

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Infratekniikka

2021

Petteri Kankare

MITTAUSDATAN KERÄÄMINEN JA HYÖDYNTÄMINEN MALLIPOHJAISESSA HANKKEESSA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Ohjaaja DI Pirjo Oksanen

2021 | 24 sivua, 14 liitesivua

Petteri Kankare

MITTAUSDATAN KERÄÄMINEN JA HYÖDYNTÄMINEN MALLIPOHJAISSA HANKKEESSA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä yksinkertainen ohje infratyömaan mallipohjaista rakentamista varten. Tarkoituksena oli valmistella opinnäytetyön tilaajalle tuote, jota tilaaja voi myydä asiakkailleen ja samalla tehostaa omaa toimintaansa mallipohjaisten työmaiden laadunvarmistusmittausten käsittelemisessä. Isoilla yrityksillä on omille työntekijöilleen tämän kaltaisia ohjeita, mutta tavoitteena oli luoda yksinkertaisia ohjeita myös pienempien urakoitsijoiden koneenkuljettajille ja työnjohdolle.

Yleiset infamallivaatimukset-ohjeen ja haatatellujen perusteella huomattiin, että työmailta löytyy hyvin kirjavaa osaamista koskien työmaan mallipohjaista laadunvarmistusta. Opinnäytetyötä varten tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että työmaiden rakentajat omaavat hyvän ammattitaidon mallipohjaiseen rakentamiseen liittyen, mutta rakennetun tuotteen laadunvarmistuksessa on monesti puutteita. Laadunvarmistuksessa erityisesti rakenteiden toteumien mittaaminen sekä toteumapisteiden määrien riittävyyden varmistaminen InfraRyl ohjeen vaatimusten edellyttämällä tavalla on usein riittämätöntä.

ASIASANAT:

Laadunvarmistus, Koneohjaus, Mallipohjainen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

Instructor Pirjo Oksanen M. Sc. Eng.

2021 | 24 pages, 14 pages in appendices

Petteri Kankare

COLLECTING AND UTILIZING MEASUREMENT DATA IN A MODEL BASED PROJECT

- subtitle of the report (if used)

The aim of the thesis was to create a simple guide for building a model-based project.

The objective was to make a product that the client of the thesis can sell to its clients and boost their own procedures in the quality control of a modelbased project. Large companies already have such guides but the goal was to make similar guides for smaller companies and their employees.

Information for the thesis was gathered from YIV (Common InfraBIM Requirements) and by interviewing personnel involved with model-based building. The personnel interviewed are from 3D-Koppi's (subscriber of the thesis) clients in different sized companies. The personnel interviewed are involved with model-based building. These procedures showed that in different projects there are people working with a very vast range of expertise of model based-projects.

The study shows that the expertise for the model-based building is there but the quality measures are often insufficient. Especially measuring the constructed structures properly and sufficiency is inadequate.

KEYWORDS:

Quality control, machine control, model-based.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 3D-KOPPI OY	2
3 TIEDONHALLINTA MALLIPOHJAISESSA HANKKEESSA	3
3.1 Johdanto inframallinnukseen	3
3.2 Infrahankkeen vaiheet	3
3.3 Mallipohjaisen hankkeen lähtöaineisto	4
3.3.1 Lähtöaineiston vaatimukset	4
3.3.2 Tiedonhallinta rakentamisen aikana	5
3.4 Suunnittelu	5
3.4.1 Tehtävät	5
3.4.2 Mallitekniset vaatimukset	6
3.4.3 Laadunvarmistus	8
3.5 Rakentaminen	9
3.5.1 Mallipohjainen rakentaminen	9
3.5.2 Tehtävät	10
3.5.3 Mallipohjainen rakentaminen ja laadunvalvonta	10
4 MITTALAITTEET	13
4.1 Työnjohto	13
4.2 Koneohjaus	13
4.3 Ohjelmat ja laitteet	14
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	18
LÄHTEET	19

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on luoda yksinkertaiset ja käytännölliset ohjeet rakennustyömaan työnjohdolle ja kaivinkoneen kuljettajille siitä, miten mallipohjaisesti suunnitellun työmaan erilaisia malleja hyödynnetään rakenneosien rakentamisessa sekä toteutuneen rakenteen todentamisessa. Opinnäytetyö perustuu Yleiset inframallivaatimukset -ohjeeseen (YIV-ohje).

Mallipohjaisen projektin valmistelussa on monta työvaihetta ennen rakentamista. Projektin aluksi suunnitelmat mallinnetaan tai tehdään kokonaan uudet suunnitelmat vastaamaan nykyisiä olosuhteita. Suomessa esimerkiksi maan nousu ja liikennemäärien enustaminen ovat voineet muuttua edellisistä suunnitelmista. Suunnittelun aluksi on selvitettävä maastomittauksilla ja maaperätutkimuksilla lähtötilanne sekä mahdolliset uuden rakennelman liittymiset olemassa oleviin rakenteisiin. Kaikkien lähtötietojen keräämisen jälkeen on päätettävä siitä, mitä mallinnetaan. Kaikkea mahdollista ei tarvitse mallintaa vaan ainoastaan ne asiat, jotka auttavat koneenkuljettajaa tai työnjohdon mittaajaa. Mallinnettavista kohteista päätettäessä on myös huomioitava, että mallien laatiminen maksaa ja täydellisesti mallinnettava työmaa tulee kalliiksi.

Työmaalle saapuneista malleista vastaa tietomallikoordinaattori tai muu tietomalleista vastaava henkilö. Henkilön tehtävänä on, että työmaalla on uusin tieto suunnitelmista ja seurata laadun toteutumista. Tiedot koneohjausjärjestelmillä varustetuista työkoneista, työnjohdon mittaustyökaluista ja mittamiehen mittauksista kerätään mittausdatasta vastaavan henkilön toimesta projektipankkiin tai vastaavaan tietojen jakamista tukevaan palveluun, jonka kautta valvoja, tilaaja ja muut henkilöt, joita asia koskee, pääsevät tarkastelemaan tehdyn työn laatua.

Opinnäytetyö tehdään 3D-Koppi Oy:lle. 3D-Koppi on yritys, joka palvelee niin pieniä kuin suuria maarakentajia. Yrityksen pääasiallisesti tarjoamia palveluja ovat koneohjausmallien tekeminen ja maastossa kerätyn toteuma-aineiston käsittely sekä Infrakit-palvelun ja työnjohdon mittalaitteiden myynti ja tuen tarjoaminen yrityksen asiakkaille. Yrityksen pääasiallisia työkohteita ovat talokohteiden maarakennustyöt sekä kaikenlaiset infra-kohteet.

3D-Koppi on Novatron Oy:n yhteistyökumppani ja toimii Infrakit-palvelun jälleenmyyjänä.

2 3D-KOPPI OY

3D-Koppi Oy:n päätoimipiste on Tampereella, mutta yhtiö tarjoaa palvelujaan joka puolelle Suomea ja tarvittaessa ulkomaille. Henkilökunta työskentelee ympäri Suomea omissa toimistoissaan ja tiedonsiirto yrityksen sisällä tapahtuu sähköpostien, pilvipalveluiden ja muiden palvelimien kautta. Tällä tavoin työskennellessä fyysisellä työpaikalla ei ole väliä vaan yritys voi palvella asiakasta kunhan puhelinyhteys ja yhteinen kieli löytyy.

3D-Koppi palvelee yrityksiä projektien tarjouslaskentavaiheesta koneohjausmallinnukseen sekä avustaa työmaan massojen laskennassa. Tarjouslaskentaa varten urakoitsija lähettää tulevan työmaan suunnitteluaineiston yritykselle ja sen pohjalta 3D-Kopin henkilökunta laskee urakoitsijaa kiinnostavat määrät maaleikkauksista, louhinnasta sekä työmaan suunnitelluista murskemääristä halutulla tavalla. Koneohjausmalleja laadittaessa urakoitsija lähettää yritykselle mallien piirtämistä varten kaikki olennaiset suunnitelmat, joista yritys tekee työmaan koneohjausmallit YIV-ohjeiden mukaisesti. Työmailla tulee jatkuvasti suunnitelmien muutoksia ja nämä muutokset hoituvat samalla tavalla. Urakoitsija lähettää muuttuneet suunnitelmat ja olemassa olleet koneohjausmallit korjataan uusia suunnitelmia vastaavaksi. Valmistuneen työmaan maamassojen määrälaskentaa tehdään työnjohdon tai koneohjauksella varustetun työkoneen mittaamien toteumapisteiden avulla. Toteumapisteet kertovat esimerkiksi rakennetun pinnan taso- ja korkeussijainnin. Samoilla tiedoilla tehdään myös työmaan laaduntarkastusta, eli työmaan toteumakuvat mitattujen pisteiden avulla tilaajan määrittelemässä muodossa.

Edellä mainitut palvelut sopivat erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille, joilla ei ole omaa tietomallikoordinaattoria tai riittävän montaa mittaajata. Määrälaskentaan ja koneohjausmallien tekemiseen kuluu aikaa ja työmaan hektisyyden vuoksi mallintamiselle ei välttämättä ole aikaa. Pienemmillä yrityksillä on harvoin mittausammattilaisia henkilöstössään tai ohjelmistoja, joilla ne voisivat tehdä edellä mainitut palvelut. Vaikka yrityksillä olisikin aikaa määrälaskentaan tai koneohjausmallien laadintaan, tietotaito mallipohjaisesta rakentamisesta on yleensä melko pintapuolista. Juuri näihin asioihin 3D-Koppi on erinomainen yhteistyökumppani.

Suuret yritykset voivat myös pienemmillä työmailla hyödyntää 3D-Kopin palveluita. Suurilla yrityksillä on usein sekä tietotaito että resurssit hoitaa kaikki 3D-Kopin tarjoamat palvelut itse, mutta pienemmillä työmailla, joilla on tiukka budjetti, on halvempaa ja tehokkaampaa teettää edellä mainittuja palveluita 3D-Kopin kaltaisella yrityksellä.

3 TIEDONHALLINTA MALLIPOHJAISSA HANKKEESSA

3.1 Johdanto inframallinnukseen

Infra-alalla yhdestä infrakohteesta ja siitä tehdystä kolmiulotteisesta mallista käytetään termiä inframalli ja kolmiulotteisten mallien tekemistä kutsutaan inframallintamiseksi. Näihin liittyy olennaisena osana erilaiset paikkatietoaineistot, kuten tiedot olemassa olevasta kaavoituksesta ja suunniteltavan alueen ympäristöstä. Taustatiedoksi käy kaikki rakentamiselle ja suunnittelulle olennainen tieto, jotka voidaan havainnollistaa myös 3D-malleissa. (YIV 2019/1, 14)

Inframallintamisen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun sekä työn tehokkuuden lisääminen. Laadittua aineistoa pystytään hyödyntämään rakentamisen tarkasteluun, sen laadun tarkasteluun ja työmaan massamäärien laskemiseen. Inframallintamisesta suljetaan pois rakennusten perustukset ja infrarakentamisen taitorakenteet jotka eivät kuulu YIV-ohjeen piiriin. (YIV 2019/1, 14)

3.2 Infrahankkeen vaiheet

Mallipohjaisen infrahankkeen voi aloittaa mistä hankkeen vaiheesta tahansa. Kuitenkin mallinnettujen rakenteiden laadun ja hyödyllisyyden puolesta mallintaminen olisi hyvä aloittaa mahdollisimman aikaisin. Näin samoja malleja käyttää hankkeen alusta loppuun, suunnittelusta aina kohteen hoitoon asti. (YIV 2019/1, 15)

Infrahankkeiden vaiheita ovat mm.

- eri tekniikkalajien yhteensovittaminen
- nykyisten rakenteiden ja suunnitelmien yhteensovittaminen
- visualisointi, hankkeen sisäinen kommunikointi ja tiedonvaihto sekä päätöksenteon tukeminen
- kommunikointi ulkopuolisten sidosryhmien kanssa
- rakentamisen toteutus mallipohjaisesti

- tuotannosuunnittelu ja -ohjaus
- rakentamisen laadun todentaminen
- kustannushallinta ja määrälaskenta
- hankintojen laadun parantaminen
- elinkaaren aikainen tiedonhallinta
- omaisuudenhallinta. (YIV 2019/1, 15)

3.3 Mallipohjaisen hankkeen lähtöaineisto

3.3.1 Lähtöaineiston vaatimukset

Infrahankkeiden lähtöaineisto muodostaa kokoelman erilaisia aineistoja, joita hankkeessa tarvitaan. Lähtöaineiston alkuperä, mittauspäivä ja muut tärkeät tiedot on dokumentoitava tarkasti, jotta tiedoista saadaan irti paras hyöty. Tavoitteena on saada lähtöaineisto muotoon, jossa se tukee suunnittelua ja rakentamista mahdollisimman hyvin. Lähtöaineiston kokoamiseen tulee varata riittävästi aikaa, jotta suunnittelijoilla on heti käytössä kaikki tarpeellinen tieto. (YIV 2019/1, 50) Esimerkiksi pohjatutkimusaineiston hankkiminen voi olla työlästä ja aikaa vievää. Aikataulu tulee laatia niin, että aineiston kokoamiseen on riittävästi aikaa, ja kun riittävä aineisto on kerätty voidaan aloittaa suunnittelu. (YIV 2019/1, 16)

Tilaaajan tehtävänä on päättää mallinnuksen taso ja tarve. Tilaaja itse järjestää asianmukaiset henkilöt tärkeiksi katsomiinsa tehtäviin ja vastaa projektin läpiviennistä. Tilaaja myös määrittelee hankkeen lopullisen laatuaineiston sijoituspaikan ja sen, mihin laatuaineistoa tulevaisuudessa käytetään (esimerkiksi huolto- ja hoitourakoihin). (YIV 2019/1, 23) Tämän jälkeen hankkeen tarjousvaiheessa määritellään mallien tavoitteet ja niiden hyödyntäminen koko hankkeen aikana. Samalla määritellään aineistoihin liittyvät vastuut. (YIV 2019/1, 16) Seuraavaksi hankevaiheen alussa on määritettävä suunnittelun laajuus ja tarkkuus. Tällöin on määritettävä mallinnettavien kohteiden tärkeys ja se, onko hankkeessa erikoiskohteita, joiden mallintamiseen tarvitaan erityistä tarkkuutta. Asutusten läheisyyteen sijoittuvien hankkeiden osalta on selvitettävä hankkeen vuorovaikutustavoitteet eli esimerkiksi järjestettävien yleisötilaisuuksien määrät. Kaikki tällainen vaikuttaa suoraan hankkeen aikatauluun. (YIV 2019/1, 16)

Mallinnusprojektin lähtöaineisto pitää saada sellaiseen muotoon, jossa sitä voidaan käsitellä. Vastuuhenkilö hankkii lähtöaineiston ja muokkaa sen haluttuun muotoon. Tällaista muokkaamista voi olla esimerkiksi PDF-kuvien tulkinta tai koordinaatistojen muuntaminen. (YIV 2019/1, 22) Kaikesta mallipohjaisuudesta huolimatta mallipohjainen suunnittelu ei täysin poista fyysisiä piirustuksia. Tarvittaessa hankkeessa laaditaan poikkileikkaukset tai muuta tärkeää tietoa sisältäviä piirustuksia tukemaan mallipohjaisuutta. (YIV 2019/1, 16)

3.3.2 Tiedonhallinta rakentamisen aikana

Mallipohjaisen rakentamisen lähtökohtana on, että suunnitelmat ja muut tarvittavat lähtötiedot on mallinnettu YIV-ohjeessa esitetyin tavoin. Oikein mallinnetut tarkat inframallit ovat mallipohjaisen rakentamisen ja laadunvalvonnan selkäranka. Mallien päivityksestä vastaavat henkilöt tulee nimetä ja projektissa tulee myös päättää, milloin ja kuinka tiheästi malleja korjataan tai päivitetään. Myös tiedonhallinnan on oltava kunnossa. Henkilöiden, jotka ovat vastuussa tiedonhallinnan toimivuudesta, on oltava tehtävään koulutettuja ja ajan tasalla tehtävistään. Tiedon hallinnalle ja jäsentelylle on annettu ohjeet YIV-ohjeessa. Sieltä on löydettävissä ohjeistus esimerkiksi aineiston nimeämiseksi, tiedonhallintasuunnitelmalle, mallipohjaisen laadunvarmistuksen toteutussuunnitelmalle, työmaan mittaussuunnitelmalle, aineistoselostukselle ja aineistoluettelolle. (YIV 2019/1, 110 - 116)

3.4 Suunnittelu

3.4.1 Tehtävät

Pääsuunnittelijan tehtävänä on johtaa hankkeen suunnittelu halutussa aikataulussa koko työmaan ajan. Usein pääsuunnittelija toimii varsinkin pienemmissä urakoissa myös tietomallikoordinaattorina. (YIV 2019/1, 23)

Tietomallikoordinaattoreita käytetään suunnittelussa ja tuotannossa. Suunnittelun osalta tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu valvoa, että suunnitelmat ovat sovitun mukaisia ja riittävällä tarkkuudella tehty. Tehtävät voivat vaihdella paljonkin riippuen hankkeesta. Tuotannossa tietomallikoordinaattori vastaa suunnittelijoiden tuottamien mallien

tarkastamisesta. Tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu tiedostojen jakaminen niitä käyttäville henkilöille ja hänen tulee laatia tarvittavat tiedonhallintaan liittyvät suunnitelmat. Tuotannon tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu myös hankkeesta riippuen jotkin mittauspäällikön työt, kuten määrälaskenta, toteumatietojen ylläpito ja digitaalisen luovutusaineiston laatiminen. (YIV 2019/1, 24)

Eri alojen suunnittelijat suunnittelevat omat osionsa sovittujen ohjeiden mukaisesti ja he ovat keskusteluyhteydessä muiden suunnittelijoiden kanssa, jotta suunnitelmissa vältytään ristiriidoilta. Suunnittelijoiden on sovittava kaikki mallit toisiinsa saumattomasti. Mallien yhteensovituksella varmistetaan, ettei suunnitelmissa ole aukkoja ja ristiriitoja. (YIV 2019/1, 88 - 89) Lopuksi suunnittelijat dokumentoivat suunnitelmansa ja vastaavat laadunvarmistuksesta. (YIV 2019/1, 24). Suunnittelijan tehtävänä on suunnitella ja sovittaa mallit toisiinsa ja vastata niiden päivittämisestä. Työmaalla saattaa olla monien tekniikkalajien malleja, jotka pitää yhdistää ja sovittaa toisiinsa. (YIV 2019/1, 23)

Suunnitteluorganisaation tehtävä on tarkastella suunnitelmien laatua koko hankkeen ajan, jotta projektissa vältytään suurilta virheiltä. Aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa löydettyjä epäkohtia pystytään korjaamaan suunnittelun edetessä, jolloin toteutusmalleihin saadaan virheettömät inframallit, joita voidaan käyttää rakentamisessa ja sen laadun tarkastamisessa. (YIV 2019/1, 103)

3.4.2 Mallitekniset vaatimukset

Suunnittelun lähtötietoina käytetään suunnittelua varten kerättyä aineistoa. Aineistossa on oltava riittävän hyvä kuva nykytilanteesta, joka toimii suunnittelun pohjana. Lähtötiedot on tarkoitus kerätä ja merkitä suunnittelua tukevaan muotoon ja niiden on tarkoitus olla mukana suunnitteluaineistossa koko projektin ajan. Lähtötietoja päivitetään sitä mukaa kun hanke etenee. (YIV 2019/1, 16)

Suunnitteluvaiheessa eri suunnitelmat tehdään omissa ohjelmistoissa ja formaateissaan, joten suunnittelujärjestelmien on tuettava avoimia formaatteja, koska ohjelmistojen omat tiedonsiirtoformaatit eivät toimi muissa ympäristöissä. Jos tiedonsiirtoformaatit eivät tue avoimia formaatteja, malliaineistojen jakaminen hankaloittuu. Tiedon jakamista helpottavat erilaiset pilvipalvelut ja projektipankit, joihin suunnittelijat siirtävät viimeisimmät suunnitelmansa ja sieltä suunnitelmat siirtyvät työmaalle toteutukseen. (YIV 2019/1, 18-19)

Eri suunnitteluohjelmistot ja laitevalmistajat käyttävät omia formaatteja. Suunnittelijan on suunnitelmien valmistumisen jälkeen tallennettava suunnitelmat avoimeen muotoon, jotta niiden jakelu helpottuu. Avoimissa formaateissa on vielä omat haasteet eikä kaikki suunniteltu tieto niissä kulje aina mukana, joten tästä syystä ohjelmistojen natiiviformaattien on kuljettava avoimien tiedostojen mukana. Tiedostoissa olevat mallit ja niiden sisältö tulisi nimetä InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti, jotta mallien sisältö (eli mitä mikäkin viiva tai piste tarkoittaa) olisi kaikille osallisille selvää. (YIV 2019/1, 34 - 35)

Mittayksiköt ja koordinaatit ovat mallitekniikan vaatimusten kärjessä, koska kaikki työ perustuu siihen, että kaikki eri lajien suunnitelmat perustuvat yhteen ja samaan koordinaatistoon ja mittayksikköön koko hankkeen ajan. Jos jostain syystä näitä edellä mainittuja asioita muutetaan, on asiasta sovittava hankkeen johdon kanssa ja varmistettava muunnoksen oikeellisuus. Mittayksiköiden ja koordinaatistojen tärkein osa hankkeessa on mittausperusta. (YIV 2019/1, 36 - 37) Mittausperusta on työmaan selkäranka ja siihen perustuvat suunnittelu ja toteutus. Mittausperusta eli kiintopisteverkko tehdään tarkkaa maastomallia vaativissa hankkeissa ennen suunnittelua. (YIV 2019/1, 37)

Lähtöaineiston nimeämisessä lähtökohtana on pitäytyä tiedoston alkuperäisessä nimessä. (YIV 2019/1, 57) Kun tiedoston nimeä ei muuteta, tiedosto löytyy aineiston tuottajalta helposti, jos aineisto jostain syystä tuhoutuu ja näin toimittaessa aineisto on myös merkitty kaikissa dokumenteissa samalla nimellä alusta loppuun. Aineiston sijoittaminen omiin tarkoin nimettyihin kansioihin on tärkeää, jotta aineisto on helposti saatavilla. Nimeämisessä tulisi käyttää YIV-ohjeen mukaista tapaa, jolloin nimeäminen saataisiin standardoitua. Se helpottaa eri hankkeilla työskentelyä ja uusien hankkeiden aloittamista. (Toimitusjohtaja Sami Rautkoski, henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2021)

YIV-ohjeessa on eritelty millaisessa muodossa eri lähtöaineisto pitäisi saada suunnittelijan käyttöön. Aineiston tilaamisessa on huomioitava hankkeen olosuhteet. Lähtöaineiston jokainen osa on saatava sille käyttökelpoisimmassa muodossa, koska oletettavasti suunnittelijalla ei ole ennestään tätä aineistoa olemassa ja suunnittelijan on pystyttävä tulkitsemaan aineistoa parhaalla mahdollisella tavalla. Tarkan ja laadukkaan suunnitelman lähtökohtana ovat tarkat, laadukkaat ja selvästi nimetyt lähtöaineistot. (YIV 2019/1, 70)

Rakennussuunnitelmavaiheessa luodaan kaikki hankkeen rakentamisessa tarvittavat mallit ja aineistot. Tässä vaiheessa kohde mallinnetaan riittävän tarkasti, jotta rakentaminen voidaan toteuttaa mallien avulla. Tässä vaiheessa hanketta on tarkoitus luoda

kattava ja virheetön malli, joka palvelee hanketta monipuolisesti määrälaskennasta koneautomaatioon. (YIV 2019/1, 18) Näiden mallien tulee esittää yksinkertaisesti rakennettava kohde ja sen ominaisuudet. Rakennussuunnitelmavaiheessa päätetään siitä, mitä mallinnetaan ja mitkä osat jätetään mallintamatta. (YIV 2019/1, 88 - 89)

Suunnittelijan on varmistuttava, että hankkeen inframallit perustuvat hankkeen alussa määritettyyn koordinaatistoon ja työmaata varten rakennettuun mittausperustaan. Erikois- ja taitorakenteet suunnitellaan usein omaan paikalliskoordinaatistoon, joka ei vastaa hankkeen alussa määritettyä koordinaatistoa. Paikalliskoordinaatistot on kuitenkin käännettävä vastaamaan hankkeen alussa määritettyä koordinaatistoa. Mittausperusta on puolestaan mitattava heti oikeaan, hankkeen alussa määriteltyyn, koordinaatistoon ja siihen perustuu hankkeen suunnittelu ja toteutus. (YIV 2019/1, 77)

3.4.3 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen dokumentointi on edellytyksenä rakentamisen laadulle ja luotettavuudelle. Lähtöaineistoselostus on osa tietomalliselostusta ja siinä on dokumentoitava aineiston luotettavuuteen ja käytettävyyteen vaikuttavat seikat, jotta selostus on helposti käytettävissä niin sanottuna käyttöohjeena seuraavalle suunnittelijalle tai muille suunnitelmia tarvitseville. Lähtöaineistoselostus ja lähtöaineistoluettelo ovat toisiaan täydentäviä dokumentteja. Lähtöaineistoluettelossa sisältää tarkat tiedot koko lähtöaineistosta. Tietomalliselostus on puolestaan kuvaus tehdystä työstä ja siitä, mitä eri asioita aineistoihin liittyy. (YIV 2019/1, 71) Asianmukaisesti tehdyt luettelot palvelevat suunnittelua ja työmaata varsinkin pienemmissä urakoissa. Pienemmissä urakoissa voidaan käyttää aineistoja, joihin ei tehdä kovinkaan paljon muutoksia ja suunnitelmat saattavat olla joissakin tapauksissa yli vuoden vanhoja, jolloin tieto viimeisimmästä aineistosta on todella tärkeää. (Toimitusjohtaja Sami Rautkoski, henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2021)

Lisäksi suunnitteluun katsotaan sisältyvän asianmukainen dokumentointi (esimerkiksi tietomalliselostuksen luominen) ja itselleenluovutus eli sen tarkistus, että kaikki tarpeellinen on mallinnettu ja mallinnukset on tehty oikein. (YIV 2019/1, 76)

3.5 Rakentaminen

3.5.1 Mallipohjainen rakentaminen

Mallipohjainen rakentaminen koostuu työmaan perustamisesta ja suunnitteluaineistoon perehtymisestä mallipohjaisia työmenetelmiä käyttäen. Urakoitsija toimittaa tilaajalle laadunvarmistussuunnitelman, jota voidaan päivittää työn aikana. Suunnitelma sisältää projektissa käytettävät ohjeet ja vaatimukset laadukkaalle työlle. Rakentamisen aikana kerätään toteuma-aineistoa, jota hankkeen luovutusvaiheessa käytetään osana digitaalista luovutusaineistoa. (YIV 2019/1, 110)

Mallipohjaisella rakentamisella pyritään tehostamaan hankkeen toteuttamista ja samalla tekemään työstä laadullisesti parempaa. Malleja käytettäessä voidaan seurata toteumapisteiden avulla työn laatua. Maastosta kerätyn tiedon siirtäminen helposti voi aiheuttaa vielä nykyään ongelmia, koska laitevalmistajien ja suunnittelijoiden omat ohjelmistot käyttävät eri tiedonsiirtoformatteja. Kaikki tietoja keräävät ohjelmat ja pilvipalvelut eivät vielä tue näitä kaikkia erilaisia tiedonsiirtoformaatteja. Tällä hetkellä joudutaan tekemään eri laitevalmistajille omat koneohjausmallit tai muokkaamaan joitakin tiedostoja eri tyyppisiksi. Kaikki laitevalmistajat eivät suoraan tue avoimia formaatteja. Jos hankkeessa halutaan malleista kaikki mahdollinen hyöty, ne on muutettava laitevalmistajien omiin formaatteihin. Rakentamisen aikana tilanne työmaalla yleensä selkenee. Jos työmaalta löytyy rakentamisen aikana jotakin, mitä ei ole suunnittelussa huomioitu, muutostarpeita varten tehdään tarvittavat mittaukset ja mittausmateriaali lähetetään suunnittelijalle, joka päivittää inframalleja tarpeen mukaan. (YIV 2019/1, 19)

Mallien eräs tärkein tehtävä on työmaan jatkuvan laaduntarkkailun mahdollistaminen. Laatua voidaan tarkastella suoraan työkoneesta, tietokoneelta pilvipalvelusta esim. Infrakit tai esimerkiksi jollakin mittausohjelmistolla mittamiehen toimesta. (YIV 2019/1, 23) Malleja voidaan käyttää jokaisessa työvaiheessa ja ne tuovat havainnollisuutta niin, että osallisten on helpompi ymmärtää rakennettavaa kohdetta. Laadunvarmistuksella kateetaan pimeät suunnittelemattomat kohdat ja näin saadaan suunnitemat kattavammiksi kokonaisuuksiksi. Suunnittelijat ovat vastuussa mallien tarkkuudesta ja siitä, että ne on tehty alalla vallitsevien ohjeiden ja määritysten mukaisesti. (YIV 2019/1, 29 - 33)

3.5.2 Tehtävät

Rakentamisvaiheessa tärkeimmät työtehtävät ovat työnjohto, mittaaja ja työkoneen kuljettaja. Työnjohdon tehtävänä on käyttää malleja oikein ja työnjohto vastaa mallien käytön seurannasta. Perehdytys mallipohjaiseen rakentamiseen kuuluu työnjohdolle, joka vastaa hankkeen laatumittausten hyväksymisestä. (YIV 2019/1, 24 - 25)

Mittaajan tehtäviin kuuluu pitää käytettävä kalusto asianmukaisesti kalibroituna ja hoitaa työmaan mittaamista vaativat työt koneohjauksen toimivuudesta erilaisiin maastossa tehtäviin tarkkoihin työvaiheisiin, joita ovat mm. taitorakenteiden mittaukset. Mittaaja toimii tietomallikoordinaattorin tuella ja perehtyy hankkeen laatuasiakirjoihin. (YIV 2019/1, 25)

Työkoneen kuljettaja vastaa koneen toimivuudesta ja toteumamittausten riittävästä mittaamisesta. Koneen kuljettajalla on tukenaan mittaaja, joka auttaa ongelmatilanteissa. Koneen kuljettajan on ilmoitettava ongelmista tai ristiriidoista koneohjauksesta vastaavalle henkilölle. (YIV 2019/1, 25)

3.5.3 Mallipohjainen rakentaminen ja laadunvalvonta

Mallipohjaisen rakentamisen valmisteluvaiheessa perehdytään tarjousasiakirjoihin ja alan ohjeisiin, työkohteeseen, suunnitelmiin, tietomalliselostukseen ja rakennussuunnitelmamalleihin. Valmisteluvaiheessa päätetään, mitä mallinnetaan ja millä laajuudella. Valmisteluvaiheessa päätetään myös, mitä tietoja luovutetaan tilaajalle ja missä formaatissa. (YIV 2019/1, 120) Eri organisaatioilla on omat dokumenttien nimeämistavat ja suunnittelijan tulee selvittää myös nämä organisaatiokohtaiset vaatimukset. (Toimitusjohtaja Sami Rautkoski, henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2021)

Valmisteluvaiheen jälkeen perustetaan työmaa. Tässä vaiheessa työmaan mittausperusta tarkastetaan tai sellainen rakennetaan, jos sitä ei vielä ole olemassa. Työmaata perustettaessa tarkastetaan suunnitelmien soveltuvuus olemassa olevan maaston kanssa. Työmaalle hankitaan tukiasemat koneohjaukselle ja palvelut, kuten asianmukaiset koneet ja työvoima, työn suorittamista varten. Työmaalle hankittuja tukiasemia tarkastetaan mittamiehen tai tietomallikoordinaattorin toimesta koko työmaan ajan, jotta tiedetään, että ne ovat pysyneet koko projektin ajan paikallaan ja laadunvarmistussuunnitelman vaatimissa rajoissa. Mikäli tukiaseman tarkastamisessa ei päästä

laadunvarmistussuunnitelmassa vaadittuun tarkkuuteen, on tukiasema kalibroitava takymetrimittauksella uudelleen, jotta tarkkuusvaatimukset täyttyvät. Työmaalle voidaan rakentaa myös kiinteitä koneohjauksen tarkastuspisteitä koneohjausjärjestelmän tarkastamista varten. (YIV 2019/1, 120 - 121)

Ennen rakentamista urakoitsijan on tarkastettava käytettävät mallit. (YIV 2019/1, 121) Mallien tarkastuksen voi myös tehdä ammattitaitoinen kolmas osapuoli kuten 3D-Koppi Oy. Mallien tarkistamisen jälkeen urakoitsija tai kolmas osapuoli luetteloi mallit sekä antaa niistä palautetta ja korjausehdotukset suunnitteluorganisaatiolle. (Toimitusjohtaja Sami Rautkoski, henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2021)

Inframallien mukaan rakennettuja rakenneosia mitataan työn edetessä ja näitä toteumamittauksia käytetään työmaan laadunvalvonnassa. Myös muilla satelliittipaikannusta käyttävillä laitteilla voidaan tehdä toteumamittauksia ja liittää ne työkoneautomaatiolla tehtävään laadunvarmistukseen. On tärkeää, että mittausten oikeellisuudesta vastaava henkilö perehdyttää työkoneen kuljettajat kunnolla mittausten tekemistä varten. (YIV 2019/1, 122) Työkoneautomaatiosta ei ole hyötyä, jos kuljettaja ei tiedä mitä hänen tulee tehdä. Toteumamittausten lisäksi työmaan mittaajan on tehtävä työmaalla tarkemittauksia. Tarkemittauksia tulee tehdä tie- ja ratakohteissa 200 metrin välein, mutta kaarteissa vielä tiheämmin. Jos rakennettava kohde on kuitenkin alle 200 metriä, tulee kohteessa tarkemitata vähintään yksi poikkileikkaus. Kaiken mittaamisen jälkeen tilaajan tulee hankkia kontrollimittaja, joka tarkastaa urakoitsijan toteuma- ja tarkemittaukset sekä tukiasemien sijainnit. (YIV 2019/1, 126)

Mallipohjaisen rakentamisen muita laadunvarmistusmenetelmiä ovat erilaiset tiiviys- ja kantavuuskokeet sekä pistepilvet. Pistepilvet ovat mittalaitteen tuottamaa pistetietoa, joita saadaan laserkeilaamalla, mobiilikeilaamalla tai drone-mittauksilla. Valokuvat ja videot ovat hyvä lisä varsinkin kohteista, jotka jäävät seuraavan työvaiheen alle piiloon. (YIV 2019/1, 127)

Toteumien tarkastuksesta vastaavan henkilön on koko työmaan aikana tarkastettava koneiden mittaamia toteumapisteitä sekä niiden poikkeamia suunnitelmiin verrattuna. Liian suuret erot on korjattava heti työmaalla, mutta pienimpien ristiriitojen kohdalla voidaan tehdä raportti, jossa selitetään syyt. Työvaiheen valmistuttua rakenteesta tehdään kuvat, joissa on esitetty rakenteen poikkileikkaus sekä mahdolliset tasopoikkeamat. Kuvat lähetetään tilaajalle hyväksyttäväksi. (YIV 2019/1, 127 - 128)

Lopuksi työmaan kaikki data kootaan digitaaliseksi luovutusaineistoksi. Aineistoon sisällytetään kaikki työmaan sovitut asiakirjat ja mallipohjaisen rakentamisen tiedostot suunnittelusta ja työmaalta. Toteuma- ja tarketietojen perusteella mitatut rakenteet mallinnetaan ja sisällytetään aineistoon. (YIV 2019/1, 128)

4 MITTALAITTEET

4.1 Työnjohto

Työnjohto voi tehdä työmaan laatumittauksia useilla eri tavoilla. Yksi vaihtoehto on esimerkiksi käyttää ulkopuolista palveluntarjoajaa, kuten 3D-Koppi Oy:tä. 3D-Kopin palvelutarjontaan kuuluu GNSS-satelliittivastaanottimen (GNSS = Global navigation satellite system) myyminen ja vuokraaminen. GNSS-vastaanottimet voi yhdistää puhelimen tai tablettitietokoneen kanssa. Puhelimeen tai tablettitietokoneeseen ladataan esimerkiksi Infrakit -sovellus, jonka avulla voidaan tehdä työmaalla tarkkoja mittauksia. Yhtenä vaihtoehtona on esimerkiksi Novatron Oy:n tarjoama työnjohdon tabletti tietokone, jossa on täysin sama käyttöliittymä kuin Novatronin koneohjausjärjestelmissä. Molempiin edellä mainittuihin järjestelmiin voidaan ladata kaikki sama aineisto kuin työkoneille. Tämä helpottaa työnjohtoa havainnollistamaan työmaalla tehtävän kaivuun ja louhinnan määrät sekä tukee työnjohtoa työmaan suunnittelussa. Laitteille ladataan työmaan aineisto internetyhteydellä joko palvelimelta, pilvestä tai ne voi tuoda USB-muistitikulta. GNSS-vastaanotin kytketään Bluetooth-yhteydellä tai kytketään kaapelilla laitteisiin (kuten puhelimeen) ja sen avulla kohteesta saadaan kerättyä tarkkaa mittausdataa. GNSS-vastaanotin voidaan liittää työmaan omaan tukiasemaan yhdessä muiden työkoneiden kanssa tai vaihtoehtoisesti vastaanotin voidaan liittää virtuaaliseen tukiasemaan VRS (VRS = Virtual reference station), joka on hieman epätarkempi kuin työmaan oma tukiasema. (Toimitusjohtaja Sami Rautkoski, henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2021)

4.2 Koneohjaus

Koneohjauksella tarkoitetaan työkoneisiin asennettavaa laitteistoa, jonka kautta työkohteen suunnitelmat tulevat työkoneen kuljettajan näkyville työkoneeseen tätä tarkoitusta varten asennettuun näyttöön. Koneohjausjärjestelmiin kuuluu esimerkiksi monenlaisia antureita ja johtoja, jotka mittaavat työkoneen osien, kuten kaivinkoneen kauhan ja puomin liikettä. Tällä tavoin koneohjausjärjestelmässä saadaan esimerkiksi kaivinkoneen kauha näkymään myös laitteiston näytöllä, jolloin kauhan sijaintia voidaan verrata olemassa oleviin inframalleihin. Koneohjaus vähentää mittaajan työtä ja antaa kuljettajalle ajantasaisen kuvan työmaan rakennosista. Järjestelmällä voidaan tallentaa toteumapisteitä, joilla todennetaan tehty työ ja tehdään työnaikaista laaduntarkastusta.

Koneohjauslaitteisto saa tarkan sijaintinsa satelliiteista. Järjestelmä muun muassa sujuvoittaa työvaiheita, auttaa välttämään ylimääräistä kaivuuta sekä edesauttaa työmaata pitämään kiinni muualta tuodun kiviaineen suunnitelluista määristä. Kun laitteita käytetään oikein, säästetään aikaa, rahaa ja materiaaleja, kun työt tehdään kerralla oikein. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

4.3 Ohjelmat ja laitteet

Maailmalla on monenlaisia koneohjausjärjestelmiä, mutta Suomessa suurimmat ovat Novatron, Leica, Trimble ja Topcon. Koneohjausjärjestelmien kanssa toimivat pilvipalvelut yleistyvät ja tässä työssä perehdytään suomalaiseen Infrakit -palveluun. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

Infrakit pilvipalvelut tekevät tiedon siirron suunnittelijan, tietmallikoordinaattorin tai mittausvastaavan välillä helpoksi. Palvelu toimii projektipankkina ja sen avulla voidaan tieto siirtää suoraan työkoneisiin. (Infrakit)

Infrakit palvelua voidaan käyttää tietokoneen selaimella tai mobiililaitteelle suunnitellulla aplikaatiolla. Palvelu toimii kaikissa laitteissa, joissa on verkkoyhteys. Laitteen tarkkuus riippuu siihen yhdistetystä RTK-antennista, jolla päästään senttimetrin tarkkuuteen, kun taas ilman ulkoista RTK-antennia päästään metrin tarkkuuteen laitteen omaa paikannusta käyttäen tai paikannusta ei ole ollenkaan. Palveluun voidaan siirtää rakentamista tukevia tiedostoja esimerkiksi valokuvia. Oikeassa koordinaatistossa olevat mallit ja muu suunnitteluaineisto saadaan palveluun selvästi esitettävässä muodossa näkyviin. Palveluun voidaan viedä muitakin tiedostoja, kuten PDF-tiedostoja, ja sijoittaa ne kartalla liittyvään kohteeseen tiedostoon liitty. Valokuvia voidaan ottaa suoraan aplikaation kautta ja ne saavat kuvanottohetkellä oikeat koordinaatit. (Tietomalli asiantuntija Tero Maijala, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2021)

Infrakit palvelun kautta voidaan siirtää tiedostot työkoneille. Tiedostoista vaastaava henkilö siirtää halutut mallit ja taustakartat palvelimelle työmaan omaan kansioon johon on liitetty halutut työkoneet. Uudet tiedot näkyvät koneen näytöllä muutamassa minuutissa. Näin koneilla on ajantasainen tieto koko ajan käytettävissä ja vältetään muistitikojen tms. käyttämiseltä. Tämä vaikuttaa myös työturvallisuuteen kun työkoneen lähelle ei tarvitse mennä työskentelemään. (Tietomalli asiantuntija Tero Maijala, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2021)

Kun työkoneet halutaan lisätä Infrakit-palvelimelle on asennettava yrityksen tarjoama sovellus jotta yhdistäminen onnistuu. Novatron Oy:n laitteiden kanssa voidaan yhdistää suoraan palveluun, mutta muiden valmistajien kanssa tarvitaan linkitys ohjelma tiedon välitykseen. (Tietomalli asiantuntija Tero Maijala, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2021)

Työkoneiden ja muiden palveluun yhdistettyjen laitteiden toteuma mittaukset tulevat suoraan kartalle ja ilmoittavat eron mittauksessa käytettävään malliin. Työnjohto ja mittausvastaavat näkevät suoraan palvelusta rakentamisen edistymisen. Infrakit palvelussa voidaan myös tehdä massa vertailua eri rakenne mallien välillä ja seurata työmaan maa-ainesmääriä toteuma mittauksien avulla. (Tietomalli asiantuntija Tero Maijala, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2021)

Novatron Oy on 1991 perustettu perheyritys, jonka kotipaikka on Pirkkalassa. Novatron Oy:n kanssa yhteistyössä on MOBA, joka on maailmanlaajuinen toimija liikkuvien työkoneiden automaatioissa.(Novatron 2021 a). Novatron Oy:n lippulaivatuote on Xsite pro 3D. Xsite pro -järjestelmä on isolla näytöllä varustettu avoimeen LandXML formaattiin perustuva laite. Järjestelmä on helppo liittää pilvipalveluihin, joiden kautta pystytään jakamaan työmaan mallit saumattomasti. (Novatron 2021 b) .Novatronin työkoneautomaatiojärjestelmä voidaan asentaa kaivinkoneisiin, puskukoneisiin, pyöräkuormaajiin, paalutuskooneisiin ja poravaunuihin. Saman käyttöliittymän saa käyttöön myös työmaan työnjohdolle. Novatron myös tarjoaa omaa tukiasemapalveluaan, joka perustuu Trimblen verkkoon. (Toimitusjohtaja Sami Rautkoski, henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2021).

Leica on sveitsiläinen mittalaittevalmistaja, jonka tuote on nimeltään Leica MC1. Yrityksellä on lähes 200 vuoden kokemus mittalaitteiden valmistamisesta. (Leica 2021 a). Leican MC1-koneohjausjärjestelmä on monipuolinen ja tarkka koneohjausjärjestelmä, joka poikkeaa esimerkiksi Novatron Oy:n tuotteesta siten, että vaikka järjestelmään voidaan tuoda samaa LandXML-aineistoa kuin Novatron Oy:n järjestelmään, se toimii paremmin sen omilla formaateilla. Leican järjestelmä on suljettu ympäristö ja se toimii oman pilvipalvelun ConX:n kautta. Tarvittaessa koneet pystytään liittämään Infrakitin kaltaiseen pilvipalveluun, mutta liittäminen on tehtävä erillisen liitäntäohjelman kautta joka on ohjelmoitu Infrakitin sisään. Tämä ylimääräinen ohjelma kuitenkin hidastaa mallien siirtoa ja toteumatiedon käsittelyä pilvessä. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020) Leicalta löytyy koneohjauslaitteita kaivinkoneisiin, puskukoneisiin, tiehöyliin, kuormaajiin, poralaitteisiin, raappauskoneisiin, asfalttikoneisiin, jyrsimiin ja jopa hiihtokeskuksen ylläpitokoneisiin. (Leica 2021 b)

Trimble on yhdysvaltalainen yritys ja sen tuotteena on Trimble Earthworks. Trimblen järjestelmä on suljettuna järjestelmänä hyvin samanlainen kuin edellä mainittu Leican tuote. Trimblen koneohjausjärjestelmä ei kuitenkaan tue LandXML formaattia siten, vaan Trimblen järjestelmää varten inframallit on käännettävä Trimblen tarjoamalla Business Center -ohjelmalla. Tiedostojen muuntaminen oikeaan järjestelmään on työlästä. Tiedostojen muuntaminen ei myöskään ole tarkoituksenmukaista suomalaisen YIV-ohjeen maarakentamisen standardoinnin mukaan. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

Topcon on japanilainen yritys ja sen koneohjausjärjestelmällä on hyvin samankaltainen toimintatapa Trimble Oy:n tuotteen kanssa. Topconin järjestelmällä on myös oma suljettu ympäristö ja LandXML formaatin mukaiset Inframallit on käännettävä Topconin omaan formaattiin. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

Edellä mainitujen laitevalmistajien suljetut ympäristöt ovat ymmärrettäviä, mutta koska YIV-ohjeessa pyritään avoimen datan käyttöön, ovat nämä suljetut järjestelmät hyvin haasteellisia. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

Novatron Oy toimii Infrakit palvelun kanssa saumattomasti yhteen, mutta muiden valmistajien kanssa on käytettävä niiden omia järjestelmiä. Novatron Oy:llä on myös oma FTP-serveri, jonka avulla voidaan siirtää ilmaissovelluksilla tietoa mallien tekiältä suoraan työkoneisiin ja muihin novatronin mittalaitteisiin. Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020.

Suuret yritykset kuten Trimble, Topcon ja Leica, pyrkivät palvelemaan omia laitteitaan yhdistämällä kaikki työmaan mittalaitteet omien palveluiden sisälle. Nämä suljetut järjestelmät toimivat hyvin ja tarjoavat valtavasti toimintoja omille tuotteilleen. Trimblen järjestelmä on Trimble Earthworks, Topconin on 3DSitelink ja Leican ConX. Suljettujen järjestelmien heikkous näkyy erityisesti Suomessa, koska monilla rakennuttajilla on enää hyvin vähän omia työkoneita. Kun työkoneet pitää tilata alihankkijoilta, on laitevalmistajia yleensä työmaalla monia. Kun työmaalla on useita eri valmistajia, on tiedonsiirto erityisen merkittävää. Mittausvastaavan on hankittava tunnukset jokaisen laitevalmistajan pilvipalveluun ja lisättävä tiedostot jokaiseen erikseen. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

Laitteissa on myös pieniä eroja niiden tukemissa tiedostoformaateissa. Kaikki valmistajat tukevat nykyään LandXML formaattia, mutta siinä formaatissa ei välttämättä välity kaikki

malleissa oleva tieto, joten tiedostot on siirrettävä laitevalmistajien natiiviformaatteihin, joka on taas yksi työvaihe lisää. Infrakit palveluun voidaan liittää kaikki suurimmat laitevalmistajat niiden liitännäis ohjelmien avulla. Tiedostot ladataan Infrakit palveluun ja sitä kautta ne päivittyvät kaikkiin työmaan laitteisiin. (Mittauspäällikkö Antti Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2020)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa mallipohjaisten työmaiden haasteista ja tuoda tilaajaorganisaatiolle lisää tietoa aiheesta sekä pyrkiä luomaan ratkaisumalleja vallitsevaan tilanteeseen. Opinnäytetyöhön kerätty tieto on hankittu YIV-ohjeesta ja sen tämän työn kannalta tärkeimmistä osista sekä haastatteleamalla 3D-Kopin asiakkaina olevien yritysten mallipohjaisuudesta vastaavia henkilöitä. Haastatteluissa keskityttiin henkilöstön osaamiseen ja sen kehittämiseen mallipohjaisen rakentamisen laadunvarmistuksessa, laadukkaamman työskentelyn saavuttamiseksi. Haastatteluiden pohjalta huomattiin, että kuljettajien ja työnjohdon rajoitettu osaaminen mittausvaatimuksista johtaa nykyään kuitenkin yleensä siihen, että kerätyissä mittaustiedoissa on paljon puutteita. Puutteellisuus johtuu ennen kaikkea siitä, että ennen mallipohjaisuutta mittausvaatimusten ja mittaustietojen kerääminen kuului yksin mittamiehen osaamisalaan ja työkuvaan. Nykyään mittaajia ei työmaalla nähdä yhtä paljon kuin ennen vaan työmaalla luotetaan koneenkuljettajan toteumamittauksiin.

Tutkimuksessa on käytetty lähteitä eri kokoisista yrityksistä ja vuoden 2019 versiota YIV ohjeesta. Pidän lähteitä erittäin luotettavina ja yritysten henkilökuntaa hyvin ajan tasalla olevina ammattilaisina.

LÄHTEET

YIV 2019/1. YLEISET INFRAMALLIVAATIMUKSET YIV 2019/1. Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2.5.2019. Viitattu 20.1.2021. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf

Infrakit. Tuote. Viitattu 20.1.2021. <https://infrakit.com/fi/tuote/>

Leica 2021 a. Keitä me olemme. Viitattu 20.1.2021. (<https://leica-geosystems.com/fi-fi/about-us/summary/who-we-are>)

Leica 2021 b. Koneohjausjärjestemät. Viitattu 20.1.2021. <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/machine-control-systems>

Novatron 2021 a. Novatron Oy. Viitattu 20.1.2021. <https://novatron.fi/yritys/>

Novatron 2021 b. 3D koneohjaus. Viitattu 20.1.2021. <https://novatron.fi/koneohjaus/kaivinkoneisiin/xsite-pro-edistynyt-3d/>