muotoa ja rakenteita digitaalisesti. Se koostuu taiteviivoista ja pisteistä sekä niihin liittyvistä ominaisuustiedoista. Maastomallia mitattaessa kerätään tietoa maanpinnan ja kalliopinnan lisäksi maastossa olevista kohteista kuten rakennuksista, teistä, merkittävistä kivistä, ojista ja silloista. Maastomalli muodostetaan kolmioverkkomallina maanpinnan hajapisteistä ja taiteviivoista (kuva 3). Kartoituskohdeiden muotojen on kuvauduttava kolmioverkossa oikein. Tämän vuoksi kolmioinnin ominaispiirteet on huomioitava jo maastomittauksissa esim. teiden liittymiin mitattavilla valereunoilla. (6, s. 9, 20.)



Kuva 3. Maastomalli antaa suunnittelijoille merkityksellistä tietoa junaradan ja sen ympäristön lähtötilanteesta. Raiteen keskellä näkyvä punainen piste osoittaa raiteen keskilinjan sijainnin rummun yläpuolella. Malli on kolmioitu, mikä näkyy kolmion muotoisina harmaina viivoina. (8.)

Maastomallin tuottamiseen voidaan käyttää erilaisia laserkeilausmenetelmiä, fotogrammetrista mittausa tai maastokartoituksia Väyläviraston Mittausohjeen sallimilla tavoilla hanke- ja kohdekohtaisesti. Maastokartoituksia tehdään pääasiassa takymetrimittauksena tai reaaliaikaisena GNSS-mittauksena. Mittausohjeen mukaan ilmakuvaus ja laserkeilaus tulisi tehdä lehdettömään vuodenaikaan kuten alkukeväällä. Maastomallin tekoprosessissa voidaan käyttää ortokuvaa havainnollistavana apuna. (6, s. 21; 3.)

Maastomalleja käytetään hankkeiden suunnittelussa. Maastomallien tavoitteena on antaa suunnittelijoille heidän tarvitsemansa tiedot hankealueen lähtötilanteesta jo alkuvaiheen suunnittelua varten. Tämän vuoksi mittausten tarkkuus ja maastomallin vastaavuus suunnittelu-ympäristöön on tärkeää. (4, s. 250-251; 3.)

2.3.3 Raide- ja ratalaitekartoitukset

Raide- ja ratalaitekartoituksia tehdään maastomittauksena. Ne voidaan myös liittää osaksi maastomallia. Kartoitusten tarkoituksena on tuottaa lähtötiedot radan geometrian määrittämiseen. Raide- ja ratalaitekartoituksissa on huomioitava monia raiteen erityispiirteisiin liittyviä asioita, kuten raiteen kallistus, omat tarkkuusvaatimukset, mittausolosuhteet ja työturvallisuusasiat. Mittauksissa käytetään Väyläviraston Mittausohjeen mukaisia menetelmiä, kuten takymetriä, kulmarautaa, raiteenmittausvaunua tai -sapluunaa. Raide- ja ratalaitekartoituksissa kartoitetaan mm. rata-alueen ratalaitteet (kuva 4), raiteen keskilinja, tasoristeykset, pylväät ja lähistöllä sijaitsevat rummut. (3; 11; 6, liite 1.)

Laadunvarmistusmittausten tekeminen korostuu toimeksiannolla sen erityispiirteiden takia. Työmaapäiväkirjaan kirjataan keliolosuhteet, mittauskalusto ja mitausten tekijät. (6, s. 26.)



Kuva 4. Kartoitettuja raide- ja ratalaitteita, kuten vaihteen etujatkos (punainen kolmio), vaihteen takajatkos (sininen kolmio), tankokuoppa (oranssi neliö) ja vaihteen lämmittimen kytkinrasia (8).

Raide- ja rataaitekartoitusten aineistosta tarkastellaan ilmakuvien avulla, onko kaikki ratalaitteet kartoitettu ja onko niiden kooditus oikein. Suunnittelijan on saatava tarvitsemansa informaatio aineiston avulla esimerkiksi radan perusrannushanketta varten radalla ja sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevista elementeistä. (11.)

3 Ohjeistuksen tarve

Vakioitu tarkastusprosessi ja selkeät ohjeet tarkastustyön tekemiselle ovat edellytys tarkastajien yhtenäiselle työskentelytavalle. Mittaustiimin tarpeita palveleva tarkastusohje kertoo työntekijöille esimerkiksi seuraavat asiat:

- tarkastuksen laajuuden
- laatuvaatimukset
- mistä asioista tai puutteista palveluntuottajille annetaan palautetta
- missä järjestyksessä aineistoa tarkastetaan
- mitkä asiat tulee erityisesti huomioida kullakin toimeksiannolla
- milloin aineisto on hyväksytysti luovutettu.

3.1 Taustaa

Tilaaajan konsultti tarkastaa palveluntuottajan luovuttamat dokumentit ja aineistot. Mittauspalveluita tuottavien yritysten toimittamien aineistojen laadussa on havaittu olevan huomattavaa hajontaa.

Vastuu aineiston oikeellisuudesta ja laadusta on palveluntuottajalla. Palveluntuottaja on velvoitettu noudattamaan Konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja KSE 2013. Sopimusehdoissa määritellään mm. palveluntuottajan (lainauksessa konsultin) vastuun kesto.

Konsultin vastuu päättyy kahden vuoden kuluttua hänen suorittamansa tehtävän perusteella suunniteltavan kohteen vastaanottamisesta. Jos suunniteltavaa kohdetta ei ole, konsultin vastuu päättyy kahden vuoden kuluttua tilaaajan ja konsultin välisen toimeksiannon mukaisen aineiston luovuttamisesta. Mikäli suunnitelmaa ei välittömästi toteuteta, tai tilaaja keskeyttää suunnitellun kohteen rakentamisen, vastuu on voimassa enintään viisi (5) vuotta tilaaajan ja konsultin välisen toimeksiannon mukaisen aineiston luovuttamisesta. (12, s. 4.)

3.2 Tavoite

Yhtenäisellä ohjeistuksella tavoitellaan laadukasta ja yhteistyössä suunniteltua tarkastusta. Vakioitu prosessi varmistaa jokaisen tärkeän vaiheen ja yksityiskohdan huomioimisen. Opastava vastaanotto prosessi auttaa palveluntuottajia kehittämään aineistojaan homogeenisemmiksi. Jokaiselle palveluntuottajalle tarjotaan samanlainen, tasa-arvoinen tarkastusprosessi. Tarkastusprosessin tarkoituksena on kehittää myös palveluntuottajien osaamista. Laadun kehittymisen myötä tilaaja saa suunnitteluun tasalaatuisempaa ja luotettavampaa aineistoa.

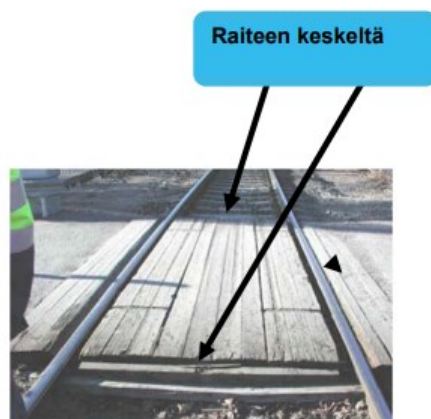
Tiimissä on tunnistettu tarve tarkastusprosessin osittaiselle automatisoinnille. Tiettyjen vaiheiden automatisointi tehostaisi tarkastusta ja parantaisi luottamusta siihen, että kaikki hankkeen kannalta merkitykselliset puutteet ja virheet huomataan tarkastuksen yhteydessä. (3; 11.)

3.3 Väyläviraston ohjeet

Väyläviraston tie- ja ratahankkeiden mittaus-toimeksiannoissa palveluntuottajat ovat veloitettuja noudattamaan Väyläviraston ohjetta Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017. Päivitetty ohje on ollut voimassa 5.4.2017 alkaen toistaiseksi. Mittausohje sisältää yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi seuraavista mittauksiin liittyvistä asioista:

- mittauksissa sallitut menetelmät ja välineet
- aineiston tuottaminen, dokumentointi ja raportointi
- eri toimeksiantojen koodiluettelot (kuva 5)
- laatu- ja tarkkuusvaatimukset
- raporttipohjat, maastomallin tarkastuslista ja malliesimerkit. (6.)

Koodi 2814
Raiteen keskilinja tasoristeyksen kohdalta



Kartoitettavat pisteet:

Raiteen keskilinja tasoristeyksen päistä hajapisteenä tarkalleen keskilinjalta. Korkeus RATOn kohdan 2.2 mukaisesti. Kartoitustarkkuutena käytetään radan rakenteiden mukaista tarkkuutta.

Kuva 5. Mittausohjeen liitteessä 1 on Tarkan maastomallin koodiluettelo, jossa annetaan yksityiskohtaiset ohjeet eri kohteiden kartoitukselle (6, liite 1).

Ohjetta noudattamalla aineistojen laatu on Väyläviraston laatimien standardien mukainen. Ohjeesta voidaan poiketa tilaajan suostumuksella erikseen määriteltävissä yksittäistapauksissa. (2.) Mittausohje olisi kuitenkin päivityksen tarpeessa mm. mittausteknologian kehittymisen vuoksi (11).

Kuvassa 5 viitataan RATO:on, joka kuuluu Väyläviraston ohjeisiin Ratatekniset ohjeet (RATO) 17, 10/2023. Ohjetta noudatetaan rataympäristön hankkeissa, ja se sisältää tietoa mm. radan merkeistä ja merkinnöistä, ratalaitteiden asentamisesta ja mittauspisteistä sekä erilaisten laitteiden teknisistä vaatimuksista (13).

3.4 3D-Win-ohjelmiston käyttö

3D-Win on Novatron Oy:n omistama suomalainen mittauksen, paikkatiedon, karttojen ja suunnittelun ohjelmisto, joka on tarkoitettu ammattilaiskäyttöön. Ohjelmalla voidaan tuottaa, käsitellä ja editoida maastomittauksen aineistoa.

Welado Oy:llä 3D-Winiä käytetään yleensä palveluntuottajan toimittamien maastomittausaineistojen tarkastuksessa. Ohjelmistoa käytetään myös esim. hankkeiden yksityiskohtaisiin maastotietoihin perehtymisessä, mikäli alueelta on jo olemassa ortokuvia tai maastomalli. (14; 3.)

3D-Win on selkeä, tarkka ja käyttöominaisuuksiltaan toimiva ohjelma maastomittausaineistojen tarkastukseen, minkä vuoksi ohjelma on tärkeä tarkastustyökalu. Ohjelmasta saa tulostettua erilaisia tarkastusraportteja, kuten Tiedoston tarkistus -raportin, josta näkee aineistosta löytyvät poikkeamat ja virheet. Raportit ovat kuitenkin melko yleispiirteisiä, ja manuaalista tarkastustyötä on paljon. Erilaisia elementtejä ja aineiston oikeellisuutta on mahdollista tarkastella manuaalisesti myös kolmiulotteisena, jolloin esimerkiksi poikkeamat koroissa on helpompi huomata. Ohjelmalla voi tehdä myös geodeettisia laskentoja. 3D-Winin käytöstä tarkastustyössä kerrotaan lisää luvussa 4.2. (3; 11.)

3.5 FME-ohjelmiston käyttöönotto

Feature Manipulation Engine (FME) on geospaatialinen paikkatiedon ja organisoitun datan ohjelmisto, jonka on kehittänyt kanadalainen yhtiö Safe Software (15). Welado Oy:llä testataan, miten FME voisi palvella ja automatisoida tarkastustoimintaa. Ohjelmistoon rakennetulla prosessilla on mahdollista tarkastaa aineiston teknistä oikeellisuutta, kuten epäloogisuuksia ja epätäydellisyyksiä. FME:llä pystytään tarkastamaan jossain määrin eri asioita kuin 3D-Winillä. Tarkastusten tarkkuustaso voi myös olla parempi. Taulukossa 1 kuvataan esimerkkejä ohjelmistojen ominaisuuksien eroista ja samankaltaisuuksista mittausaineistojen tarkastuksen näkökulmasta. (16.)

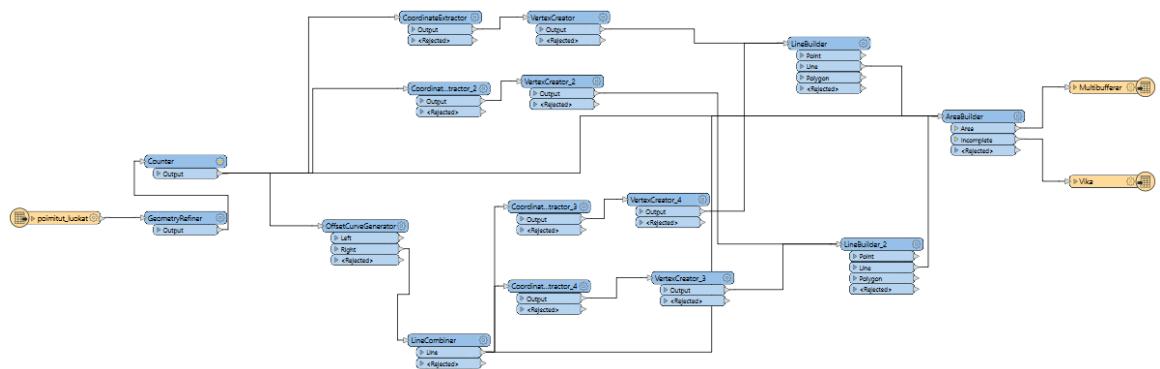
FME-ohjelman on tarkoitus toimia mittausaineistojen esitarkastuksessa, jolloin aineiston suurimmat puutteet ilmenisivät tietyillä osa-alueilla. Aineiston puutteita voi jäädä huomaamatta tarkastuksen perustuessa suurelta osin vielä ihmisen näköaistiin. Tarkastettava maastomalli saattaa olla kymmeniä kilometrejä pitkä, mikä lisää todennäköisyyttä sille, että joitakin yksityiskohtia jää huomaamatta.

Selvitysten mukaan ohjelma tarkastaa aineistosta asioita, joiden oikeellisuutta tarkastaja ei aina huomaa manuaalisesti. (16.)

Taulukko 1. Tarkastuskohteita 3D-Win- ja FME-ohjelmissa (16).

Teema	Kohde	3D-Win	FME
Tekninen oikeellisuus	Koodit	x	x
	Koodien lisämääreet (esim. vaihteiden vaihdetunnukset, sähkörata-pylvään tunnukset)		x
	Kolmion sivut	x	x
	Kolmion sivut: pistetiheys (maks. pisteväli 10 m)		x
	Topologia: kohteen pistemäisyys, viivamaisuus ja 3D-viivat	x	x
	Viivojen leikkaus	x	x
Looginen tarkastelu	Viivan solmupisteiden väliset etäisyydet	x	x
	Maks. pistevälin sallittu ylittyminen (10–11 m pistevälejä saa olla enintään 10 %)		x
	Viivanumerot		x
	Pistenumerot	x	x
	Duplikaattipisteet	x	x
	Pisteiden välinen etäisyys	x	x
Looginen tarkastelu	Siltakohteet, yhdistyvätkö maaston taiteviivat siltakannen alla		x
	Tasoristeyskohteet		x
	Vaihteet		x
	Viivan kaltevuuden tarkastelu		x
Looginen tarkastelu	Luiskien suunnat: ovatko ylä- ja alareunat oikein päin		x

Esitarkastuksen lopputuloksena on tarkoitus tuottaa paikkatieto-ohjelmalla luettava Geonic-formaatissa oleva tiedosto, jossa on huomioita kommentoitavista kohteista. Geonic-formaatti sisältää koodattuja pisteitä, ja Geonic-aineistolla kuvataan pinnan hajapisteitä ja taiteviivoja tunnetulla nimikkeistöllä (17, s. 16). Tiedosto on tarkoitus lähettää palveluntuottajalle, joka tekee tarvittavat muutokset toimittamaansa aineistoon. Kommentoitu kohde näkyy täsmällisesti oikealla sijainnillaan palveluntuottajalle palautetussa aineistossa. (16.)



Kuva 6. FME-ohjelmistoon rakennetaan oma prosessi aineiston esitarkastuksen käyttöön (16).

FME-ohjelmisto on ollut koekäytössä raide- ja ratalaitekartoitushankkeilla sekä maastomallihankkeilla. Erilaisille toimeksiannoille rakennetaan kuvassa 6 esitetyt omanlaisensa prosessit ohjelmistoon. Tarkastusrutiineja voidaan myös lisätä ohjelmaan joustavasti tarpeen mukaan. Jos aineistossa esimerkiksi esiintyy tietynlaisia puutetta, sitä varten voidaan mahdollisesti rakentaa oma rutiini. FME-ohjelman käytön voidaan ajatella helpottavan tarkastustyötä huomattavasti sekä parantavan tarkastustulosten luotettavuutta. FME otetaan Mittaus & teknologiat -tiimissä esitarkastuskäyttöön keväällä 2024.

4 Tarkastusprosessin luomisen taustatiedot

4.1 Haastattelut

Lähtötilanteen ja mielipiteiden kartoittamiseksi Mittaus & teknologiat -tiimin jäsenten kanssa keskusteltiin ja heitä haastateltiin. Haastateltuja henkilöitä oli yhteensä seitsemän. Haastateltujen joukossa on projektipäälliköitä, mittausasiantuntijoita ja projekti-insinöörejä. Haastattelut toteutettiin heinä-syyskuussa 2023 yksitellen joko Welado Oy:n toimistolla Helsingissä tai Teams-palaverissa. Haastattelukysymykset ovat liitteessä 1. Haastatteluiden vastaukset ovat laajempina, yhteen koostettuna aineistona liitteessä 2.

Haastatteluissa nousi esiin keskenään samankaltaisia pulmia, joita tarkastustyössä on kohdattu. Osa aineistoista on lähes täydellisiä, kun taas osa on huonosti tehty. Aineistojen keskinäinen epätasalaatuisuus, virheellinen kooditus, aineistosta puuttuvat kohteet ja puutteellinen raportointi olivat yleisimpiä epäkohtia. Dokumentaation ollessa puutteellista ei välttämättä voida tietää, miten laskelmiin ja lopputulokseen on päästy. Tämä vaikuttaa aineiston luotettavuuteen ja arvioitavuuteen, eikä aineistoa välttämättä pystytä tästä syystä käyttämään hankkeen elinkaaren myöhemmissä vaiheissa. Dokumentaation sisältö ja mitausten tarkistettavuus nousevat suureen arvoon etenkin silloin, jos työmaalla ilmenee myöhemmin jotakin poikkeavaa. (2; 11.)

Tarkastusprosessissa varmistetaan aineiston perusasiat, teknillinen oikeellisuus sekä hankkeen kannalta merkitykselliset yksityiskohtaisemmatkin asiat. Haastattelut toivat yksimielisesti esiin, että yhteiset toimintatavat ja tarkastuksen osittainen automatisointi parantaisivat työvaiheen tekemistä. Myös kontrollimitausten ja maastokäyntien lisääminen voisivat tuoda lisää varmuutta aineistojen luotettavuuteen. Haastatteluissa toistui myös huomio siitä, että muutaman viime vuoden aikana palveluntuottajien aineiston laadun taso on jo noussut ja kehittynyt. Tähän vaikuttaneita tekijöitä ovat esim. työn ohjauksen, tarkastusten ja valvonnan lisääminen. Tarkastusprosessia ja prosessin ympärillä olevia asioita alettiin pohtimaan ja työstämään vastausten pohjalta. (11.)

4.2 Työpajat

Tarkastusprosessin suunnittelua varten järjestettiin ensimmäinen työpaja 15.9.2023, johon Mittaus & teknologiat -tiimin jäsenet kutsuttiin. Työpajaan osallistuttiin Welado Oy:n toimistolla tai etäyhteydellä. Osallistujia oli seitsemän. Työpajaa varten oli valmisteltu erilaisten toimeksiantojen tarkastukselle prosessikaaviot. Työpajassa perehdyttiin tarkastusprosesseihin ja kommentoitiin niiden erityispiirteitä. Palaverissa mietittiin yhdessä suuntaviivoja tarkastukselle. Prosessikaavioita kehitettiin kommenttien pohjalta. Kaaviot esitellään liikesalaisuuden säilyttämiseksi yksinkertaistettuina versioina insinööriyön luvussa 5. Työpajassa keskusteltiin myös haastatteluissa nousseista asioista, kuten tarkastustyön huomioista ja kehitysehdotuksista. Tarkastustyön osittaisen automatisoinnin mahdollisuuksia ja tärkeyttä pohdittiin. FME-ohjelmistolla tehtävää esitarkastusta havainnollistettiin työpajassa.

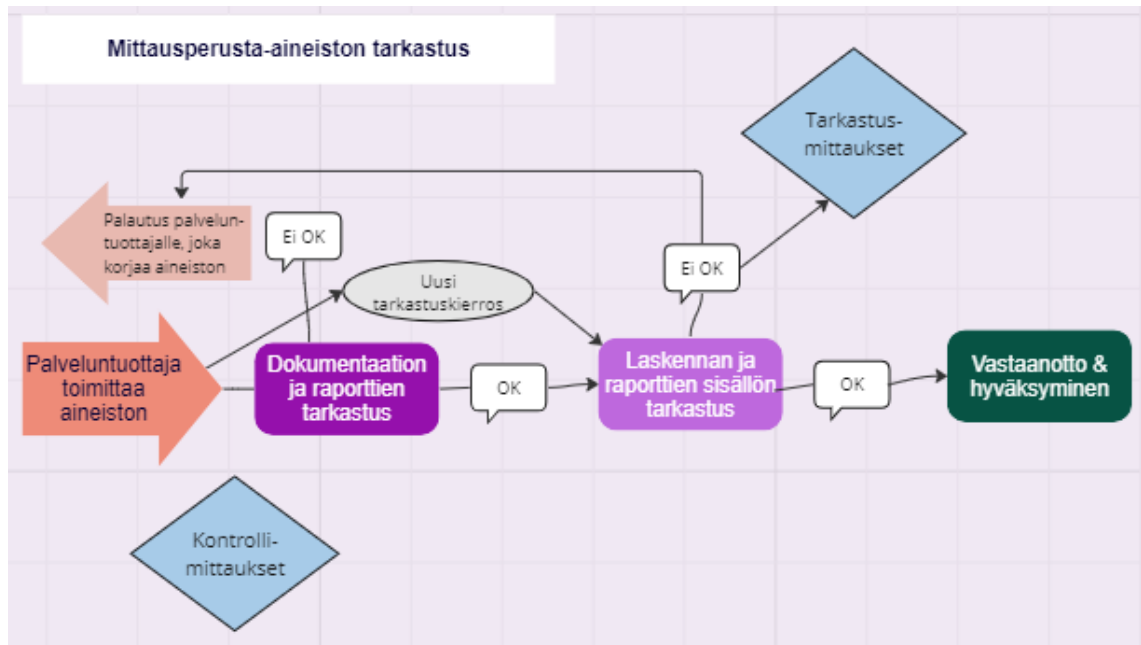
Toinen tiimin työpaja pidettiin 21.11.2023 insinööriyön yhteydessä tehdyistä tarkastusohjeista ja aiemmin tehdystä sisäisestä Maastomittausten vastaanoton tarkastuslistasta. Tarkastusohjetta ja tarkastuslistaa esitellään luvussa 5. Työpajassa keskusteltiin mm. siitä, millaiset dokumentit palvelisivat tarkastustyötä sen eri vaiheissa parhaiten ja kuinka suuri merkitys hankkeen alussa tehtävänmäärittelyyn kirjatuilla asioilla on. Ne määrittävät osaltaan palveluntuottajan toimittaman lopputuotteen laatua. Yksityiskohtaisesti kirjoitetulla tehtävänmäärittelyllä voidaan yrittää ennaltaehkäistä väärinkäytöksiä, kuten konsultin käyttämistä tarkastuselimenä ilman omaa editointitarkastusta ennen aineistonluovutusta. Työpajoissa ja haastatteluissa saatiin kerättyä tärkeää tietoa tarkastusten haasteista, toimintatavoista ja kehitysideoista.

5 Tarkastuskäytäntöjen toteutus

5.1 Mittausperusta-aineiston tarkastus

Mittausperusta-aineiston tarkastus eroaa muiden toimeksiantojen tarkastuksesta. Aineistoa tarkastetaan suurimmaksi osaksi manuaalisesti kuvassa 7 esitetyn järjestyksen mukaisesti. Mittausperustaa tarkastaessa arvioidaan käytettyjen lähtöpisteiden luotettavuutta sekä tutkitaan mittausperustan verkkojen rakennetta ja laskennan tuloksia (6, s. 17). Opinnäytetyön yhteydessä tehty 21-sivuinen Maastomittausaineistojen tarkastusohje on tämän insinööriyön salatuna liitteenä. Ohjeeseen työstettiin omat tarkastusprosessit eri mittaus-toimeksiantoille.

FME-ohjelmistolla tehtävää esitarkastusta ei sovelleta mittausperustatoimeksiantoihin. Myös paikkatieto-ohjelmaa, kuten 3D-Winiä, käytetään tarkastuksessa vähemmän, sillä palveluntuottaja toimittaa paikkatieto-ohjelmilla luettavana tiedostona ainoastaan mittausperustan pisteiden koordinaatit.



Kuva 7. Mittausperustan tarkastus prosessikaaviona esitettynä.

Mittausperustatoimeksiannon kilpailutuksen yhteydessä hankkeelle laaditaan tehtävänmäärittely, jossa annetaan reunaehdot toimeksiannon täyttämiseksi. Siinä ohjeistetaan tarkasti muun muassa, mitä tilataan, millä laitteistolla saa mitata, mitkä ovat hankkeen välitavoitteet ja milloin aineisto on hyväksytysti luovutettu. Tehtävänmäärittelyn tulee olla selkeä ja aukoton, jotta tulkinnanvaraa jäisi mahdollisimman vähän. palveluntuottaja toimittaa Väyläviraston Mittausohjeen mukaisen mittaus suunnitelman, jonka sisällöstä varmistetaan, että palveluntuottaja on ymmärtänyt tehtävänmäärittelyn. Mittaus suunnitelman tulee sisältää esimerkiksi lähtöpistetiedot, mittausten ja havaintojen suoritustapa, laskentamenetelmä sekä suunnitelmakartta numeerisessa muodossa. Mittaus suunnitelman hyväksymisen jälkeen annetaan lupa maastotöiden aloittamiselle. (3; 11; 6, liite 6.1.)

Mittausperustan mittauksista toimitetaan laskentaraaportteja ja muita dokumentteja, jotka ovat suuressa roolissa tarkastusta tehdessä. Laskentaraaportti on mittalaitteen järjestelmästä tulostettava raaportti. Laskentaraaportteja tulee tarkastella jo toimeksiannon suorittamisen aikana tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi. Mikäli mittausten laskennasta löytyy poikkeavuuksia, virhelähteen löytämiseksi voidaan joutua tekemään syvällisempää tutkimusta. Mittausaineistoon kuuluvat myös mittausraaportti, pistekortit ja havaintotiedostot. Mittausraaportin on sisällettävä Väyläviraston Mittausohjeen mukaisesti mm. mitattujen pisteiden koordinaatit, mittausten suoritustavat sekä verkkopiirroskartat (kuva 8). Kaikista mitatuista pisteistä on laadittava Mittausohjeen liitteen 5 mukaiset pistekortit. Mittaus havainnot ja mittausten pöytäkirjat luovutetaan tilaajalle numeerisessa muodossa. (11; 2; 6, liite 6.3.)

6. & 7. Peruspiste- ja käyttöpistemittauksen mittausraportti	Mittausraportin on vastattava dokumentaatiota	
Lähtöpisteet ja pistekortit	<ul style="list-style-type: none"> • ovatko lähtöpisteet vaatimusten mukaiset • ovatko pistekortit Lo 18/2017 liitteen 5 Pistekorttimalli, mukaiset 	
Mittausten suoritustapa ja kalusto	<ul style="list-style-type: none"> • onko tehty ohjeen mukaan • mittausten tarkkuus • miten on mitattu 	
Tasointilaskennan tulokset	<ul style="list-style-type: none"> • analysointi • pistekohtaiset tarkkuusluvut 	
Mittausten sulkuvirheet	<ul style="list-style-type: none"> • virheiden suuruudet • vapaat ja kiinteät (tasoitettut) • ei saa ylittää tehtävämäärittelyn ja noudatettavien ohjeiden rajoja 	

Kuva 8. Ote mittausperustatoimeksiannon tarkastusohjeesta.

Dokumentaation sisältö tulee lukea huolellisesti läpi ja kiinnittää huomiota mm. siihen, miten vaaitus, mittaukset ja laskenta on tehty. Laskennan täytyy olla toistettavissa ja varmennettavissa dokumenttien avulla. Loppudokumentaation saapuessa palveluntuottajalta tarkastetaan vielä aineisto virheiden varalta ja analysoidaan, vastaavatko dokumentit mittausten aikaista dokumentaatiota. Jos laskennassa tai raporteissa havaitaan puutteita tai virheitä, palveluntuottajan tulee vastata kommentteihin ja kysymyksiin aineistosta ja mahdollisesti tehdä korjauksia toimenpiteitä.

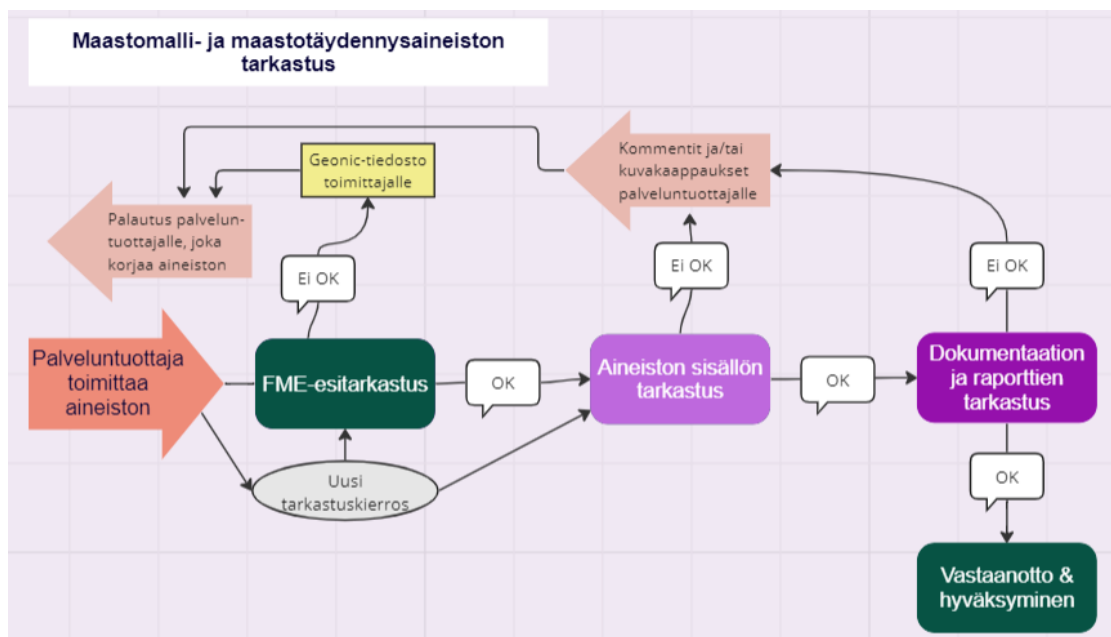
Toimeksiannolla voidaan toteuttaa tilaajan puolelta tarkastusmittauksia maastossa, mikäli aineistossa vaikuttaa olevan puutteita tai epäluotettavuutta. Jo hankkeen aikana on mahdollista tehdä myös satunnaisia kontrollimittauksia laskentatulosten, mittausten ja mittausperustaan rakennettujen pisteiden oikeellisuuden varmistamiseksi. (2; 11.)

5.2 Maastomalli- ja maastotäydennysaineiston tarkastus

Maastomalli- ja maastotäydennysaineistojen tarkastusohjetta laadittaessa tarkastettiin maastomalliaineistoja. Ensin maastomallin sisältö on hahmotettava yleispiirteisesti, ennen kuin siihen perehdytään syvällisemmin. Palveluntuottajan toimittama maastomalli ja maastotäydennysaineisto tarkastetaan nykyisin

manuaalisesti 3D-Winillä. Aineistoa tarkastetaan kuvan 9 prosessikaavion mukaisessa järjestyksessä. Prosessikaaviossa mainittu FME-ohjelmiston esitarkastus mahdollistuu tiimiläisille myöhemmin. (11; 3.)

Tehtävämäärittelyn täsmällisyys on tärkeää myös maastomallitoimeksiannolla. Palveluntuottaja laatii mittaus- ja laatusuunnitelman mukailleen tehtävämäärittelyä ja tilausta. (3.) Mittaussuunnitelmassa on oltava Mittausohjeessa mainitut asiat, kuten aluerajaus, mittausmenetelmä sekä toimeksiannolla työskentelevä henkilöstö (6, liite 6.2).

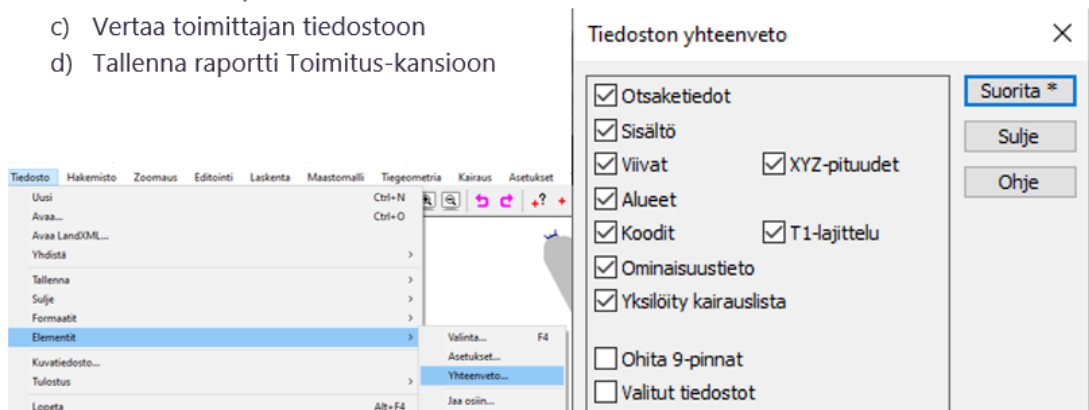


Kuva 9. Maastomallin ja maastotäydennysten tarkastusprosessi etenee askel askeleelta sitä mukaa kun aineiston sisältö täyttää vaatimukset.

Palveluntuottajat toimittavat tilaajalle toimeksiannolla tuotettua aineistoa välitavoitteiden mukaan eli usein jo hankkeen aikana. Aineiston sisältö ja laatu tarkastetaan paikkatieto-ohjelmalla mahdollisimman pian sen saavuttua. Mikäli aineistosta esimerkiksi puuttuu toistuvasti jokin elementti, kooditus ei ole oikein tai aluerajaus ei täyty, aineistoa ei tarkasteta loppuun asti. Tällöin palveluntuottajalle toimitetaan ennen yksityiskohtaisempaa tarkastelua sähköpostitse Word-tiedosto, jossa on kuvakaappauksia ja kommentteja huomatuista puutteista ja virheistä. (11.)

Maastomittausaineistojen tarkastusohjeen työstön yhteydessä sisäistä maastomallin tarkastukseen tehtyä 3D-Win-käyttöohjetta jatkokehitetiin ja tarkennettiin. Kehittelyn tuloksena tarkastusohjeeseen liitetystä 3D-Win-osiossa neuvotaan, missä järjestyksessä tarkasteltavia asioita kannattaa ohjelmalla tarkastaa ja millaisilla asetuksilla listauksia ajetaan. Maastomallitiedostosta tulostetaan 3D-Winillä raportteja, joista näkee mahdolliset virhelähteet. 3D-Win-osiossa kerrotaan myös yksityiskohtaisemmin, mihin asioihin tarkastelussa on kiinnitettävä huomiota. Prosessin vaiheet osoitetaan kuvan 10 mukaisesti tekstein ja kuva-kaappauksin. (3; 11.)

- 1) Aja "Tiedoston yhteenveto" maastomallin elementeistä
 - a) Suorita
 - b) Katso tiedot läpi, onko tärkeät koodit kuten rummut mukana. Ovatko koodit Väylän ohjeen mukaiset vai onko käytetty omia koodeja? (Lo 18/2017, liite 1, koodiluettelo)
 - c) Vertaa toimittajan tiedostoon
 - d) Tallenna raportti Toimitus-kansioon



Kuva 10. Ote Welado Oy:n sisäisestä 3D-Win-käyttöohjeesta, joka on osa salatua liitettä.

Maastomallia tarkastellaan ja pyöritellään 3D-näkymässä esimerkiksi maaston korkoheittelyiden huomaamiseksi. Mallille suoritetaan kolmiointi ja se selataan läpi kolmiointivirheiden varalta. Kolmiointi saattaa epäonnistua, jos esimerkiksi pintakoodauksessa on virheitä. Kolmiointin jälkeen voidaan suorittaa korkeuskäyrien ajo. Näiden vaiheiden jälkeen tutkitaan tarkemmin kohteiden tietoja, kuten ovatko koodit oikein. Tarkastusohje (kuva 11) neuvoo kiinnittämään huomiota siihen, puuttuuko mallista toimeksiannon kannalta merkityksellisiä kohteita. (3; 11.)

8. Avokallio ja kallioleikkaukset	<ul style="list-style-type: none"> • Rajautuuko avokallio oikein, onko yhtenäinen? • Mallintuuko oikein, jos kallioleikkausten yläreunat on mitattu? • Onko kallioalueilla punaiset hajapistee? 	
9. Rakennukset	<ul style="list-style-type: none"> • Onko mallinnettu oikein lidarista räystäineen? 	
10. Huomattavat puut ja kivet (yli 1 m ³)	<ul style="list-style-type: none"> • Onko kartoitettu? Etenkin merkityksellisissä paikoissa 	
11. Rummun päiden yhdistäminen	<ul style="list-style-type: none"> • jos toista päätä ei ole löytynyt, onko nollakorossa (Z) • onko kartoittamaton rumpu, jos ojanpohja päättyy 	

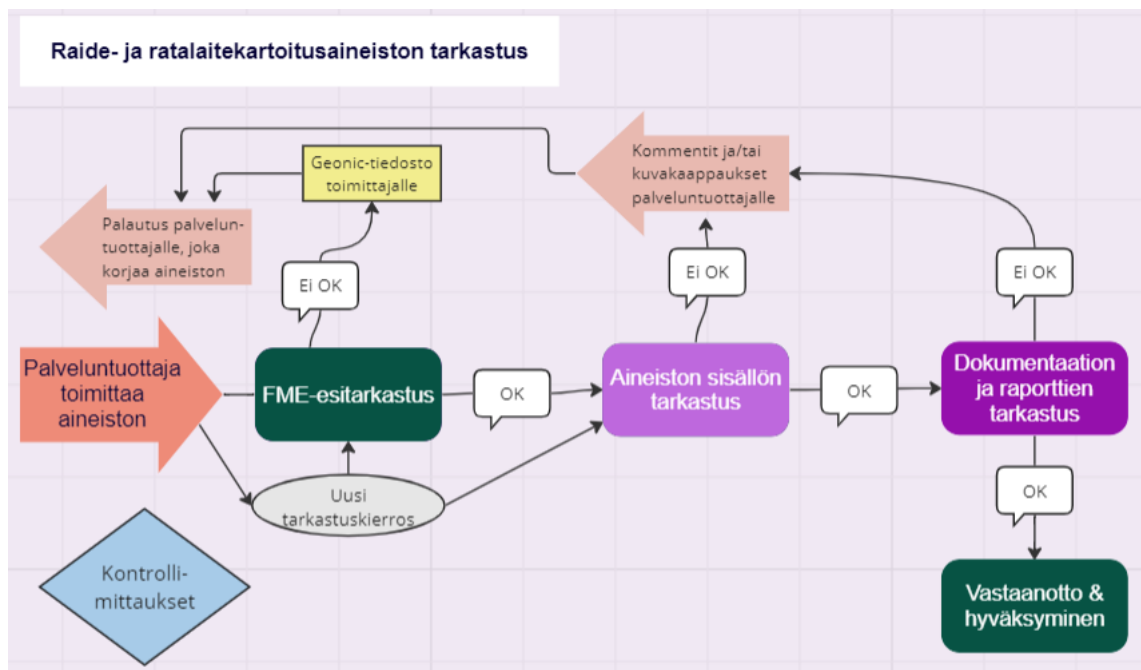
Kuva 11. Ote Maastomalliaineiston tarkastusohjeesta Tarkastuksen ajo -osista.

Raportointia toimeksiannon etenemisestä tehdään sovitun mukaisesti. Hankkeen loppuvaiheessa muun aineiston luovutuksen yhteydessä toimitetaan mittausraportti, mittaustiedostot, itselleluovutusdokumentti ja turvallisuusraportti, jotka luetaan huolellisesti tarkastuksessa (6, liite 6).

Mittausraportin laatimisessa noudatetaan Väyläviraston Mittausohjeen linjauksia raportin sisällöstä. Siihen kuuluvat mm. mittausten pöytäkirjat poikkeamiseen, mittausmenetelmät, mittausten tekijät ja mittauskalustoon liittyvät asiat (6, liite 6). Eri mittausmenetelmillä tuotetut aineistot luovutetaan omina mittaustiedostoinaan. Jokaisen toimeksiannon lopussa palveluntuottaja laatii itselleluovutusdokumentin. Sen tarkoituksena on osoittaa, että palveluntuottaja on itse tarkastanut aineistonsa vaaditussa laajuudessa ennen tilaajalle luovutusta. Haastatteluiden mukaan perusteellisen itselleluovutuksen tärkeyttä ei ole aina ymmärretty. Toimeksiannolle voidaan suorittaa vastaanotto ja allekirjoittaa hyväksymispäätös, kun maastomalliaineisto ja dokumentaatio ovat tilaajan sekä Väyläviraston Mittausohjeen vaatimusten mukaisia. (3; 11.)

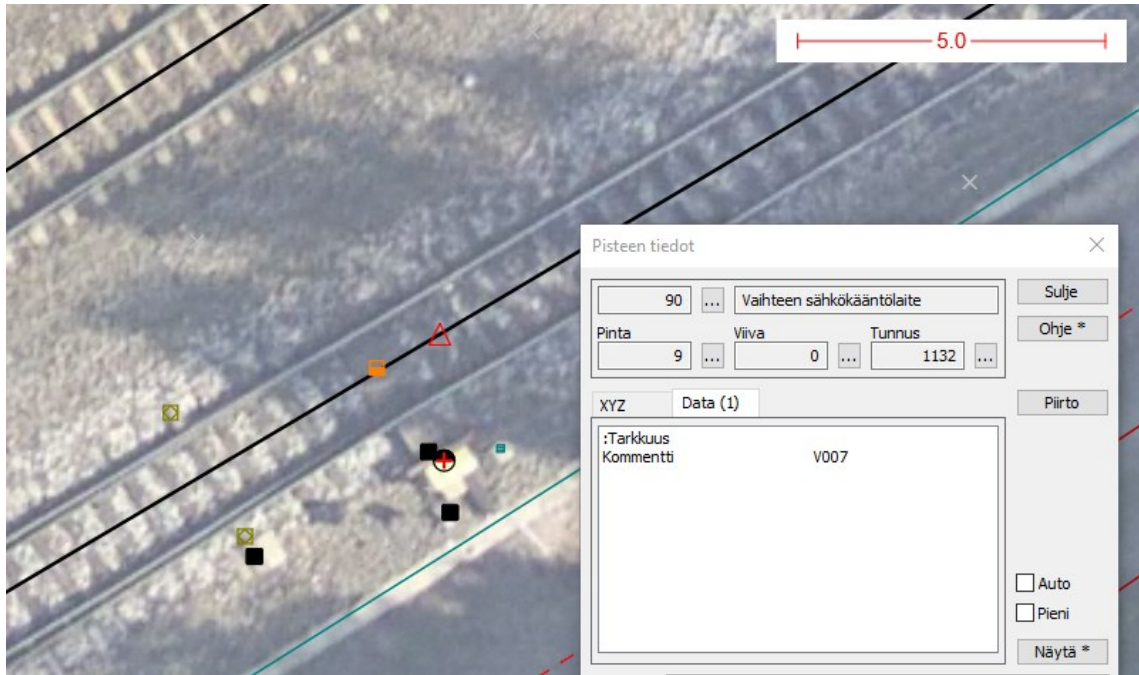
5.3 Raide- ja ratalaitekartoitusaineiston tarkastus

Raide- ja ratalaitekartoitus voi olla oma toimeksiantonsa tai sisältyä maastomallitoimeksiantoon. Tarkastusohjeessa se sisältyy maastomalliosioon. Toimeksianton aineistoa tarkastetaan hyvin samalla tavalla, ja samassa järjestyksessä kuin maastomalliaineistoa (kuva 12). Lisäksi raide- ja ratalaitekartoituksissa voi olla hyvä tehdä kontrollimittauksia maastossa laadun varmistamiseksi. (11.)



Kuva 12. Raide- ja ratalaitekartoitusaineiston tarkastusprosessi ei juurikaan eroa maastomalliaineiston tarkastuksesta.

Raide- ja ratalaitekartoitusten toimeksiannoissa tarkastetaan kokonaisvaltaisesti rata-alueella tehdyt kartoitukset, sekä mm. luiskat, pylväät, ojat ja tunneleiden suuaukot. Raide- ja ratalaitteiden oikea kooditus ja sijainti ovat hyvin tärkeässä asemassa (kuva 13). Niitä ei saa myöskään puuttua aineistosta. Esimerkiksi raitteen keskilinja, radan alittavat rummut, ratalaitteet, tasoristeykset ja sillat ovat myös suunnittelun kannalta tärkeitä kartoituskohteita. (3; 11.)



Kuva 13. Vaihteen etujatkos (punainen kolmio) sijaitsee radalla ennen vaihteen sähkökääntölaitetta (musta ympyrä) (8).

Rata-alueella on paljon erilaisia raide- ja ratalaitteita, ja niiden tyypistä, sijainnista ja tunnuksesta tarvitaan yksityiskohtaista tietoa. Toimeksiannon tarkkuusvaatimukset ovat muista mittauksista poikkeavat. Tarkastusohjeessa kerrotaan mm. aineiston tarkastukseen liittyvistä erityispiirteistä (kuva 14), joihin kiinnitetään huomiota.

Baliisit	<ul style="list-style-type: none"> ohjattu (744) ja ohjaamaton (745) onko mitattu levyn keskeltä 	
Vaihteen etu- (282) ja takajatkokset (283)	<ul style="list-style-type: none"> ovatko oikeilla paikoilla sijaitseeko etujatkos ennen vaihteenkääntölaitetta 	
Eristys (755)	<ul style="list-style-type: none"> onko mitattu eristyskotelon keskeltä 	

Kuva 14. Ote Raide- ja ratalaittekartoituksen tarkastusosiosta. Sulkujen sisälle merkityt numerot ovat Mittausohjeen mukaisia koodeja.

Raiteen kartoituksen mittausraportti sisältää mittauksen lähtötiedot, työmaapäiväkirjat sääoloineen, mittauskalustoineen ja mittaajineen sekä oman työn

tarkistuksen asiakirjat. Mittausraportin tulee olla tiedoiltaan riittävän kattava sekä todenmukainen, ja siinä on oltava kaikki toimeksiannolla tehdyt poikkeamat. (2.)

5.4 Maastomittausten vastaanoton tarkastuslista

Yhtenäisen tarkastusprosessin luomisessa käytettiin perustana tiimin sisäisiä keskusteluita, työpajoja ja Väyläviraston ohjetta – Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017. Welado Oy:n Mittaus & teknologiat -tiimillä on ollut käytössään aiemmin tehty yrityksen sisäinen Väyläviraston ohjeen mukainen Maastomittausten vastaanoton tarkastuslista, joka täytetään tarkastuksen yhteydessä ja lähetetään palveluntuottajalle. Tarkastuslistaa kehitettiin lisäämällä tärkeitä huomioitavia asioita ja tiivistämällä dokumenttia. Lisäksi sen käytettävyyttä parannettiin ja yksinkertaistettiin ottamalla käyttöön Wordin ominaisuuksia ja koodeja.

Tarkastuslistassa on omat osionsa eri mittaustoimeksiannoille, joihin kuuluvat mittausperusta, maastomalli, yleispiirteinen maastomalli, ortokuva ja pohjakartta. Welado Oy:n sisäisessä työpajassa listaan päätettiin lisätä omaksi osiokseen raide- ja ratalaitetekartoitukset. Toimeksiantojen sisältö tarkastuslistassa koostuu Väyläviraston Mittausohjeiden mukaisista sekä tarkastusten myötä tarpeelliseksi havaituista asioista. Tällaisia ovat esimerkiksi seuraavat:

- toimitettavien aineistojen ja raporttien sisältövaatimukset
- toteutettu mittaustapa
- editointitarkastukseen kuuluvat asiat
- tehdyt työvaiheet ja niihin liittyvät yksityiskohdat.

Listaan kirjataan, onko asia esimerkiksi toimitettu, onko se ”OK” tai liittyykö siihen mahdollisesti jonkinlaisia puutteita ja huomioita (kuva 15). Näin palveluntuottaja saa riittävän tarkat tiedot luovutusaineistonsa korjattavista kohdista.

4 Maastomalli

9. Maastomalli				Tarkastuskierros nro X.	
	Toimitettu	OK	EI OK	Huomiot	
Mittaussuunnitelma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	
10. Maastomallin tiedonkeruu				Ei kuulu toimeksiantoon <input type="checkbox"/>	
	Toimitettu	OK	EI OK	Huomiot	
ALS > 20 pst / m ²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	
MLS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	
TLS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	
Fotogrammetrinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	
UAS laserkeilaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	
UAS fotogrammetrinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valitse kohde.	

Kuva 15. Ote tarkastuslistan maastomalliosioista.

Työpajassa päätettiin tarkastuslistan valjastamisesta palveluntuottajan itselle luovutusdokumentiksi. Tarkastuslistan on tarkoitus toimia samalla muistilistana siitä, minkä asioiden on oltava kunnossa aineiston tullessa konsultille tarkastukseen. Palveluntuottaja täyttää tarkastuslistan, ja konsultti täyttää oman vastaavan listansa. Tämä vaihe voi auttaa parantamaan aineiston laatua, kun palveluntuottajalla on tilaajan laatuvaatimukset yksityiskohtaisesti selvillä.

5.5 Maastomittausaineistojen tarkastusohje

Tarkastuslistan rinnalla käytetään aiemmin mainittua tarkastusohjetta. Eri toimeksiantojen tarkastusprosessit sisältävät lähtötilanteen ja hankkeen aikaiset sekä lopullisen vastaanoton aikana tarkasteltavat asiat. Tarkastusohjeessa kerrotaan, miten tarkastustyössä kannattaa edetä kronologisessa järjestyksessä, mitä tarkastellaan ja mihin asioihin on tärkeintä kiinnittää huomiota (kuvat 8 ja 10). Ohjeeseen voi myös kirjoittaa aineiston sisällöstä esiin nousseita huomioita. Pääosin huomiot kirjataan kuitenkin edellä mainittuun tarkastuslistaan, joka lähetetään palveluntuottajalle täytettynä lopputarkastuksen yhteydessä.

Tarkastusohjeen sisältö koostuu Väyläviraston ohjeesta Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017, haastatteluvastauksista, sisäisistä keskusteluista ja tarkastustyössä tehdyistä havainnoista. Tarkastusohjeessa viitataan

usein Mittausohjeeseen ja kerrotaan, millä sivulla tai missä liitteessä on asiasta lisätietoa. Tarkastusohje soveltuu hyvin myös uuden työntekijän tarkastustyöoperehdytykseen, sillä ohjeen tarkoituksena on opastaa toimeksiannon tarkastuksen läpi vaihe kerrallaan.

Tarkastusohjeeseen lisättiin sisäinen 3D-Win-ohjelman käyttöohje maastomallin tarkastukseen (kuva 11). Ohjetta kehitettiin tarkentamalla ja täydentämällä sitä mm. opastavilla teksteillä sekä kuvakaappauksilla komennoista ja tarkastuskohteista. Ohjeessa opastetaan, missä järjestyksessä toiminnot kannattaa tehdä mahdollisimman kattavan tarkastuksen suorittamiseksi.

6 Yhteenveto

6.1 Tulokset

Insinööriyössä käsiteltiin erilaisia mittaus-toimeksiannoita ja sitä, kuinka toimeksiannoissa tuotettuja aineistoja tarkastetaan. Tavoitteena oli luoda insinööriyön toimeksiantajayrityksen Mittaus & teknologiat -tiimin tarpeisiin vakioituneet tarkastuskäytännöt mittausperusta-, maastomalli- ja maastotäydennys-, sekä raide- ja rataaitekartoitusten toimeksiannoille. Tarkoituksena oli yhtenäistää tarkastusprosesseja. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi laadittiin Mittaus-toimeksiantojen tarkastusohjeet, jotka ovat insinööriyön salattuna liitteenä. Ohjeen laatimisen yhteydessä tehtiin tarkastustyötä sekä perehdyttiin tarkastuksen prosesseihin. Lisäksi tiimiläisiä haastateltiin ja heille järjestettiin kaksi työpajaa.

Welado Oy:llä ei ollut aikaisempia ohjeita tarkastustyön prosesseista Maastomittaus-toimeksiantojen vastaanoton tarkastuslistan lisäksi. Insinööriyössä onnistuttiin laatimaan kronologisesti vaiheittain etenevät ohjeistukset kolmelle erilaiselle mittaus-toimeksiannolle. Tarkastusprosessi voidaan jatkossa toteuttaa tarkastusohjeen ja tarkastuslistan mukaan. Insinööriyön eri vaiheissa tarkasteltiin sisältöä Väyläviraston Mittausohjeen näkökulmasta, ja tätä ohjetta noudatetaan kyseisillä toimeksiannoilla. Työn sisältöä käytiin läpi ja siitä keskusteltiin insinööriyön ohjaajien kanssa. Jokaisella haastatellulla ja työpajoihin osallistuneella tiimiläisellä oli myös mahdollisuus vaikuttaa syntyneeseen prosessiin.

Insinööriyön yhteydessä työstetyt Maastomittausaineistojen tarkastusohje ja Maastomittaus-toimeksiantojen vastaanoton tarkastuslista auttavat selkiyttämään tarkastusprosessin kulkua. Dokumentteja voidaan käyttää tarkastustyön lisäksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Tarkastusohjetta ja vastaanoton tarkastuslistaa tullaan päivittämään edelleen Mittaus & teknologiat -tiimin tarpeiden mukaisesti. Dokumentit toimivat pohjana jatkokehitykselle prosessin eläessä. Työpajojen yhteydessä huomattiin, että tiimin sisäiset keskustelut ovat erittäin hyödyllisiä erilaisten käytäntöjen jakamisessa. Tarkastusprosessin käytäntöjen vakiointi

jatkuu erilaisten toimeksiantojen, tarkastustyön tekemisen sekä teknologian kehittymisen ja käyttöönoton myötä.

6.2 Jatkokehitys ohjelmien avulla

Tarkastuslistan ja tarkastusohjeiden pohjalta on tarkoitus kehittää tarkastusprosessin automatisointia edelleen ohjelmien avulla. Luvussa 3.4 esitellyn FME-ohjelmiston testaaminen esitarkastuksen tarpeisiin jatkuu erilaisten mittaustoimeksiantojen parissa. FME-esitarkastus saadaan laajemmin tiimin käyttöön rakennettujen rutiinien ja prosessien kehittyessä ja tullessa valmiimmaksi. Osittain automatisoitu esitarkastus lisää luotettavuuden ja tarkkuuden myötä tarkastuksessa saavutettua laatua sekä tehokkuutta manuaalisen tarkastustyön rinnalla.

Microsoftin Power Apps -sovelluksen hyödyntämismahdollisuuksia vastaanottovaiheeseen selvitetään yhtenä vaihtoehtona. Nykyisin Power Apps on käytössä Welado Oy:n valvontasektorilla valvontatyökaluna. Power Apps koostuu palveluista, sovelluksista, yhdistimistä ja tietopalustasta. Power Appsissa voi luoda erilaisia sovelluksia, kuten kaavioita, portaaleja ja mallipohjaisia sovelluksia. Sen avulla on mahdollista muuttaa manuaaliset liiketoimintaprosessit automatisoiduiksi prosesseiksi. Sovellusta voi käyttää selaimella tai mobiililaitteella. Power Appsiin lisätään hanke tietoineen. Sillä pystyy myös ottamaan havainnoista kuvia. Syötetyistä tiedoista ja havainnoista tulostuu selkeä raportti. (18; 19.)

Power Appsiin rakennettavan sovelluksen on suunniteltu pohjautuvan Maastomittausaineistojen vastaanoton tarkastuslistaan. Sovelluksen tarkoituksena olisi yksinkertaistaa, tehostaa ja nopeuttaa vastaanoton tarkastusta. Tavoitteena on, että valikosta saa valittua oikeat toimeksiannot ilman ylimääräisiä tietoja. Näin hyväksytyt tarkastuksen kohteet ja suoritettut toiminnot on helpompi kuitata, eikä pitkähkön tarkastuslistan täyttämiseen kulu aikaa. Sovelluksen käytön voidaan katsoa yhtenäistävän tarkastusta, ja sovelluksesta tulostetusta raportista nähdään nopeasti toimeksiannon tilanne. Vuoden 2024 aikana selvinnee, onko tiimin tarpeiden mukaista tarkastustoimea mahdollista luoda sovellukseen, vai kartoitetaanko kyseiselle työvaiheelle muita vaihtoehtoja. (3; 11.)

Lähteet

- 1 Mittauksen osaamistiimi. 2021. Yrityksen sisäinen aineisto. Welado Oy.
- 2 Kråknäs, Pasi. 2023. Käytännön mittaus- ja kartoitustekniikka. Opintomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 3 Kråknäs, Pasi; Witikainen, Marjut & Vinter, Reeta. 22.6.2023-21.11.2023. Mittausasiantuntijat. Welado Oy, Helsinki. Keskustelut.
- 4 Rantanen, Pasi. 2001. Maastomittauksen perusteet. Vammalan Kirjapaino Oy.
- 5 Honkavaara, Eija. 2005. Ortokuvien tuottaminen. Verkkoaineisto. Aalto-yliopisto. <https://foto.aalto.fi/opetus/220/luennot/7/L7_2005.pdf>. 25.9.2005. Luettu 31.8.2023.
- 6 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017. 2017. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf>. 4.4.2017. Luettu 10.12.2023.
- 7 Korkeusmallit. 2023. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>>. Luettu 30.10.2023.
- 8 Maastomittausaineisto, Saakoski-Jyväskylä maastomallit. 2023. Väylävirasto. Organisaation sisäinen aineisto.
- 9 Rantanen, Matias. 2017. Laserkeilaus – pistepilvestä laitoksen älykkääseen malliin. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 10 Ahokas, Eero; Sirkiä, Olli; Kareinen, Juha & Pyysalo, Ulla. Kansallisen maastotietokannan laatumalli: Ilmapistepilvi, versio 2.0. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2020/02/KMTK_ilmapistepilvi_laatuksikirja_2020-02-18.pdf>. 18.2.2020. Luettu 19.9.2023.
- 11 Mittaus & teknologiat -tiimin työntekijät. 2023. Welado Oy, Helsinki, Tampere & Oulu. Keskustelut.

- 12 Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013. 2014. Verkkoaineisto. <https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/kse_2013_0.pdf>. Luettu 18.9.2023.
- 13 Ratatekniset ohjeet (RATO), 17, Radan merkit ja merkinnät, 10/2023. 2023. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-10_rato17_web.pdf>. 25.5.2023. Luettu 29.11.2023.
- 14 3D-Win perusohjelma. Verkkoaineisto. Novatron Oy. <<https://3dwin.fi/ohjelmisto>>. Luettu 7.12.2023.
- 15 FME by Safe Software. Verkkoaineisto. Safe Software Inc. <<https://fme.safe.com/platform/>>. Luettu 11.8.2023.
- 16 Turkka, Tommi. 2023. FME-ohjelmisto. Teams-keskustelut. Welado Oy, Tampere.
- 17 Heikkilä, Pekka. 2018. Tietomallinnetun maastomittausaineiston integrointi pohjarakennussuunnitteluun. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 18 Power Appsin kuvaus. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://learn.microsoft.com/fi-fi/power-apps/powerapps-overview>>. Luettu 17.10.2023.
- 19 Power Apps valvontatyökalun asennus ja käyttö. Yrityksen sisäinen aineisto. Welado Oy.
- 20 True Ortho in MapBrowser. Verkkoaineisto. Nearmap. <<https://help.nearmap.com/kb/articles/668-true-ortho-in-mapbrowser>>. Luettu 7.11.2023.

Haastattelukysymykset

1. Minkä toimeksiantojen aineistoa on tarkastettu?
2. Miten tarkastaminen on onnistunut?
3. Millaisia puutteita aineistosta on löytynyt?
4. Mitkä aineiston asiat ovat tärkeimpiä huomioida?
5. Miten huomioista on raportoitu palveluntuottajalle?
6. Kuinka paljon tarkastukseen käytetään aikaa?
7. Pitäisikö tarkastukseen sisällyttää kontrollimittauksia maastossa?
8. Miten tarkastustyötä pitäisi kehittää?

Haastatteluvastaukset

1. Tiimissä on tarkastettu rakennuttamis- ja ratasuunnitteluhankkeilla erilaisten toimeksiantojen aineistoja. Haastateltujen tarkastettaviin aineistoihin on sisällynyt enimmäkseen mittausperustoja, maastomalleja, pistepilviaineistoja, ortokuvia, laserkeilaus- ja ilmakuvausaineistoa, raide- ja rataaitekartoituksia sekä raidegeometria-aineistoa.

2. Haastatteluissa selvisi, että eri ihmiset kiinnittävät hieman erilaisiin asioihin huomiota. Eri tasoisia virheitä on löytynyt jokaisen tarkastuksen yhteydessä haastatteluiden mukaan. Toisaalta tarkastusta pidetään onnistuneena virheiden löytyessä. Konsultin antamat kommentit aineistojen sisällöstä ovat huomioita. Palveluntuottaja on vastuussa aineiston oikeellisuudesta, ja he tekevät päätöksen aineiston korjaamisesta ja vastineensa sisällöstä. Tarkastustyötä tehdään pääasiassa 3D-Win-ohjelmalla tai QGIS-ohjelmalla.

Kaikki haastatellut toivat esiin sen, että aineistoista osa on lähes täydellisiä ja osa on huonosti tehty. Epätasalaatuisuutta esiintyy laidasta laitaan. Joissain aineistoissa on voinut olla satoja virheitä tai puutteita. Haastatteluiden mukaan aineistojen laatu on kuitenkin parantunut huomattavasti viimeisen kahden vuoden aikana tarkastuksen lisääntymisen myötä.

3. Haastateltujen havaitsemia virheitä, puutteita ja huomioita aineistosta:

- Mittausperustat, maastomallit, raide- ja rataaitekartoitukset, raidegeometria
 - Virheelliset ja puuttuvat koodit ovat yleisiä.
 - (a) Suunnittelijat tarvitsevat tiedon esimerkiksi siitä, missä rumpu, silta tai tasoristeys sijaitsee. Suunnittelijat eivät näe ortokuvaa ohjelmissaan, minkä vuoksi oikea koodaus on erittäin tärkeää.
 - (b) Koodilla voi olla väärä geometria.
 - Kohteita puuttuu.
 - (a) Esimerkiksi tienreunat tai valereunat puuttuvat. Tienristeyksiin pitäisi koodata valereunat, jotta kolmiointi menisi oikein.
 - Kohteita on jäänyt mittaamatta kokonaisuudessaan tai osittain.

- (a) On yleistä, että aineistossa on kartoittamaton rumpu, jos ojanpohja päättyy.
- Hajapisteitä ei ole siivottu.
 - Aineistossa on päällekkäisiä viivoja, joita ei saisi olla. Viivat katkeavat.
 - Aineistossa on epäloogisuuksia, kuten korkoasemien heittäilyä.
 - Aineistossa on koordinaattivirheitä.
 - Laskennassa on virheitä.
 - Aluerajaukset eivät kohtaa. Lisäalueen ja päämallin liitoskohdat eivät ole yhdistyneet.
 - Annettu aluerajaus ei ole toteutunut.
 - Korjatut kohteet on tehty nollakorossa.
 - Ojanreunat on kartoitettu väärin.
- Ortokuvat
 - Ilmakuvilta on poimittu kohteita ja esitetty ne itse tehtyinä.
 - Esimerkiksi siltoihin ei ole tehty ortosovitusta (kuva 1), mikä aiheuttaa sillan reunan vääristymää liian suuren korkeuseron vuoksi. Ortosovituksessa käytetään true orto -menetelmää, joka eliminoi parallaksivääristymät. True orto -kuvat kohdistetaan tarkkuusmäärittysten mukaisesti siten, että korkeuserot eivät kasva liian suuriksi. (20.)
 - Kuvissa on venyneitä pikseleitä.
 - Raiteet kiemurtelevat.



Kuva 16. Sillan reuna on vääristynyt, koska kohteeseen ei ole tehty ortosovitusta (8).

- Dokumentaatio
 - Alkuperäiset mittaustiedostot puuttuvat.
 - Itselleluovutusdokumentaatio on puutteellinen ja liian suppea.
 - Mittausraportti on puutteellinen.

4. Hankkeen ja toimeksiannon tavoite on muistettava. Haastatteluiden mukaan oikein tehty kooditus kohteille on tärkeää, erityisesti tulevaa suunnitteluvaihetta ajatellen. Eräs haastatelluista totesi, että aineiston tulee olla oikein sekä teknisesti että sisällöllisesti. Sen on oltava myös eheä ja looginen.

Keskusteluissa korostui monien mielestä ohjeistuksen mukaisten mittausraporttien ja dokumentoinnin olevan tärkeintä. Luovutusaineiston tulee sisältää kaikki asianmukaiset dokumentit. Jos työtä ei ole dokumentoitu, sitä ei pystytä myöskään arvioimaan. Esimerkiksi mittauksen tarkkuus, mitä toimeksiannolla on tehty, miten mittaukset on tehty ja milloin, ovat oleellisia tietoja. Parissa haastattelussa nousi esiin myös jokaisen dokumentin huolellisesti lukemisen tärkeys. Tähän sisältyvät mm. järjestelmistä tulostetut laskentaraaportit, mittausraportit ja niistä tarkistettavat mittauksen sulkuvirheiden katsominen ja luotausajat.

Palveluntuottajan on suunniteltava mittauksensa ennen työn aloittamista. Mittausraportin on vastattava dokumentaatiota. Haastatteluiden mukaan tarkkoja tietoja mittauksista tarvitaan vielä vuosien päästä hankkeen rakennusvaiheessa. Eräs haastateltava huomautti erityisesti niitä tarvittavan silloin, jos jokin poikkeavaa työmaalla ilmenee. Näiden asioiden vuoksi dokumentaatioon on kiinnitetty paljon huomiota viime vuosina.

5. Haastatellut tiimin jäsenet ovat kommentoineet aineistoa joko suoraan sähköpostiviestillä tai Word-dokumentilla. Palveluntuottajille on toimitettu kuvakaappauksia huomioista kommenttien kanssa. Kuvakaappaukset on otettu joko QGIS- tai 3D-Win -ohjelmasta. Kommentoitavat kohteet laitetaan dokumenttiin kronologisessa järjestyksessä. Palveluntuottaja lähettää dokumenttiin vastineen ja päättää työn korjaamisesta.

Pari haastateltua totesi, että maastomallia tai raide- ja rataaitekartoitusten rata-geometriaa selatessa huomaa melko pian, jos jokin elementti puuttuu aineistosta säännöllisesti. Tällöin aineistoa ei tarvitse tarkastaa loppuun asti, vaan koko aineisto ja kaikki puuttuvat elementit pyydetään käymään läpi ja korjaamaan kerralla.

Eräs haastatelluista kertoi mittausperustan toimeksiannossa laskentoja tarkastettavan jo kesken työn, jotta voidaan varmistua toimeksiannon sujuvuudesta. Mikäli jotakin ilmenee, kysytään palveluntuottajalta lisätietoja. Toimitettuun aineistoon on hyvä reagoida mahdollisimman nopeasti.

6. Haastatteluissa ilmeni, että aineiston tarkastukseen kuluva aika riippuu toimeksiannon laajuudesta ja aineiston laadusta. Tarkastukseen käytetty aika vaihtelee puolesta tunnista useisiin päiviin. Tarkastustyötä tehdään muiden työtehtävien ohessa. Tarkastusprosessissa varmistetaan aineiston perusasiat ja teknillinen oikeellisuus.

7. Tiimin jäseniltä kysyttiin kontrollimittausten tarpeellisuudesta. Haastateltujen mukaan kontrollimitaukset voisivat tuoda uutta varmuutta aineiston luotettavuuteen. Ne vähentäisivät myös puutteellisten lähtötietojen riskiä. Eräs

haastateltavista totesi, että kontrollimittaukset voisivat vaikuttaa positiivisesti aineiston laatuun, jos tilaukseen sisältyisi maastotarkastus, josta palveluntuottaja olisi tietoinen. Kontrollimittaukset olisivat tarpeen erityisesti maastomalli- ja mitausperustahankkeissa sekä raide- ja ratalaitekartoituksissa. Yksi haastateltavista esitti, että Väyläviraston tulisi ottaa pistotarkastukset käyttöön kaikilla kohteillaan.

8. Yhteiset toimintatavat prosessissa olisivat tärkeitä, jotta kaikki tekisivät tarkastusta samalla tavalla tarkastuslistan mukaisesti. Haastatteluissa korostui edellisen lisäksi toive tarkastustyön osittaisesta automatisoinnista, joka tehostaisi prosessia. Erään tiimin jäsenen mukaan olisi tarpeen yhdenmukaistaa linja siitä, mikä konsultin rooli on tarkastuksessa.

Yksi haastatelluista huomautti, että prosessi tulisi saada yhtenäiseksi kokonaisuudessaan koko Suomessa. Tähän liittyy olennaisesti Väyläviraston ohjeen – Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017, päivittäminen.

Haastatteluissa nousi esiin myös, että maastokäynnin merkitystä pitäisi korostaa. Erään haastateltavan näkemyksen mukaan maastokäynti pitäisi tehdä ensimmäisen kerran jo ennen kilpailuttamista erityispiirteiden huomioimiseksi. Hankealue saattaa olla useita kilometrejä pitkä, joten maastokäynnin voisi kohdentaa esimerkiksi liikennepaikoille, siltakohteille ja muille erityiskohteille riippuen hankkeen tavoitteesta. Toisen maastokäynnin voisi tehdä työn ollessa käynnissä, kun palveluntuottaja alkaa toimittamaan aineistoa. Maastokäynnin avulla on myös hyvä varmistaa, että työ etenee oikeaan suuntaan.