

Antti Aaltonen

Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilausohjeen laatiminen Turun kaupungin tilapalvelukeskukselle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

10.9.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Aaltonen Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilausohjeen laatiminen Turun kaupungin tilapalvelukeskukselle 24 sivua + 3 liitettä 10.9.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	mittaustyöpäällikkö Harri Kottonen lehtori Jussi Laari
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli laatia Turun kaupungin tilapalvelukeskukselle ohjeet korjausrakentamiseen liittyvien laserkeilauksen- ja tietomallinnusprojektien tilaamiseen. Hyvän tilauksen määrittelyn avulla voidaan tilaajan osalta säästää rahaa ja lopputuotteena saadaan varmemmin juuri sellaista aineistoa kuin kohteesta tulevan suunnittelun kannalta tarvitaan. Työhön valitun toimittajan kannalta hyvin tehty tilaus on myös selkeämpi, ja tarjoaminen sekä suunnittelu on helpompaa. Kattava tilauksen määrittely ehkäisee myös mahdollisia riitatilanteita työn sisällöstä.</p> <p>Työn aikana perehdyttiin inventointimallin laatimisen eri vaiheisiin muun muassa suorittamalla itse laserkeilauksia neljässä eri kohteessa kahdella eri laserkeilaimella sekä mallintamalla niistä saatua pistepilviaineistoa. Aineistoa itse tuottamalla saatiin käsitys siitä, millälaisia työvaiheita prosessi sisältää. Ohjeita laadittaessa pyrittiin myös asettumaan kummankin, tilaajan ja työn toimittajan asemaan ja miettiä mitkä seikat kummallekin tilauksessa ovat tärkeitä. Osittain ohjeet on laadittu haastatteleamalla alan asiantuntijoita heidän kokemuksistaan aiheeseen liittyen.</p> <p>Työn aikana kerätyt havainnot ja tulokset siirrettiin lopputuloksena tilapalvelukeskukselle laadittuihin laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilausohjeisiin sekä tilauslomakkeeseen. Tilausohjeiden ja tilauslomakkeen avulla pyritään takaamaan se, että tilaaja saa lopputuotteena aina mahdollisimman tarkoituksenmukaista aineistoa kustannustehokkaasti. Tilausohjeissa tilausprosessi käydään läpi aina alun hankinnasta lopun laadunvarmistukseen ja arkistointiin asti. Tilauslomake puolestaan tarjoaa nopean työkalun muistilistaksi tilaajalle. Tilapalvelukeskukselle annettiin myös ohjeita siitä, miten tietomallien hallinta tulisi tulevaisuudessa selkeyttää ja vastuuttaa nykyistä paremmin.</p>	
Avainsanat	laserkeilaus, tietomalli, tilaaminen

Author Title	Antti Aaltonen Ordering Laser Scanning and Building Information Modeling instructions for the property management center of Turku.
Number of Pages Date	24 pages + 3 appendices 10 September 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Harri Kottonen, Surveying Manager Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>The goal of this final year project was to create specific instructions for ordering laser scanning and building information modellings for renovation projects of the property management center of Turku, in order to make renovations easier to plan and, thus more predictable for the contractor. Ultimately, this would reduce the number of projects exceeding the budget.</p> <p>Information about laser scanning for the thesis was gathered by doing field work with two different laser scanners at four locations. After the laser scanning, also modelling from point clouds was tested with two different modelling programmes. Furthermore several professionals in the fields of laser scanning and building information modelling were interviewed for the thesis.</p> <p>As a result ordering instructions and an ordering form were created for the property management center. The instructions will support the orderer when making an order, and the form will act as a check list. By following the instructions and the form, the orderer can ensure that the material received is appropriate and suitable for the future planning of a building.</p>	
Keywords	laser scanning, building information model, BIM, ordering

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laserkeilaus	4
2.1	Perusteet	4
2.2	Pistepilvien yhdistäminen	7
2.3	Työssä tehdyt keilaukset	9
2.4	Havaintoja laserkeilausten, pistepilvien käsittelyn ja mallinnuksen pohjalta	11
3	Tietomallinnus	13
3.1	Tietomallinnus yleisesti	13
3.1.1	Vaatimusmalli	13
3.1.2	Inventointimalli	13
3.1.3	Toteutussuunnitteluvaiheen mallit eli suunnittelumallit	14
3.1.4	Yhdistelmämalli	14
3.1.5	Toteumamalli	14
3.1.6	Ylläpitomalli	14
3.2	Tietomallien käyttö Turun kaupungin korjausrakentamisessa	14
3.3	Yleiset tietomallivaatimukset	15
4	Tilausohjeistus	16
4.1	Yleisesti	16
4.2	Hankinta	16
4.3	Tilaamisen ajoitus peruskorjaushankkeissa	16
4.4	Ohjeita laserkeilauksen tilaamiseen	18
4.5	Ohjeita tietomallinnuksen tilaamiseen	19
4.6	Muita ohjeita tilaajalle	20
4.7	Laadunvarmistus	21
4.8	Arkistointi	21
5	Yhteenveto	23
	Lähteet	25
	Liitteet	
	Liite 1. Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilausohje	

Liite 2. Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilauksen määrittelylomake

Liite 3. Laserkeilausraportti

Lyhenteet

BIM	Building Information Model eli rakennuksen tietomalli.
GNSS	Global Navigation Satellite Systems. Yhteinen nimitys eri satelliittipaikannusjärjestelmille ja niiden hyödyntämiselle.
RGB	Punaisen, vihreän ja sinisen valon sekoittamiseen perustuva värimalli.
UAV	Unmanned aerial vehicle, eli miehittämätön ilma-alus.
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset. Rakennustieto Oy:n laatimat ohjeet tietomallinnushankkeille.

1 Johdanto

Laserkeilauksen pohjalta tehdyt tietomallit ovat yleistyneet viime vuosina voimakkaasti, ja suuntaus on edelleen kasvava. Tietomallien käytön yleistyminen on ollut nähtävillä muiden rakentamisen alojen ohella myös korjausrakentamisessa ja myös Turun kaupunki on siirtymässä enenevässä määrin tietomallien käyttöön. Varsinkin vanhoissa rakennuksissa rakennuspiirustusten tiedot ovat usein joko virheellisiä, puutteellisia tai sitten niitä ei löydy lainkaan. Tällöin lähtötietojen päivittäminen on välttämätöntä. Minimissään tämä tarkoittaa uusien mittojen ottamista suunnittelun kannalta kriittisimmistä paikoista ja kattavimmillaan puolestaan koko rakennuksen laserkeilauksen pohjalta laadittavaa inventointimallia. Ennen inventointimallin laatimista tarvitaan hyvälaatuinen pisteilviaineisto, jonka pohjalta mallinnustyö voidaan tehdä. ”Sitä saat mitä tilaat” pätee kärkeä myös laserkeilauksessa. Mikäli tilauksen määrittely on puutteellinen, on todennäköistä, että tilaajalle toimitettava aineisto on sitä myös. Lisäksi mahdolliset lisätöinä tehtävät laserkeilaukset tulevat usein huomattavasti kalliimmiksi kuin varsinaiseen urakkaan sisältyvät työt.

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli luoda Turun kaupungin tilapalvelukeskukselle ohje laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilaamiseen. Työn aikana pohdittiin myös, miten laserkeilauksen ja tietomallinnuksen laatua voitaisiin tarkkailla sekä miten aineisto tulisi arkistoida.

Turun kaupungin tilapalvelukeskus organisaationa kuuluu suoraan kaupunginhallituksen alaisuudessa toimiviin palvelukeskuksiin. Sen tehtävänä on vastata kaupungin omistuksessa olevasta tilaomaisuudesta ja sen kehittämisestä kaupungin tavoitteiden mukaisesti. Tilapalvelukeskus jakautuu neljään eri yksikköön: tilatarpeet ja omaisuudenhallinta, vuokraus ja toimitilapalvelut, ylläpito sekä energia ja talotekniikka.

Insinööriyön tuloksista hyötyy tilapalvelukeskuksen lisäksi myös kaupunkirakentamisen palvelualue, joka kuuluu kaupunkiympäristötoimialan alaisuuteen. Kaupunkirakentamisen tehtäviin kuuluu katujen ja muiden yleisten alueiden toteutussuunnittelu, ylläpito, sekä kaupungin toimitilojen rakennuttaminen. Tilapalvelukeskus ja kaupunkirakentaminen tekevät yhteistyötä kaupungin rakennettua omaisuutta kehitettäessä tarve- ja hankesuunnittelun saralla. Tässä yhteydessä myös kaupunkirakentamisen palvelualue on tilannut muutamia yksittäisiä laserkeilauksia ja tietomallinnuksia.

Turun kaupungilla vuoden 2018 alussa tehty organisaatiomuutos vaikuttaa vieläkin ajoittain siten, että jotkin tehtävät ja vastuut ovat epäselviä eri toimialojen ja palvelukeskusten välillä. Kuvassa 1 selvennetään Turun kaupungin hallinnollista organisaatiota.

Turun kaupungin hallinnollinen organisaatio



Kuva 1. Turun kaupungin hallinnollinen organisaatio (Turun kaupunki 2018)

Tilapalvelukeskus ja kaupunkirakentamisen palvelualue ovat tilanneet vasta hyvin vähän laserkeilauksia ja tietomallinnuksia. Tulevaisuudessa kuitenkin tavoitteena on lisätä määrää ja viedä jokainen merkittävä peruskorjauskohde läpi tietomallipohjaisena. Turun kaupungin organisaatiolla ei tällä hetkellä ole tarvittavaa kalustoa tai henkilöresursseja laserkeilausten suorittamiseen tai pistepilviaineistojen mallintamiseen, joten työ tilataan aina ulkopuoliselta konsultilta. Aikaisemmat laserkeilaukset ja tietomallinnukset on tilattu vaihtelevalla ohjeistuksella eri henkilöiden toimesta, eikä aineistoa ole joka kerta pystytty hyödyntämään aivan toivotunlaisesti. Tilauksen kattava määrittely antaisikin paremman kuvan keilaajille ja mallintajille siitä, minkälaista aineistoa halutaan, millä tarkkuudella ja missä laajuudessa. Työn tilaaja voi myös tällöin saada paremman takeen laadukkaasta ja käyttökelpoisesta lopputuotteesta, joka on juuri tilaajan toiveiden mukainen.

Insinööriyön aikana tuotettiin itse kokeeksi laserkeilausaineistoa kahdella eri laserkeilaimella, ja testattiin näiden aineistojen mallintamista. Näistä kokeiluista saatujen koke-

musten ja alan asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella laadittiin lopputuloksena tila- palvelukeskukselle ohjeistus, jolla pyritään siihen, että tilaaja saisi mahdollisimman korkealaatuista ja tarkoituksenmukaista aineistoa. Lisäksi laadittiin tilauksen määrittelylo- make tilaajan muistilistaksi. Haluan kiittää kaikkia tämän työn tekemisessä auttaneita. Erityiskiitokset haluan osoittaa Geotrim Oy:n Juho Simoselle sekä Symetri Oy:n Miika Kostamolle tässä työssä käytettyjen laserkeilainten ja ohjelmien lainasta sekä opastuk- sesta.

2 Laserkeilaus

2.1 Perusteet

Laserkeilaus on mittaustapa, jolla voidaan hankkia mittatarkkaa tietoa itse mitattavaan kohteeseen koskematta. Laserkeilain tuottaa näkemästään ympäristöstä kolmiulotteisen pistepilven, jonka jokaisella pisteellä on koordinaatit x , y ja z . Mittaus perustuu lasersäteeseen, jonka kulku-aikaa tai vaihe-eroa laserkeilain laskee ja osaa täten laskea etäisyyden jokaiselle mitattavasta pinnasta takaisin heijastuvalle säteelle. Jokainen mitattu piste omaa sävyarvon, joka riippuu siitä millä, intensiteetillä lasersäde mittauspinnasta palautuu. Sävyarvot helpottavat eri kohteiden tunnistamista pistepilvestä. (Koski 2001: 23–24.) Usein laserkeilaimella otetaan mitattavasta ympäristöstä myös valokuvat. Tällöin saatavien kuvien lisäksi voidaan jokaiselle pisteelle määrittellä RGB-väriarvo, joka jälleen auttaa myöhemmässä pistepilven käsittelyssä ja mallintamisessa.

Laserkeilauksen etuihin verrattuna perinteiseen takymetrimittaukseen kuuluvat suuri mitatun datan määrä sekä nopeus. Laserkeilain mittaa kaiken näkemänsä parhaimmillaan millimetritarkkuudella. Laserkeilaimesta riippuen muutaman minuutin pyörähdysen aikana saadaan mitattua miljoonia pisteitä. Kohteet voidaan mitata etäältä, joten laserkeilaus sopii hyvin sellaistenkin kohteiden mittaamiseen, joiden läheisyyteen itse mittaajalla ei ole työturvallisuuden puolesta asiaa. (Koski 2001: 24.)

Ympäristön kirkkaudella tai pimeydellä ei ole juurikaan vaikutusta laserkeilaukseen. Kuitenkin sateen tai lumisade taikka muu vastaava ilmassa leijuva massa saattaa estää keilauksen heijastamalla lasersäteen takaisin laserkeilaimelle jo ennen kohdetta. (Koski 2001: 24.)

Laserkeilaimia voidaan luokitella monin eri tavoin. Käyttötarkoituksensa perusteella ne voidaan luokitella kolmeen pääluokkaan seuraavanlaisesti:

- Kaukokartoitus-laserkeilaimet, joiden mittausetäisyys on kaikkein pisin alkaen sadasta metristä aina sataan kilometriin. Mittaustarkkuudessa päästään parhaimmillaan muutamien senttien tarkkuuteen. Kaukokartoitus-laserkeilain on yleensä kiinnitettynä helikopteriin tai lentokoneeseen. Järjestelmä sisältää lisäksi

GNSS-laitteiston paikantamiseen sekä inertiajärjestelmän, joiden avulla pisteet saadaan sijoitettua haluttuun koordinaatistoon.

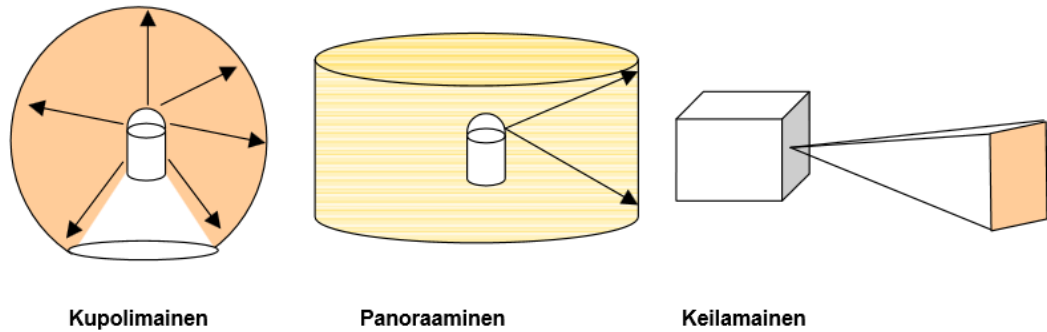
- Maalaserkeilaimet, joiden kantama vaihtelee hieman alle metristä kolmeensataan metriin ja mittaustarkkuus kahdesta sentistä aina milleihin. Maalaserkeilaimia voidaan käyttää esimerkiksi lähtötietojen hankintaan tai toteuman mittamiseen. Maalaserkeilain voidaan asettaa joko jalustan päälle taikka lattialle riip-puen mitattavasta kohteesta.
- Teollisuuslaserkeilaimet, joiden mittausetäisyys on alle 30 metriä. Tarkkuudessa päästään jopa alle millimetrin tuloksiin. Teollisuuslaserkeilain on periaatteessa kuin maalaserkeilain, mutta mitatut kohteet ovat tyypillisesti pieniä ja vaativat erittäin suurta tarkkuutta.
- Mobiililaserkeilaimet, jotka keilaavat liikkeestä. Mobiililaserkeilaimen sijoituspaikka on useimmiten autossa, laserkeilaimia voi kuulua järjestelmään yksi tai kaksi. Lisäksi järjestelmä vaatii paikanmääritykseensä GNSS-inertialaitteiston. (Cronvall ym. 2012.)

Tässä insinööriyössä käytetyt laserkeilaimen olivat kummatkin tyypiltään maalaserkeilaimia. Myös tietomalleja varten tapahtuva datan keruu on usein järkevintä tehdä juuri maalaserkeilainten avulla. Poikkeuksen voivat tehdä esimerkiksi kat-topinnat, joissa UAV:n avulla ilmasta käsin tapahtuva laserkeilaus on usein mielekkäämpää. Maalaserkeilaimet voidaan vielä toimintaperiaatteensa perusteella jakaa kolmeen eri luokkaan:

- kupolimaiseen mittaustapaan perustuvat
- panoraamiseen mittaustapaan perustuvat
- keilamaiseen mittaustapaan perustuvat.

Suurin osa nykyisistä laserkeilaimista perustuu kupolimaiseen mittaustapaan. Kupolimaisilla laserkeilaimilla ainoa katvealue jää laserkeilaimen juurelle, mikä on etu varsinkin kohteissa, joissa halutaan mitata koko laserkeilaimen ympäristö. Tämä on usein tarpeen

varsinkin inventointimittausta suoritettaessa. Myös tässä insinööriyössä käytetyt laserkeilaimet mittaavat kupolimaisesti. (Joala. 2006: 2.) Kuva 2 havainnollistaa eri mittaus-
tapojen eroja.

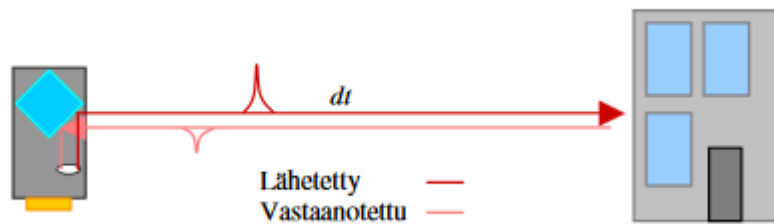


Kuva 2. Erilaisia laserkeilainten mittaus-
tapoja (Joala 2006)

Laserkeilaimet voidaan jaotella myös etäisyydenmittaus-
tapansa perusteella kolmeen eri ryhmään:

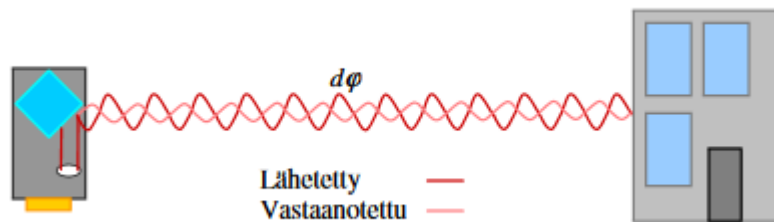
- signaalin kulku-aikaan perustuviin laserkeilaimiin (pulssilaserkeilaimet)
- vaihe-eroon perustuviin laserkeilaimiin
- optiseen kolmiomittaukseen perustuviin laserkeilaimiin.

Pulssilaserkeilaimet perustuvat lasersäteiden paluunajan laskemiseen mitatulta pinnalta takaisin laserkeilaimelle. Kuluneen ajan perusteella on mahdollista määrittää kohteen etäisyys laserkeilaimesta. Laserkeilaimen tarkkuus riippuu tässä tapauksessa sen ajanmäärityksen tarkkuudesta. Pulssilaserkeilaimet ovat pääsääntöisesti tarkoitettu pidemmille mittausmatkoille. Mitattavat pistemäärät ovat usein pienempiä kuin vaihe-eroon perustuvilla laserkeilaimilla. (Cronvall ym. 2012.) Kuvassa 3 selvennetään pulssilasermittauksen mittausperiaatetta.



Kuva 3. Pulssilasermittauksen peruseriaate (Kukko 2005)

Vaihe-erolaser perustuu jatkuvasti laserkeilaimesta lähetettävään signaaliin, jonka intensiteetti on moduloitu siniaalloilla tai jollakin monimuotoisemmalla aaltomuodolla, joka sisältää useampia erilaisia kantoaallonpituuksia. Signaali heijastuu mitattavasta kohteesta ja laserkeilain määrittää lähettämänsä ja vastaanottamansa signaalien välisen vaihe-eron sekä laskee etäisyyden kohteeseen sen perusteella. (Kukko 2005: 7.) Kuvassa 4 on havainnollistettu vaihe-eromittaukseen perustuvaa mittaustapaa.



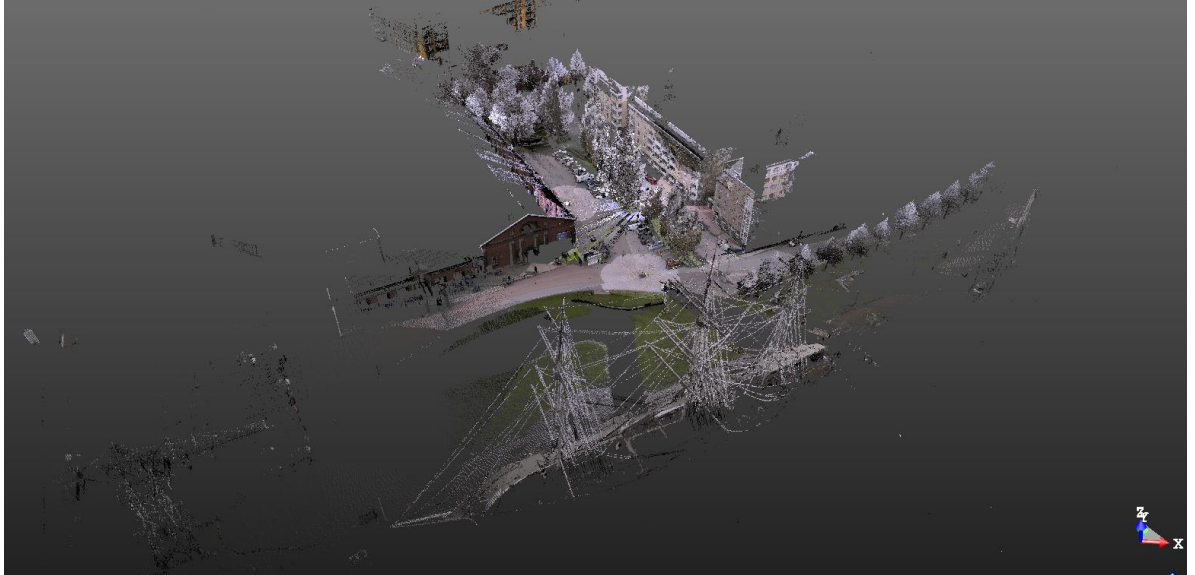
Kuva 4. Vaihe-eromittauksen peruseriaate (Kukko 2005)

Optiseen mittaustapaan perustuvat laserkeilaimet lähettävät mitattavan kohteen pintaan valopisteen, jonka heijastus saapuu linssin kautta sensoriin, joka rekisteröi sijainnin. Etäisyyden laskenta tapahtuu valonlähteen ja sensorin etäisyyden sekä saapuvan valon tulokulman perusteella. (Cronvall ym. 2012.)

2.2 Pistepilvien yhdistäminen

Tyypillisesti laserkeilausprojekti saattaa sisältää pistepilviä useista, jopa kymmenistä eri kojeasemista, jolloin eri kojeasemista mitatut pistepilvet täytyy jälkikäteen yhdistää toisiinsa. Tämä tehdään erityisillä pistepilvien käsittelyyn tehdyillä ohjelmilla, kuten Leica

Cyclone, Trimble RealWorks tai Faro Scene. Pistepilvien yhdistämistä kutsutaan rekisteröinniksi. Pistepilvien yhdistäminen voidaan suorittaa joko mittauspaikalle sijoitettujen tähyksen perusteella tai suoraan pistepilvestä vastinpisteiden avulla. Kuvassa 5 on yhden insinööriyössä mitatun kohteen pistepilviaineisto rekisteröitynä.



Kuva 5. Rekisteröity pistepilviaineisto Trimble Business Centerissä

Tähyksiä voidaan käyttää pistepilvien yhdistämiseen sellaisenaan ilman että niille annetaan tunnettuja koordinaatteja, tai sitten koordinaatit voidaan jokaisen tähyksen osalta mitata kiinni takymetrillä ja yhdistäminen suorittaa näiden koordinaattien perusteella. Kuitenkin mikäli kohde halutaan saada globaaliin koordinaatistoon, tulee ainakin muutamille tähyksille mitata koordinaatit. Tähyksiä käytettäessä tulisi jokaiselta kojeasemalta olla näkyvyys vähintään kolmelle tähykselle. Mittaajan tulee myös huolehtia tähyksen geometriasta suhteessa keilaimeen. Esimerkiksi tilannetta, jossa tähykset sijaitsevat kaikki samassa suunnassa ja samalla korkeudella tulisi välttää.

Mikäli yhdistäminen tapahtuu ilman tähyksiä, tulee jokaiselta kojeasemalta olla aina riittävä vastaavuus vähintään yhdelle muulle kojeasemalle, jotta yhdistäminen onnistuu luotettavasti. Pistepilvien rekisteröimisessä voidaan myös käyttää tähyksiin ja vastinpisteisiin perustuvia yhdistämistapoja sekaisin. (Wilska 2018.)

2.3 Työssä tehdyt keilaukset

Insinööriyön aikana laserkeilattiin kaikkiaan neljä kohdetta kahdella eri keilaimella. Tarkoituksena oli saada omakohtaista kokemusta laserkeilauksesta ja pistepilviaineistojen käsittelystä, jota voitaisiin hyödyntää ohjeiden laadinnassa. Geotrim Oy tarjosi työtä varten käyttöön SX-10-keilaintakymetriä. Aineiston käsittelyyn puolestaan sain kokeilulisenssit Trimble Business Centerin keilausmoduuliin sekä Trimblen RealWorks- pistepilvien käsittelyohjelmaan. Symetri Oy antoi käyttööni puolestaan Faro Focus S-70 -keilaimen, ja tarjosi vastaavasti kokeilulisenssin Faro Scene pistepilvien käsittelyohjelmaan. Faro Focuksen aineistojen mallinnusta testattiin Turun maastomittaukselta löytyneellä Autodeskin Revit-tietomallinnusohjelmalla.

SX-10-keilaintakymetrin laserkeilausperiaate on säteen kulku aikaan perustuva. Se omaa nimensä mukaisesti myös takymetrin ominaisuudet, ja sillä onkin mahdollista suorittaa laserkeilauksen ohella esimerkiksi kaikki maastomittaukselle nykyisin Turun kaupungilla kuuluvat rakennusvalvontamittaukset. Suurin ero käyttäjälle tavanomaisiin takymetreihin nähden on se, ettei SX-10:ssä ole lainkaan kaukoputkea, vaan tähystäminen, kuten kaikki muukin laitteen käyttö, tapahtuu mukana tulevan tabletin näytöltä käsin. Itse laite sisältää hallintalaitteista ainoastaan virtanäppäimen. Laserkeilauskohteina SX-10:lle olivat Turun kaupungin tilapalvelukeskuksen Linnankatu 90 sijaitsevan toimiston toisen kerroksen taukokuone ja kokoustila sekä Forum Marinum -merimuseon edusta. Kuvassa 6 on esitetty Trimble SX-10 Forum Marinumin edustalla.



Kuva 6. Trimblen SX-10-keilaintakymetri

Faro Focus erottuu huomattavasti SX-10:ntä kevyemmällä rakenteellaan. Myös laserkeilaimen pyörähdysaika on lyhyempi ja mitattujen pisteiden määrä pyörähdyksen aikana suurempi. Kuitenkaan Focuksella ei ole samoja takymetrin ominaisuuksia kuin SX-10:llä. Focuksella suoritettut laserkeilaukset sijoittuivat Turun kaupungin maastomittauksen pesuhallin tiloihin Ruissalontielle sekä tilapalvelukeskuksen Linnankadun tauko- ja neuvottelutiloihin.

Kohteet laserkeilaimille valittiin siten, että kummaltakin saataisiin vertailukelpoista dataa samasta tilasta, eli tässä tapauksessa Linnankadun toimistolta. Sen lisäksi laserkeilattiin kaksi hieman erilaista kohdetta, joilla testattiin kummankin keilaimen soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin. Forum Marinumin edusta oli laserkeilauskohteista ainoa, joka mitattiin globaaliin koordinaatistoon. Lopuille luotiin paikalliset koordinaattijärjestelmät. Kuvassa 7 on esitetty Faro Focus S-70 -laserkeilain.



Kuva 7. Faro Focus S-70 -laserkeilain

2.4 Havaintoja laserkeilausten, pistepilvien käsittelyn ja mallinnuksen pohjalta

Yksi tavoitteista laserkeilauksen suhteen oli selvittää itselleni eri työvaiheita, joita siihen liittyy. Laserkeilausten aikana pohdittiin myös, mitä tietoa laserkeilaukseen valitun toimittajan tulisi saada tilaajalta, jotta työn suunnittelu olisi helppoa ja laserkeilaus sitä kautta sujuvaa. Eri keilausten pohjalta saatiin käsitystä siitä, minkälaista ajankäyttöä erilaiset kohteet vaativat. Ilmi tuli myös monia asioita, joita keilaajan tulee työssään ottaa huomioon. Esimerkkinä mainittakoon vaikkapa rakenteiden tiellä olevat verhot, laserkeilattavan kohteen julkisivun edessä olevat autot ja laserkeilattavissa tiloissa mittauksen aikana liikkuvat ihmiset. Tilaajan olisi hyvä käydä aina laserkeilaukseen valitun toimittajan kanssa fyysisesti paikanpäällä ennen mittauksia tarkastamassa kohde ja selvittämässä tehtävänantoa.

Laserkeilausta mietittiin myös suunnittelijan kannalta. Suunnittelijaa kiinnostavat usein erityisesti tietynlaiset rakenteet riippuen aina siitä, mitä tiloihin ollaan suunnittelemassa. Tilauksessa pitäisikin mahdollisimman tarkasti kertoa, mikäli tällaisia rakenteita tai alueita on, jotta niiden laserkeilaamiseen kiinnitetään tarpeeksi huomiota työn aikana.

Työturvallisuus on aina arvioitava tapauskohtaisesti. Laserkeilauskohteiden suuren vaihtelevuuden takia työssä kohdattavat riskit ovat hyvin moninaisia. Työn tilaajan tulee laserkeilausta tilatessa määritellä kohteeseen mahdollisesti liittyviä riskit. Myös työn toimittajan tulee perehtyä kohteen riskeihin huolellisesti ennen laserkeilauksen aloittamista.

Laserkeilausaineiston jälkikäsitteilyyn tulee kokeilujen perusteella varata runsaasti aikaa. Pistepilvien rekisteröinti ja vienti toisiin tiedostomuotoihin vaatii oman aikansa, ja nämä toimenpiteet on järkevintä usein tehdä yön aikana, jotta vältetään turhalta odottelulta. Käytössäni olleen tietokoneen tehot olivat valitettavan rajalliset, mikä asetti omat haasteensa pistepilvien rekisteröinnille ja tietomallinnukselle. Tietokoneen kokoonpano oli seuraavanlainen:

- Työasema: Lenovo ThinkStation P310
- Käyttöjärjestelmä: Windows 7, Enterprise
- Näytönohjain: HP NVIDIA Quadro K620 2 Gt -näytönohjain
- Suoritin: Intel Core I7
- Muisti: RAM 8 Gt.

Itselleni tietomallinnus ei ollut entuudestaan kovinkaan tuttua, eikä sen opettelulle jäänyt tämän insinööriyön aikana kyllin aikaa, joten tietomallintamisen osalta ei voitu tämän työn perusteella tehdä sen suurempia omakohtaisia havaintoja. Nyt laserkeilattua ja osittain mallinnettua aineistoa voidaan kuitenkin jatkossa mahdollisesti hyödyntää esimerkiksi kaupungin sisäisessä koulutuksessa tietomalleista kerrottaessa.

3 Tietomallinnus

3.1 Tietomallinnus yleisesti

Rakennuksen tietomalli (englanniksi Building Information Model, eli BIM) on rakennuksen 3D-malli digitaalisessa muodossa. Tietomallin perusajatus on se, että se sisältää tietoa, joka on sisällä mallin eri objekteissa. Tietomallin pyrkimys on olla rakennuksen geometrian ja tietojen suhteen hyvin täsmällinen. Tietomallien keskeisimpiä hyötyjä on tiedonkulun ja yhteistyön sujuvuuden parantaminen suunnittelu- ja rakennusvaiheiden aikana. Tietomallilla pyritään hyötyihin kuitenkin myös koko rakennuksen elinkaaren aikana, niin suunnittelun, rakentamisen kuin ylläpidon ja tulevien korjausten osalta. (Tekla 2018.) Tässä työssä käydään läpi pintapuolisesti korjausrakentamiseen liittyvää tietomallinnusprosessia eri tietomallien osalta, jotka siihen liittyvät. Korjausrakentamisessa käytettävät tietomallit voidaan jakaa seuraavasti.

3.1.1 Vaatimusmalli

Hankkeen alussa kohteesta laaditaan vaatimusmalli, josta käyvät ilmi hankkeen vaatimukset ja tavoitteet tilaajan osalta. Vaatimusmalli ei välttämättä ole kolmiulotteisessa muodossa, vaan se voi olla myös taulukko. Vaatimusmallin keskeinen tehtävä on tukea tulevasta investoinnista tehtävää päätöstä selvittämällä erilaisia vaihtoehtoja. (YTV osa 1, 2012: 11–12.)

3.1.2 Inventointimalli

Inventointimalliksi kutsutaan korjattavan rakennuksen tietomallia tai uudisrakennuksen tapauksessa rakennuspaikan mallia. Inventointimallia käytetään lähtökohtana tulevalle suunnittelulle. Inventointimallin perustana toimivat usein laserkeilausaineistot, mutta osin myös mahdolliset rakennuksesta olemassa olevat vanhat piirustukset tai takymetrimittaukset. (YTV osa 2, 2012: 6–7.) Inventointimallia voidaan käyttää suunnittelun pohjana sellaisenaan tai siitä voidaan muodostaa lähtötietomalli. Lähtötietomallista voidaan olla inventointimalliin verrattuna karsittu ylimääräistä tietoa tai esimerkiksi purettaviksi varmasti tiedettäviä rakenteita. (Lehtiö 2018.)

3.1.3 Toteutussuunnitteluvaiheen mallit eli suunnittelumallit

Suunnittelumallit sisältävät eri suunnittelualojen, esimerkiksi LVI- sähkö- ja rakenne- suunnittelun tietomallit. Jokaisen suunnittelualan ajantasainen tietomalli tulisi olla myös muiden käytettävissä. Suunnittelumallit voidaan jakaa arkkitehti- rakenne- talotekniikka- ja geomalleihin. (Lehtiö 2018.)

3.1.4 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli yhdistää eri suunnittelualojen tietomalleja yhdeksi kokonaisuudeksi. Yhdistelmämallia käytetään varmistamaan, etteivät suunnitelmat ole ristiriidassa keskenään, eli sillä on mahdollista suorittaa ns. törmäystarkastelu. (YTV osa 1, 2012: 16.)

3.1.5 Toteumamalli

Toteumamalli sisältää kaikkien eri suunnittelumallien toteutuneet versiot. Käytännössä toteumamalleista siis selviää, miten rakennus on todellisuudessa rakennettu (YTV osa 12, 2012: 13.)

3.1.6 Ylläpitomalli

Ylläpitomalli tarkoittaa rakennuksen yhdistelmämallia, johon on lisätty ylläpitoon liittyvää huoltoa ja kunnossapitoa vaativia laitteita ja rakenteita. Ylläpitomalli auttaa paikantamaan esimerkiksi piilossa olevia huolto- ja korjausrakenteita. (Halmetoja 2016: 19.)

3.2 Tietomallien käyttö Turun kaupungin korjausrakentamisessa

Toistaiseksi tietomallien käyttö on ollut vielä Turun kaupungin korjauskohteissa melko uutta, eikä kohteita ole ollut montaa. Ensimmäinen tietomalli laadittiin 2013 Turun kaupunginteatterista ennen peruskorjausta ja tämän jälkeen niitä on laadittu mm. keskuspaolasemasta ja Puolalan koulusta. Tietomallien käyttö Turun kaupungin korjausrakentamisessa onkin yleisesti vielä alkuvaiheissa ja toiminta on kehittymässä. Tähän mennessä tietomallinnusta on pyritty käyttämään haastavissa paikoissa talotekniikan sijoittamisen ja törmäystarkastelun kannalta, mutta käyttöä on tavoitteena tulevaisuudessa

laajentaa kokonaisvaltaisemmaksi ja koko rakennuksen elinkaaren kattavaksi. Esimerkkeinä tulevaisuuden ylläpitosovelluksista ovat mm. palvelualuekaaviot sekä laiteluettelot. (Lehtiö 2018.)

3.3 Yleiset tietomallivaatimukset

Rakennustietosäätiön buildingSMART Finland on laatinut vuonna 2007 erityiset tietomallivaatimukset, joista on laadittu uusi versio ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” (YTV 2012). Ohjeiden tarkoitus on ollut määrittellä nopeasti kasvaneelle tietomallinnukselle selkeät raamit mallien tekoa ja käyttöä varten. Yleiset tietomallivaatimukset ovat nykyisin pohjana tietomallintamiselle Suomessa.

Infrarakentamisen puolella on laadittu myös buildingSMART Finlandin toimesta 2015 oma ohjeistuksena ”Yleiset inframallivaatimukset” (YIV). Tätä työtä tehdessä keskityttiin kuitenkin vain YTV:n ohjeistukseen.

4 Tilausohjeistus

4.1 Yleisesti

Nyt tehdyt tilausohjeet on laadittu Turun kaupungin tilapalvelukeskuksen tarpeisiin, mutta ne perustuvat osin olemassa oleviin ohjeisiin ja määrittelyihin. Esimerkiksi tietomallinnuksen tehtävänmäärittelyyn riittää useimmiten se, mitä YTV ohjeistaa. Ainoastaan poikkeamat siitä on syytä selventää. Laserkeilaukselle puolestaan ei ole olemassa YTV:n tasoista ohjeistusta, vaan ohjeita on tätä insinööriä tehdessä jouduttu kokoamaan eri tahoilta, pääasiassa alan ammattilaisten haastatteluista, tilapalvelukeskuksen aikaisempien hankkeiden perusteella sekä kokemuksista, joita saatiin työn aikana itse tehtyjen laserkeilausten pohjalta.

4.2 Hankinta

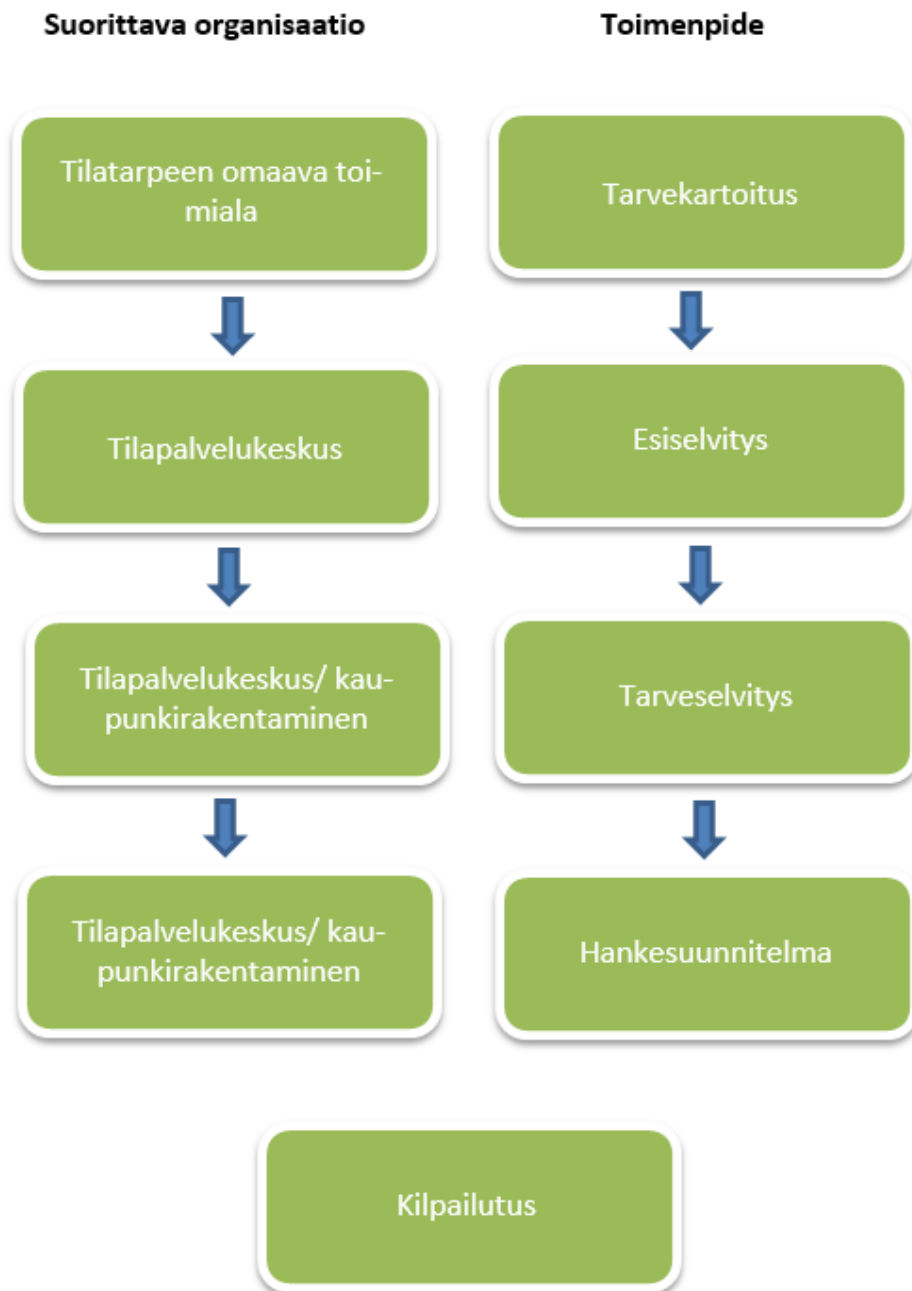
Tilaaminen voidaan tehdä joko suoramarkkinointina tai kilpailuttamalla. Ennen menetelmän valintaa tulee tilaajan arvioida tulevan työn hinta, jonka pohjalta valinta hankintamenetelmästä tehdään. Tilaajan tulee aina varmistaa omat hankintaoikeutensa ennen tilausta, ja tilaamisessa tulee noudattaa Turun kaupungin omia hankintaohjeita ja kilpailutusrajoja. Tällä hetkellä Turun kaupungin tarpeisiin tilattujen laserkeilaus- ja tietomallinnustöiden määrä on niin vähäinen, että puitesopimukselle ei nähdä tarvetta. Kohteet ovat myös hyvin erilaisia, ja kohteissa työskentelemään pääsy vaihtelee niin suuresti, että puitesopimuksen soveltaminen saattaisi olla liian haastavaa.

Hyvin ja oikeaan aikaan tehty tilaus on kustannusmielessä ja ennakoitavuuden kannalta sekä tilaajan että toimittajan yhteinen etu. Kustannukset saadaan näin pysymään sovitussa raameissa, eikä varsinkin tilaajan kannalta ikäviä lisätoimia jouduta tekemään.

4.3 Tilaamisen ajoitus peruskorjaushankkeissa

Kuvassa 8 on esitettyä Turun kaupungin peruskorjaushankkeen esivaiheiden etenemisen.

Toimitilahankkeen selvitysprosessi Turun kaupungilla



Kuva 8. Peruskorjaushankkeen esivaiheet Turun kaupungilla

Turun kaupungilla peruskorjaushanke alkaa aina tarvekartoituksesta, jonka suorittaa kiinteistöä käyttävä toimiala. Käytännössä toimiala laatii kartoituksen huomattuaan uuden tilatarpeen tai vanhan tilan korjaamisen tarpeellisuuden. Esimerkiksi peruskoulun tilojen käydessä ahtaaksi tai vaatiessa peruskorjauksen, laatii sivistystoimiala tarvekar-

toituksen kyseisestä kohteesta. Tarvekartoituksen tehtävänä on osoittaa nimensä mukaisesti toimitiloihin kohdistuva tarve toimialan puolelta. Tarvekartoitus voi olla luonteeltaan joko toiminnallinen tai tekninen.

Seuraavassa vaiheessa laaditaan esiselvitys sekä tarveselvitys. Tilapalvelukeskus laatii esiselvityksen yhteistyössä toimialan kanssa. Tarveselvityksestä vastaavat tilapalvelukeskus sekä kaupunkirakentamisen palvelualue yhdessä. Tarveselvitys sisältää tarkemat tiedot suunnitelluista vaihtoehtoista ja niiden toteuttamisen arvioiduista kustannuksista. Tarveselvityksen lopputulos vahvistetaan suunnitelman loppusumman mukaan joko rahallisesti vähemmän arvokkaissa kohteissa virkamiesten, tai arvoltaan suuremmissa hankkeissa poliittisten elinten, kuten kaupunginhallitus tai kaupunginhallituksen kaupunkikehitysjaosto toimesta.

Tarveselvityksen jälkeen laaditaan kohteesta hankesuunnitelma. Merkittävässä kohteissa laserkeilaus ja tietomallinnus tulisi aloittaa jo hankesuunnittelun ollessa käynnissä. Pienemmissä hankkeissa puolestaan hankesuunnitelman saama hyväksyntä riittää laserkeilauksen aloittamisvaiheeksi. Hankesuunnittelusta vastaavat Turussa tilapalvelukeskus sekä kaupunkirakentaminen. Hankesuunnittelun jälkeen alkaa varsinainen korjauksen suunnittelu joka alkaa kilpailutuksilla. Tässä vaiheessa tietomallin tulee olla jo valmiina. (Lehtiö 2018.)

4.4 Ohjeita laserkeilauksen tilaamiseen

Tilauksessa tulee aina tarkasti määritellä laserkeilattavaksi haluttu alue. Alueen rajauksen tulee olla mietittynä siten, ettei työtä tehdä turhaan alueista, joita ei tulla mallintamaan tai joista ei korjausvaiheessa ole hyötyä. Toisaalta kaiken suunnittelussa tarvittavan tiedon tulee varmuudella sisältyä laserkeilausaineistoon. Lasereilauksen haluttua tarkkuutta on myös syytä miettiä tilausta tehdessä. YTV määrittelee tietomallinnustarkoituksiin mitattavan pistepilven tarkkuuden siten, että pisteiden tulee olla alle 5 millimetrin päässä toisistaan. Kohina eli pisteiden hajonta saa pistepilvessä olla maksimissaan 10 millimetriä. Tätä voidaan pitää hyvänä ohjenuorana, mutta YTV:n vaatimuksista voidaan kuitenkin joustaa, mikäli laserkeilattava kohde ei tilaajan mielestä vaadi näin suurta tarkkuutta. Tarkempaakin aineistoa voidaan tilauksessa vaatia, jos se katsotaan tarpeelliseksi.

Tilaaajan tulee tarjota laserkeilaustyön toimittajalle tarjousvaiheessa vähintäänkin seuraavat lähtötiedot, jotta työn tekijä saa oikean käsityksen laserkeilattavasta alueesta ja työ saadaan suunniteltua kyllin kattavasti:

- Vanhat pohjakuvat
- Aluerajaus
- Pinta-ala
- Kerrosten lukumäärä
- Tilavuus
- Valokuvat kohteesta
- Laserkeilattavien ja ei keilattavien alueiden tarkempi määrittely, esim. ryömintätilat, julkisivu
- Työturvallisuuteen vaikuttavia seikkoja kohteessa (esim. asbesti, melu, home)
- Laserkeilattavan kohteen toiminnasta mittaukselle aiheutuvat huomioonotettavat asiat (esim. terveyskeskus, päiväkot).

Työhön valittavalta toimittajalta tulee vaatia käytettävän laserkeilaimen kalibroitodistus, joka saa olla maksimissaan vuoden vanha. Mittaushenkilöstöllä tulee olla voimassa olevat työturva- sekä EA-1-kortit. Turvallisuusluokituksen omaavissa kohteissa vaaditaan kaikilta kohteen parissa työskenteleviltä henkilöiltä myös henkilökohtainen turvallisuus selvitys.

4.5 Ohjeita tietomallinnuksen tilaamiseen

Tietomallinnuksen osalta tilaaajan tulee määritellä, miltä osin kohde tulee mallintaa ja min-kälaisella tarkkuudella. Hyvänä apuna tähän voidaan käyttää YTV:n osan 2 ”Lähtötilan-

teen mallinnus” loppupuolen lomaketta ”Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake”. Mikäli toiveena on, että tietomallinnus suoritetaan jollakin tietyllä ohjelmalla yhteensopivuusongelmien välttämiseksi, tulee tämä mainita tilauksessa.

4.6 Muita ohjeita tilaajalle

Työn aikataulua asettaessa kannattaa muistaa, että vaikka osaava ja hyvin valmistautunut laserkeilaaja voi keilata esimerkiksi pienen päiväkodin parhaimmillaan jopa päivässä, saattaa mallinnukseen kuluva aika olla jopa kymmenkertainen tähän verrattuna. Tilauksessa voidaan myös vaatia ottamaan laserkeilauksen yhteydessä valokuvat laserkeilaimella. Tämä tuo laserkeilaukseen hieman lisääaikaa, mutta toisaalta kuvat voivat olla apuna suunnittelijoille ja tietomallin laatijoille myöhemmässä vaiheessa.

Tilaajan laserkeilaukseen valitsema toimittaja laatii työstä mittaus suunnitelman. Mittaus suunnitelman tekoon osallistuvat myös tilaaja sekä tilojen käyttäjätaho, joiden kanssa suunnitellaan, tarkempi aikataulu, kohteessa kulku, avainten luovutus, tiedottaminen ja muut kohteessa asiointiin liittyvät asiat. Suunnitelmasta tulee selvittää laserkeilauksessa käytettävä kalusto ja henkilöstö. Lisäksi mittaus suunnitelman tulee sisältää työturvallisuusosuuksia, jossa kerrotaan, miten työturvallisuus ja kohteen mahdolliset riskit tullaan työskennellessä ottamaan huomioon. Tilaajan tulee ennen laserkeilauksen aloittamista hyväksyä mittaus suunnitelma.

Ennen mittaus suunnitelman laatimista tulee tilaajan suorittaa yhdessä toimittajan ja tilojen käyttäjätahon kanssa katselmus laserkeilattavaan kohteeseen. Katselmuksen aikana voidaan vielä selvittää tehtävänantoa ja sopia keilattavista rakenteista tarkemmin. Jos tässä vaiheessa tulee ilmi että laserkeilattavaksi haluttuja rakenteita sijaitsee esimerkiksi kalusteiden takana, tai esimerkiksi kattopaneeleita on irrotettava yläpohjan mittauksiksi, tulee tilaajan vastata kalusteiden siirroista ja rakenteiden avaamisesta. Vastuullisesti epäselviä vahinkotilanteita, joissa jotakin hajoaa, ei näin pääsisi syntymään.

Laserkeilauksen toimittajalta on vaadittava mittausraportti. Mittausraportista tulee selvittää mahdolliset poikkeamat tilaukseen verrattuna sekä selvitys niistä. Esimerkiksi mikäli joi tain tiloja ei ole voitu jostakin syystä laserkeilata. Lisäksi mittausraporttiin tulee kirjata

laserkeilauksen suorittanut henkilö, ajankohta sekä käytetty laserkeilain. Mittausraporttiin tulee sisällyttää pistepilvien rekisteröinnin tulokset. Laserkeilauksista toimitetaan lisäksi tämän insinööriyön liitteen mukainen laserkeilausraportti.

Laserkeilaus ja tietomallinnus tulisi aina mahdollisuuksien mukaan tilata samalta toimittajalta. Virheiden mahdollisuus pienenee saman toimittajan hoitaessa tietomallin teon aina laserkeilausvaiheesta loppuun asti.

4.7 Laadunvarmistus

Laatua voidaan tarkkailla monin eri tavoin koko hankkeen aikana. Ensimmäinen virheitä poissulkeva keino on koko laserkeilauksen ja tietomallinnuksen aikainen kattava dokumentaatio. Dokumentaatio sisältää mittaussuunnitelman, mittausraportin, laserkeilausraportin sekä tietomalliselosteen. Dokumentaation avulla voidaan toteuttaa omavalvontaa jo työn toimittajien osalta. Näin myös mahdolliset virheet voidaan myöhemmin paikantaa helpommin. Laadunvarmistusta ja yhteensopivuutta tilaajan ja toimittajan ohjelmien välillä voidaan tarkkailla esimerkiksi siten, että tietomallin toimittaja luovuttaa tietomallinnuksen alussa siihen asti tehdyn aineiston, esimerkiksi ensimmäisen kerroksen tilaajalle. Tilaaja tarkistaa aineiston oikeellisuuden, ja toimittaja voi tämän jälkeen jatkaa loppurakennuksen tietomallintamiseen. Valmiille tietomallille tulee aina suorittaa itselleluovutustarkastus. Näin voidaan varmistua, ettei lopullisessa tuotteessa ole karkeita virheitä. Itselleluovutustarkastuksesta vastaa aina tilaaja.

4.8 Arkistointi

Arkistointi laserkeilauksen ja tietomallintamisen osalta tulisi tapahtua keskitetysti samaan paikkaan. Hankkeen aikaisesta materiaalista tulisi arkistoida mittaussuunnitelma, mittausraportti, laserkeilausraportti, tietomalliselostus, natiivimalli, inventointimalli sekä rekisteröity laserkeilausaineisto. Oman haasteensa arkistoinnille luo tiedostojen suuri koko. Pistepilviaineistojen säilyttäminen onkin viisainta ulkoisilla kovalevyillä. Tällä hetkellä selkeää ohjeistusta arkistointipaikalle ei ole, ja tähän asiaan tilapalvelukeskuksen tulee löytää ratkaisu.

Kuvassa 9 on esitetty laserkeilauksen ja tietomallinnuksen prosessikaavio aina tilaamisesta arkistointiin.



Kuva 9. Laserkeilaus- ja tietomallinnushankkeen prosessikaavio

5 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli luoda Turun kaupungin tilapalvelukeskukselle selkeää ohjeistusta korjausrakentamiseen liittyvien laserkeilausten ja tietomallinnuksen tilaamiseen. Työn tuloksena syntyi ohjeistus, jota seuraamalla tilaaja voi varmistua siitä, että tilattu tuote on mahdollisimman tarkoituksenmukainen ja että sen käytöstä suunnitteluvaiheessa saatava hyöty on paras mahdollinen. Työn aikana perehdyttiin omakohtaisesti laserkeilaukseen sekä ajan sallimissa puitteissa jossain määrin tietomallintamiseen. Saatuja kokemuksia voitiin siirtää itse ohjeistuksen tekoon. Myös erilaisten kohteiden laserkeilauksen kestosta saatiin kokemusta ja samalla havainnoitiin kaikkea laserkeilaukseen vaikuttavaa alkaen itse keilattavaan kohteen erityisominaisuuksista aina mahdollisesti ongelmallisiin laserkeilattaviin pintoihin.

Insinööriyötä tehdessä kohdattiin myös erot kahden yhteistyötä tekevän ammattikunnan: maanmittareiden ja arkkitehtien välillä. Yhteistyö ei aina välttämättä suju saumattomasti johtuen eri koulutus- ja osaamistaustoista. Haasteet saattavat alkaa jo eri koordinaatistoista ja siitä, että maanmittari mittaa metriseen koordinaatistoon, ja arkkitehti suunnittelee millimetreillä. Yhteistyöllä ja keskustelulla on kuitenkin mahdollista selkeyttää tätä ammattikuntien välistä rajapintaa.

Kattavaa ja yleispätevää ohjeistusta laserkeilaukseen liittyen ei samalla tavalla ole olemassa kuin tietomallinnuksen osalta, mutta tarvetta juuri sen tapaiselle ohjeelle olisi monelta taholta kuultuna selkeästi olemassa. Laadukkaan tietomallin perusedellytys kuitenkin on luotettava ja kattava pistepilviaineisto. Rakennustieto on tätä insinööriyötä tehtäessä aloittanut laserkeilausohjeen teon, ja on oletettavaa, että se tulee ohjaamaan alaa tulevaisuudessa samoin kuin YTV ohjaa tällä hetkellä tietomallinnusta.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että laserkeilaus ja tietomallinnus tilataan kyllin aikaisin ennen korjauksen suunnittelun aloittamista. Erilaiset kohteet vaativat lisäksi omanlaista aikataulun suunnittelua. Esimerkiksi päiväkodin tai koulun laserkeilaus normaalitoiminnan ollessa käynnissä saattaa olla huomattavasti hitaampaa kuin niiden ollessa tyhjillään. On myös muistettava, että itse laserkeilaus on suhteellisen nopeaa ja suoraviivaista. Sen jälkeen tapahtuva tietomallinnus kuitenkin vie yleensä moninkertaisesti sen ajan, mitä laserkeilaukseen on kulunut. Tilauksen määrittelyssä tulisi aina myös miettiä, mikä on tarkoituksenmukaista tulevaa suunnittelua silmälläpitäen, eikä vaatia lii-

koja. Kustannustehokkuuteen pyrittäessä liian suuren tarkkuuden vaatiminen laserkeilausten ja mallinnuksen yhteydessä tai suunnittelun kannalta epärelevanttien kohteiden sisällyttäminen aineistoon ei ole mielekäästä.

Laserkeilausten ja tietomallien hallinta sekä kilpailutus tulisi olla yhden henkilön vastuualuetta. Esimerkiksi tietomallikoordinaattori voisi vastata kaikista tietomallihankkeista aina laserkeilausvaiheesta ylläpitomallien päivittämiseen ja tiedon jakamiseen asti. Tilauspalvelukeskuksen tuleekin miettiä, kenelle tämä työ vastuutetaan.

Nyt tehtyjen ohjeistusten päivittäminen tulee varmasti ajankohtaiseksi, kunhan kokemuksia niiden käytöstä ja yleensäkin laserkeilausten ja tietomallinnusten tilaamisesta saadaan Turun kaupungilla enemmän. Oma osaamiseni liittyen tietomallintamiseen ja tehtyjen tietomallien hyödyntämiseen on rajallinen, joten ohje päivittyyne erityisesti näiltä osin tulevaisuudessa. Myös Turun kaupungille erikseen yksilöidyn tietomallinnuksen tilausohjeen teko voi tulla nyt tehtyjen ohjeiden lisäksi ajankohtaiseksi tulevaisuudessa, kun mallinnettavien hankkeiden määrä kasvaa.

Lähteet

Cronvall, Timo; Kråknäs, Pasi; Turkka, Tommi. 2012. Laserkeilauksen käyttö liikenne-tunneleiden kunnossapidon hallinnassa. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts_2012-41_laserkeilauksen_kaytto_web.pdf>. Luettu 18.5.2018.

Halmetoja, Esa. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Verkkoaineisto. Senaatti-kiinteistöt. <https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf>. Luettu 10.6.2018.

Joala, Vahur. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Verkkoaineisto. <<http://docplayer.fi/7209674-Laserkeilauksen-perusteita-ja-mittauksen-suunnittelu.html>>. Luettu 12.6.2018.

Koski, Jarkko. 2001. Laserkeilaus- uusi ulottuvuus paikkatiedon keräämiseen. Maankäyttö. 4/2001. <http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk401/mk401_273_koski.pdf>. Luettu 1.7.2018.

Kukko, Antero. 2005. Laserkeilaimen valinta lähifotogrametriin mittaustehtäviin. Verkkoaineisto. Aalto yliopisto. <https://foto.aalto.fi/opetus/290/julkaisut/Antero_Kukko/Laserkeilaimen_valinta_lahifotogrammetriin_mittauksiin.pdf>. Luettu 29.5.2018

Lehtiö, Saku. 2018. Tilacontroller, Turun kaupungin tilapalvelukeskus. Turku. Haastattelut 2.7.2018 ja 6.7.2018.

Tietoa meistä. 2018. Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>> Luettu 14.6.2018

Turun kaupungin hallinnollinen organisaatio. 2018. Verkkoaineisto. Turun kaupunki. <<https://www.turku.fi/organisaatio>>. Luettu 10.5.2018.

Wilska, Pekka. 2018. Tietomalli-insinööri, Helsingin kaupunki. Helsinki. Haastattelu 28.5.2018.

YTV osa 1. 2012. Rakennustieto. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 2. 2012. Rakennustieto. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 12. 2012. Rakennustieto. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

Tilapalvelukeskus
Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilausohje

Toimittaja	Vaihe	Tilaaaja
	Tarveselvitys Hankesuunnittelu Laserkeilauksen ja tietomallin tilaus	
Mittaussuunnitelman, mittaus- ja laserkeilausraporttien laatiminen	Laserkeilaus	Mittaussuunnitelman, mittaus- ja laserkeilausraporttien tarkastus
Tietomalliselostuksen laatiminen	Tietomallinnus	Tietomalliselostuksen tarkastus
	Valmis inventointimalli	Itselleluovutustarkastus
	Rakennussuunnittelun tilaus Rakennussuunnittelu	Arkistointi

Tilapalvelukeskus**Sisällys**

1	Ohjeiden tarkoitus.....	3
1.1	Yleistä aiheesta.....	3
1.2	Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen hankinta.....	3
1.3	Vastuu tilaamisesta ja tilaamisen ajoitus.....	4
2	Tilausohjeet.....	4
2.1	Lähtötiedot tilaajalta.....	5
2.1.1	Koordinaatisto.....	5
2.2	Vaatimuksia laserkeilausaineiston toimittajalle.....	6
2.3	Katselmus kohteessa.....	6
2.4	Mittaussuunnitelma.....	6
2.5	Mittaus- ja laserkeilausraportit.....	7
2.6	Tietomallinnus ja sen laadunvarmistus.....	7
2.7	Tietomallin ja keilausaineiston luovutus tilaajalle.....	7
2.8	Arkistointi.....	8

Tilapalvelukeskus

1 Ohjeiden tarkoitus

Tämän ohjeen tarkoituksena on tuottaa Turun kaupungin tilapalvelukeskukselle ohjeistus laserkeilauksen ja tietomallinnuksen hankintaan, tilaamiseen, laadunvarmistukseen ja arkistointiin. Ohjeet on laadittu osana insinööriyötä, ja niitä on tarkoitus päivittää tarkoituksenmukaisesti tulevaisuudessa kun kokemusta laserkeilausten sekä tietomallinnusten tilaamisesta ja käytöstä saadaan lisää.

1.1 Yleistä aiheesta

Laserkeilaus on mittaustapa, jolla voidaan tuottaa nopeasti tarkkaa kolmiulotteista mitausaineistoa, jota voidaan edelleen mallintaa tarpeiden mukaisesti. Laserkeilaus menetelmänä on erityisen soveltuva inventointimallien lähtötietojen hankintaan. Mittatarkkaa inventointimallia korjauskohteen lähtötilanteesta voidaan soveltaa niin kustannuslaskennan, suunnittelun kuin visualisoinninkin lähtökohdista.

1.2 Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen hankinta

Laserkeilaus ja tietomallinnus tilataan joko suoraan hankintana tai kilpailutuksella. Ennen tilausta tuleekin arvioida tulevan työn hintaa ja sen perusteella tehdä päätös kummalla tavalla työ tilataan. Tilaajan tulee varmistua myös siitä, että hänellä on hankintaoikeus ennen tilaamista. Hankinnassa tulee noudattaa muutenkin aina kaupungin omia hankintaohjeita. Laserkeilattavien ja mallinnettavien kohteiden määrä vuositasolla on ainakin tällä hetkellä niin vähäinen, ja kohteet niin vaihtelevan laatuaisia, ettei puitesopimukselle ainakaan toistaiseksi ole tarvetta.

Tilapalvelukeskus

1.3 Vastuu tilaamisesta ja tilaamisen ajoitus

Vastuu tilaamisesta ja työn ohjaamisesta tulee olla selkeästi määritelty asiaan perehtyneelle henkilölle. Hankkeille tulisi jo aikaisessa vaiheessa määrittää tietomallikoordinaattori, joka vastaisi myös laserkeilausaineiston tilaamisesta. Tällöin laserkeilausaineisto ja sen pohjalta laadittu tietomalli olisivat varmasti tarpeisiin soveltuvia. Myös tietomallien jatkokäytön kannalta pitää löytää vastuutaho, joka jatkaisi ylläpitomallin päivittämistä ja tiedon jakamisen koordinoimista myös rakennuksen tulevan ylläpidon aikana.

Useimmiten laserkeilaus ja tietomallinnus tilataan samalta toimittajalta, ja tähän tulee myös pyrkiä, jotta vältettäisiin mahdolliset ristiriidat formaattien osalta. Aineiston käsittely on myös jouhevampaa saman organisaation tuottaessa tietomallin aina laserkeilauksesta asti. Laserkeilaus ja tietomallinnus tulee tilata myös kyllin ajoissa, jotta inventointimalli on varmasti käytössä suunnitteluvaiheen alkaessa. Merkittävässä kohteissa, joissa rakennus tullaan peruskorjaamaan, tulisi tilaus ajoittaa siten, että laserkeilaus pääsisi alkamaan hankesuunnittelun ollessa vielä käynnissä. Pienemmissä kohteissa laserkeilauksen voi aloittaa hankesuunnitelman hyväksyminen jälkeenkin.

2 Tilausohjeet

Nyt laadittu ohje on tehty Turun kaupungin omia tarpeita varten. Mainituilta osin ohje perustuu kuitenkin yleisiin tietomallivaatimuksiin (YTV 2012). Tilauksen määrittelyssä tärkeää on tilata tarkkuustasoltaan tarkoituksenmukaista aineistoa, eli tietomallinnuksen ja laserkeilauksen haluttu tavoitetaso tulisi pohtia tarkasti, jotta päästään kustannustehokkaasti oikeanlaiseen lopputulokseen. Lisäksi aluerajaus ja erityisesti kiinnostavien rakenteiden määrittely on tärkeää.

Tilapalvelukeskus

2.1 Lähtötiedot tilaajalta

Tilaaajan tulee tarjota tarjousvaiheessa riittävät lähtötiedot kohteesta. Näihin kuuluvat vähintään seuraavat tiedot:

- Kuvaus kohteesta
 - Aluerajaus
 - Keilattavien ja ei keilattavien alueiden tarkempi määrittely, esim. ryömintätilat, julkisivu
 - Vanhat pohjakuvat
 - Pinta-ala
 - Kerroksia
 - Tilavuus
 - Valokuvat kohteesta
- Työturvallisuuteen vaikuttavia seikkoja kohteessa (esim. asbesti, melu, home)
- Kohteen normaalikäytöstä aiheutuvat mittausta vaikeuttavat asiat (esim. terveyskeskus, päiväkot)

Itse laserkeilauksen osalta on määriteltävä ainakin seuraavat asiat

- Aikataulu, aloitus ja lopetusajankohta
- Keilausten tarkkuustaso, suositeltava käyttää YTV:n tarkkuusvaatimuksia (kohina max. ± 10 mm, ja mitattujen pisteiden maksimiväli 5 mm.)
- Otetaanko laserkeilauksen aikana pistepilviaineiston tueksi väri/ mustavalkokuvat

Tietomallinnuksen osalta tulee tilaajan määritellä mitä kaikkea kohteesta tulee mallintaa ja millä tarkkuudella. Apuna tässä voidaan käyttää YTV:n, osa 2 loppupuolen lomaketta ”Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake”. Mikäli toiveena on, että tietomallinnus suoritetaan jollakin tietyllä ohjelmalla ja formaatilla yhteensopivuusongelmien välttämiseksi, tulee se mainita tilauksessa.

2.1.1 Koordinaatisto

Mikäli tilaajan haluama koordinaatisto on globaali, tulee mittausperusta luoda kohteeseen etukäteen ja toimittajalle selvitettävä pisteiden sijainti ja koordinaatit. Turun kau-

Tilapalvelukeskus

pungin maastomittaus luo mittausperustan kohteeseen samalla tavalla kuin rakennusvalvontamittauksissa. Tilaus tehdään kaupungin tilausjärjestelmän kautta, ja toimitusaika on maksimissaan kaksi viikkoa. Turun kaupungin käyttämä koordinaatisto on ETRS-GK23 ja korkeusjärjestelmä N2000. Suunnittelun ja tietomallinnuksen osalta voidaan joutua käyttämään myös lyhennettyjä koordinaatteja, mikäli käytetyt ohjelmat eivät tue pitkiä globaaleja koordinaatteja.

2.2 Vaatimuksia laserkeilausaineiston toimittajalle

- Laserkeilaimen kalibroitodistus, joka saa olla maksimissaan vuoden vanha
- Mittaajilta voimassaolevat työturvallisuuskortti ja EA-1 kortti
- Katselmuksen suorittaminen kohteessa ennen töiden aloitusta
- Mittaussuunnitelma, jonka tilaaja hyväksyy ennen laserkeilauksen aloitusta
- Mittausraportti mittaustyön jälkeen
- Turvallisuusluokituksen omaavissa kohteissa projektissa mukana olevien henkilökohtainen turvallisuusselvitys (Huom. alikonsultointi)

2.3 Katselmus kohteessa

Tilaaja suorittaa ennen laserkeilausta yhdessä toimittajan ja tilojen käyttäjän kanssa katselmuksen mitattavassa kohteessa. Katselmuksen aikana määritellään toimittajalle tarkemmin keilattavat alueet. Mikäli katselmuksessa ilmenee tarvetta siirtää kalusteita tai avata rakenteita esimerkiksi katon välipohjan panelointia laserkeilauksen mahdollistamiseksi, tulee tilaajan vastata näistä siirroista. Näin tulee toimia, jotta vältetään mahdollisilta epäselviltä vastuutilanteilta vahinkotapauksissa. Samalla katselmuksessa voidaan sopia alustavasti aikataulusta ja avainten luovutuksesta tilojen käyttäjän kanssa.

2.4 Mittaussuunnitelma

Tilaaja hyväksyy ennen laserkeilauksen aloittamista toimittajan laatiman mittaussuunnitelman, joka pohjautuu tilaajan tarjoamaan ennakkoaineistoon, sekä katselmukseen kohteessa. Suunnitelmasta tulee ilmetä ainakin seuraavat asiat:

Tilapalvelukeskus

- Mittausten toteutusaikataulu
- Miten kohteen mahdollisesti asettamat rajoitteet mittauksille on otettu huomioon
 - Tiedottaminen ja vuorovaikutus kohteessa työskentelevien kanssa (Kuinka aikaisin ennen laserkeilausta tulee tiedottaa ja kenen toimesta?)
- Miten työturvallisuus ja kohteen riskit on mitattaessa otettu huomioon
- Mittaustyöntekijät
- Alustavat kojeasemat
- Laserkeilauksessa käytettävä kalusto
- Keilausaineiston rekisteröintiin käytettävät ohjelmat

2.5 Mittaus- ja laserkeilausraportit

Mittausraportin tulee sisältää YTV:n tietomalliselosteen keilausosion kaltainen mittausselostus, josta selviävät poikkeamat tehtävänantoon, sekä muut mahdolliset mittauksen aikana ilmenneet erityiset asiat. Raporttiin tulee sisällyttää myös laserkeilausten rekisteröintitiedot. Laserkeilauksista on laadittava myös tämän ohjeen liitteen mukainen laserkeilausraportti, josta selviää käytetty laserkeilain, keilaaja, tiedostonimet, käytetty keilaustarkkuus, sekä keilattu tila/huone. Laserkeilausraportti helpottaa aineiston tarkastamista ja on apuna mahdollisissa ongelmatilanteissa. Mittaus- ja laserkeilausraportin tarkastaa aina tilaaja.

2.6 Tietomallinnus ja sen laadunvarmistus

Tietomallinnuksen osalta noudatetaan YTV:n ohjeita. Laadunvarmistus tietomallien osalta perustuu myös YTV:n laadunvarmistusosiin. Tietomallista laaditaan aina tietomalliseloste. Tietomallin tilaajan tulee aina suorittaa tietomallille itselleluovutustarkastus. Laadunvarmistusta ja yhteensopivuutta tilaajan ja toimittajan ohjelmien välillä voidaan tarkkailla esimerkiksi siten, että tietomallin toimittaja luovuttaa tietomallinnuksen alussa siihen asti tehdyn aineiston, esimerkiksi ensimmäisen kerroksen tilaajalle. Tilaja tarkistaa aineiston oikeellisuuden, ja toimittaja voi tämän jälkeen jatkaa loppurakennuksen tietomallintamiseen.

Tilapalvelukeskus**2.7 Tietomallin ja keilausaineiston luovutus tilaajalle**

Valmis tietomalli, sekä natiivimalli luovutetaan tilaajalle. Rekisteröity pistepilviaineisto tulee luovuttaa tilaajalle ulkoisella muistilla.

2.8 Arkistointi

Arkistointi tulee tapahtua eri hankkeiden osalta keskitetysti samaan paikkaan. Tilapalvelukeskuksen tulee määritellä mihin aineisto arkistoidaan. Hankkeen valmistuttua tulee arkistoida: mittaussuunnitelma, mittausraportti, laserkeilausraportti, natiivimalli, inventointimalli, tietomalliselostus sekä rekisteröity laserkeilausaineisto.

Tilapalvelukeskus**Laserkeilauksen ja tietomallinnuksen tilauksen määrittelylomake**

Kohde ja osoite	
-----------------	--

Pinta-ala		Kerroksia		Tilavuus	
-----------	--	-----------	--	----------	--

Työnumero	
-----------	--

Tilaaja	
Tilaajan rooli hankkeessa	

Pääsuunnit- tija		Tietomallikoordi- naattori	
---------------------	--	-------------------------------	--

Kuvaus kohteesta ja sen eri- tyispiirteistä	
------------------------------------------------	--

Hankintaoikeus tarkistettu

Arvioitu kustannus: _____

Suorahankinta

Kilpailutus

Toimittajan tiedot
Laserkeilaus:
Tietomallinnus:

Tilapalvelukeskus**Vaatimuksia laserkeilaukselle ja mittaajille**

Haluttu koordinaatio	ETRS-GK23, N2000, Mittausperusta tuodaan maastomittauksen toimesta	Laserkeilausten haluttu tarkkuustaso	YTV 2012 mukainen
----------------------	--------------------------------------------------------------------	--------------------------------------	-------------------

Katselmus kohteessa tilaajan, toimittajan ja kohteen käyttäjän kanssa
Ajankohta: Huomioita:
Laserkeilattavan kohteen käytön asettamia rajoituksia mittaukselle:

Työturvallisuuteen kohteessa vaikuttavia asioita	
--------------------------------------------------	--

Yhteyshenkilö kohteessa mitaamista, avainten ja kulkuoikeuksien hankkimista, sekä tiedottamista varten	Nimi: Puh. nro: Sähköposti:
Toimittajan tulee tiedottaa laserkeilauksen aloituksesta	1 vko. ennen <input type="checkbox"/> 2 vko. ennen <input type="checkbox"/> Muu, mikä? <input type="checkbox"/>

Laserkeilauksen aikataulu	
---------------------------	--

Keilaimen kalibrintodistus	<input type="checkbox"/>	Mittausraportti	<input type="checkbox"/>
Työturvallisuuskortti	<input type="checkbox"/>	Laserkeilausraportti	<input type="checkbox"/>
EA1- kortti	<input type="checkbox"/>	Valokuvat keilauksen ohessa	<input type="checkbox"/>
Mittaus suunnitelma	<input type="checkbox"/>	Henk. koht. turvallisuus selvitys	<input type="checkbox"/>
Mittaus suunnitelma hyväksytty	<input type="checkbox"/>		

Nimi: _____

Pvm: _____

TilapalvelukeskusMittausperustan tuominen tilattu Pvm: _____

(Toimitusaika maastomittauksella maksimissaan 2vko.)

Keilausaineistossa ilmenneitä puutteita

Keilausaineiston, laserkeilausraportin sekä mittausraportin tarkastanut:

Nimi: _____

Pvm: _____

Tilapalvelukeskus**Vaatimuksia tietomallinnukselle**YTV 2012 mukaisesti

Poikkeamat YTV 2012 nähden

Millä ohjelmalla suunnit- telu tapahtuu	Revit <input type="checkbox"/>	Muu, mikä? <input type="checkbox"/>
--------------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------

Tietomallin haluttu valmistumis- ajankohta	
-----------------------------------------------	--

Tietojen luovutusValmiin inventointimallin palautus tilaajalle Natiivimallin palautus tilaajalle Rekisteröidyn laserkeilausaineiston palautus tilaajalle Tietomalliseloste **Liitteet**Vanhat pohjakuvat Aluerajaus kartalla Valokuvat kohteesta YTV 2012 mittauksen ja mallinnuksen tehtävänmäärittelylomake

Tietomallin ja tietomalliselosteen tarkastanut:

Nimi: _____

Pvm: _____

Tilapalvelukeskus**Arkistointi:**

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Mittausuunnitelma | <input type="checkbox"/> |
| Mittausraportti | <input type="checkbox"/> |
| Laserkeilausraportti | <input type="checkbox"/> |
| Natiivimalli | <input type="checkbox"/> |
| Inventointimalli | <input type="checkbox"/> |
| Rekisteröity laserkeilausaineisto | <input type="checkbox"/> |
| Tietomalliselostus | <input type="checkbox"/> |

Aineistot arkistoidaan paikkaan: _____

Nimi: _____

Pvm: _____

Tilapalvelukeskus**Laserkeilausraportti, Miika Kostamo**

Laserkeilausraportti		Päiväys			Reportin numero
Laserkeilain			Sarjanumero		
Käyttäjä			Projekti		
Laserkeilausten tiedot					
Tiedostonimi	Huone / tila		Resoluutio	Laatu	Muut huomiot