

Jyrki Arasalo

# Kartoitusmittausprosessin kehittäminen Helsingin kaupungin Staran Projektimittauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

12.5.2014

|   |   |
|---|---|
| Tekijä<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika  | Jyrki Arasalo<br>Kartoitusmittausprosessin kehittäminen Helsingin kaupungin Staran Projektimittauksessa<br><br>42 sivua + 3 liitettä<br>12.5.2014 |
| Tutkinto  | insinööri (AMK)   |
| Tutkinto-ohjelma  | maanmittaustekniikka  |
| Ohjaajat  | palvelupäällikkö Eero Kannosto<br>yliopettaja Vesa Rope   |
| <p>Tässä insinööriyössä kuvataan Staran Projektimittauksen kartoitusprosessin eri vaiheet sekä tarkastellaan niihin liittyviä, prosessin laatuun vaikuttavia tekijöitä. Laadun näkökulmina tässä työssä ovat asiakaspalaute, toimintojen kuvaukset ja dokumentoinnit sekä sisäinen tarkastus. Työn tarkoituksena on myös tuoda esiin projektimittauksen hyviä kartoitusmittausprosessin käytäntöjä hyödynnettäväksi Staran muissa mittausyksiköissä.</p> <p>Yleisten alueiden rakennesuunnitteluun sekä pintavesien ohjauksen suunnittelua varten tarvitaan ajantasaista numeerista aineistoa. Takymetrillä tai reaaliaikaisella satelliittimittauksella tehtävillä maastokartoituksilla saadaan alueen suunnittelua palvelevaa ajantasaista tietoa. Lisäksi tietoa kerätään hulevesi- ja viemärijärjestelmien mittauksilla. Kartoitusmittauksien tavallisimpia lopputuotteita ovat numeeriset maastomallit ja kartta-aineistot sekä kolmiulotteiset putkikartat.</p> <p>Kartoitusmittauksissa suunnittelija on asiakas, joten on luontevaa tehdä kartoitusmittausta prosessina. Perinteinen kartoitusmittausprosessi sisältää myynnin ja tilausmenettelyn sekä työn valmistelun, toteutuksen ja luovutuksen osaprosessit.</p> <p>Tämän insinööriyön tuloksena on Staran Projektimittauksen kartoitusmittausprosessin kuvaus, jota voidaan käyttää Staran Geopalvelun prosessiohjauksen päivittämiseen ja laadunseurantaan. Prosessin jokainen osa-alue kuvattiin ja niiden laatu- ja epävarmuustekijöitä tutkittiin. Dokumentoinnin merkitys epävarmuuksien määrittelyssä ja laadun valvonnassa oli tämän työn merkittävimpiä huomioita. Lisäksi työssä huomattiin, että säännöllinen sisäisen tarkkuuden seuranta sekä asiakaspalaute ovat laadukkaan kartoitusmittausprosessin edellytyksiä. Tulevaisuudessa tämä työ voisi toimia pohjana Staran mittausyksiköiden laatukäsikirjalle.</p> |   |
| Avainsanat  | kartoitusmittaus, prosessi, laatu   |

|   |  |
|---|--|
| Author<br>Title   | Jyrki Arasalo<br>Quality and Development Analysis in Surveying Process at Stara Projektimitaus of Helsinki |
| Number of Pages<br>Date   | 42 pages + 3 appendices<br>12 May 2014   |
| Degree  | Bachelor of Engineering  |
| Degree Programme  | Land Surveying   |
| Instructors   | Eero Kannosto, Service Manager<br>Vesa Rope, Principal Lecturer  |
| <p>The main aim in this Bachelor's thesis was to describe the development and quality aspects of a basic survey task in the City of Helsinki. The process was carried out with the official management system of the department. The main point was to establish that quality control tools prevent flaws in accuracy. Another goal was to emphasize the good practices used in survey task processes at the department.</p> <p>A basic surveying process was divided to partial processes according to the requirements of the management system. The parts were the sales procedure, preparation of assignment, survey implementation and consignment of end products. Each part was examined and major factors of uncertainty were outlined in this thesis. The results of the examination were achieved with the help of interviewing unit supervisors, and studying the department intranet and land surveying handbooks.</p> <p>As a result, this thesis is an update of the description of the process of a survey task in the management system. It was discovered that a quality process cannot be defined without feedback from customers, or regular inspections of accuracy in the department. In the future this thesis could act as a basis to a quality handbook in surveying units of Helsinki.</p> |  |
| Keywords  | survey, process, quality   |

# Sisällys

## Lyhenteet ja määritelmät

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Johdanto   | 1  |
| 2     | Staran organisaatio  | 2  |
| 2.1   | Projektimittaus  | 3  |
| 2.2   | Prosessi ja IMS  | 4  |
| 3     | Kartoitusmittausprosessi   | 5  |
| 3.1   | Myynti ja tarjouspyyntö  | 6  |
| 3.1.1 | Kustannusarvio ja tarjous  | 6  |
| 3.1.2 | Mittauslomake ja erityismääritykset                              | 7  |
| 3.2   | Kartoitusmittauksen valmistelu ja suunnittelu                    | 8  |
| 3.2.1 | Laitteiston kalibrointi  | 9  |
| 3.2.2 | Henkilöstön perehdytys, koulutus ja ATK-tuki                     | 12 |
| 3.2.3 | Valmistelupalaveri   | 13 |
| 3.2.4 | Tasokoordinaatistot ja korkeusjärjestelmät                       | 13 |
| 3.2.5 | Kartoitusmittauksen lähtöpisteet                                 | 15 |
| 3.3   | Kartoitusmittauksen maastotyöt ja tiedonkäsittely                | 16 |
| 3.3.1 | Maastotöiden laatutekijät  | 16 |
| 3.3.2 | RTK-mittaus  | 18 |
| 3.3.3 | Orientointi  | 18 |
| 3.3.4 | Mittaustiedon käsittely ja tiedonsiirto                          | 18 |
| 3.3.5 | Maastomalli  | 21 |
| 3.3.6 | Hulevesi- ja viemärijärjestelmien mittaukset                     | 25 |
| 3.3.7 | Dokumentointi  | 27 |
| 3.3.8 | Työturvallisuus  | 28 |
| 3.3.9 | Ostopalvelut ja niiden laadunvarmistus                           | 30 |
| 3.4   | Prosessin tulokset   | 30 |
| 3.4.1 | Luovutusaineiston tarkistus ja vastaanotto                       | 30 |
| 3.4.2 | Asiakastyytyväisyys ja palaute                                   | 32 |
| 3.4.3 | Arkistointivastuun laajentaminen prosessin laadun parantamiseksi | 32 |
| 3.5   | Prosessin laatu  | 34 |
| 3.5.1 | SAP ja IMS kartoitusmittausprosessin laatumittareina             | 35 |
| 3.5.2 | Sisäinen tarkastus ja laadun kolmijako                           | 36 |
| 4     | Yhteenveto   | 37 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.1 | Näkemyksiä kartoitusmittausprosessin tulevaisuudelle | 39 |
| 4.2 | Työn soveltuvuus laatukäsikirjan pohjaksi            | 40 |
|     | Lähteet  | 41 |
|     | Liitteet   |    |
|     | Liite 1. Mittauslomake                               |    |
|     | Liite 2. Kaavoitusmittausohjeiden työsuunnitelma     |    |
|     | Liite 3. Kadun rakennussuunnitelmien tasoerittely    |    |

## Lyhenteet ja määritelmät

|               |  |
|---------------|--|
| akselivirheet | Takymetrin tai teodoliitin kalibroinnissa määritettävät kojeen mittaustuloksen poikkeama-arvot. Akselivirheet sisältävät tappikaltevuuden, kollimaatiovirheen sekä pystykehän nollapistevirheen. |
| bussoli       | Käsisuuntakehä eli kompassi, jolla voidaan tähdätä kohteeseen ja saada siten tarkempia kulmahavaintoja perinteiseen kompassiin verrattuna.   |
| ETRS-GK25     | Helsingin kaupungin käyttämän EUREF-FIN -realisaation paikallinen tasokoordinaatisto.  |
| EUREF-FIN     | Yleiseurooppalaisen koordinaattijärjestelmän suomalainen realisaatio.  |
| GNSS          | Global Navigation Satellite System. Nimitys eri maiden ylläpitämien satelliittipaikannusjärjestelmien muodostamalle kokonaisuudelle.   |
| HKR           | Helsingin kaupungin rakennusvirasto.   |
| IMS           | Integrated Management System. IMS Business Solutions Oy:n valmistama toimintajärjestelmän ohjelmisto. Myös nime Staran käyttämälle toimintajärjestelmälle.                                       |
| KMO           | Helsingin kaupungin kiinteistöviraston kaupunkimittaosasto.  |
| KPO           | Helsingin kaupungin rakennusviraston katu- ja puisto-osasto.   |
| KV            | Helsingin kaupungin kiinteistövirasto.   |
| Microstation  | Yhdysvaltalaisen Bentley'n kehittämä ohjelmisto, jota käytetään numeeristen maastomallien ja kartta-aineistojen laatimiseen, tietokoneavusteiseen suunnitteluun ja mallinnukseen.                |

|                        |   |
|------------------------|---|
| N2000                  | Valtakunnallisen 3. tarkkavaaituksen myötä syntynyt korkeusjärjestelmä, joka on sidottu myös naapurimaiden vaaitusverkkoihin.   |
| NN                     | Suomeen vuosien 1892–1910 aikana laadittu ensimmäinen valtakunnallinen korkeusjärjestelmä.  |
| numeerinen maastomalli | Numeerinen maastomalli on automaattisen tietojenkäsittelyn avulla laadittu tietokanta, joka sisältää pisteistä ja taiteviivoista muodostetun luokitellun sijaintitiedon sekä siitä laskennallisesti tuotetut kolmiulotteiset pintamallit.   |
| orientointi            | Takymetrimittauksen toimenpide, jossa mittauskoje asetetaan määrättyyn tasokoordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään tunnettujen lähtöpisteiden avulla.  |
| RTK                    | Real Time Kinematic. Reaaliaikainen satelliittimittaus. Satelliitteihin perustuva mittausmenetelmä, jossa tunnetulla pisteellä oleva tukiasema lähettää mittaamansa vaihehavainnot liikkuvalla paikannusvastaanottimelle, joka laskee tämän avulla sijaintiestimaattinsa reaaliajassa.        |
| SAP                    | Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung Aktiengesellschaft. Saksalainen toiminnanohjausjärjestelmien ja liiketoimintaohjelmistojen valmistaja, joka on myös Starassa käytettävän ohjelmiston nimi.   |
| VRS                    | Virtual Reference Station. Satelliittipaikannukseen perustuva valtakunnallinen tukiasemaverkko. Kiinteiden tukiasemien ja laskentakeskuksen virhemallinnuksen avulla lasketaan vastaanottimen lähelle virtuaalinen RTK-tukiasema, jolloin vastaanotin on riippumaton kiinteästä tukiasemasta. |

## 1 Johdanto

Suomessa kuntien katujen, puistojen sekä muiden yleisten alueiden suunnittelua varten tarvitaan ajantasaista tietoa suunniteltavan alueen nykytilasta ja rakenteista. Tiedot saadaan kaavan pohjakartan, erilaisten johtotietorekistereiden sekä alueella tehtävien kartoitusmittausten perusteella. Kartoitukset suoritetaan sähkömekaanisten havaintolaitteiden avulla, joiden tekniikka on kehittynyt huomattavasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Maanmittausalalla erilaiset maastomittaukset ovat olleet yksi kehittyneimmistä osa-alueista.

Kartoitusmittaukset muodostavat merkittävän osan kunnallisten mittausorganisaatioiden työstä. Etenkin Helsingin kaupungin Staralla kartoitusmittauksia sisältyy suurimpaan osaan kaikista tilauksista. Maastokartoitusten pääasiallisena tavoitteena on kerätä maastosta numeerista tietoa, luokitella tieto ja jalostaa sitä suunnittelun tueksi. Kartoitusmittauksia ohjaavat laadittavan suunnittelun tarpeet ja tavoitteet. Tarpeet ja tavoitteet yksilöidään jokaiselle kartoitusmittaukselle tilausvaiheessa, jolloin mittausten tuloksena saadaan asiakkaan määrittelemiä lopputuotteita. Kartoitusmittausten lopputuotteita ovat tyypillisimmin maastomallit ja numeeriset kartta-aineistot tietyssä koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä.

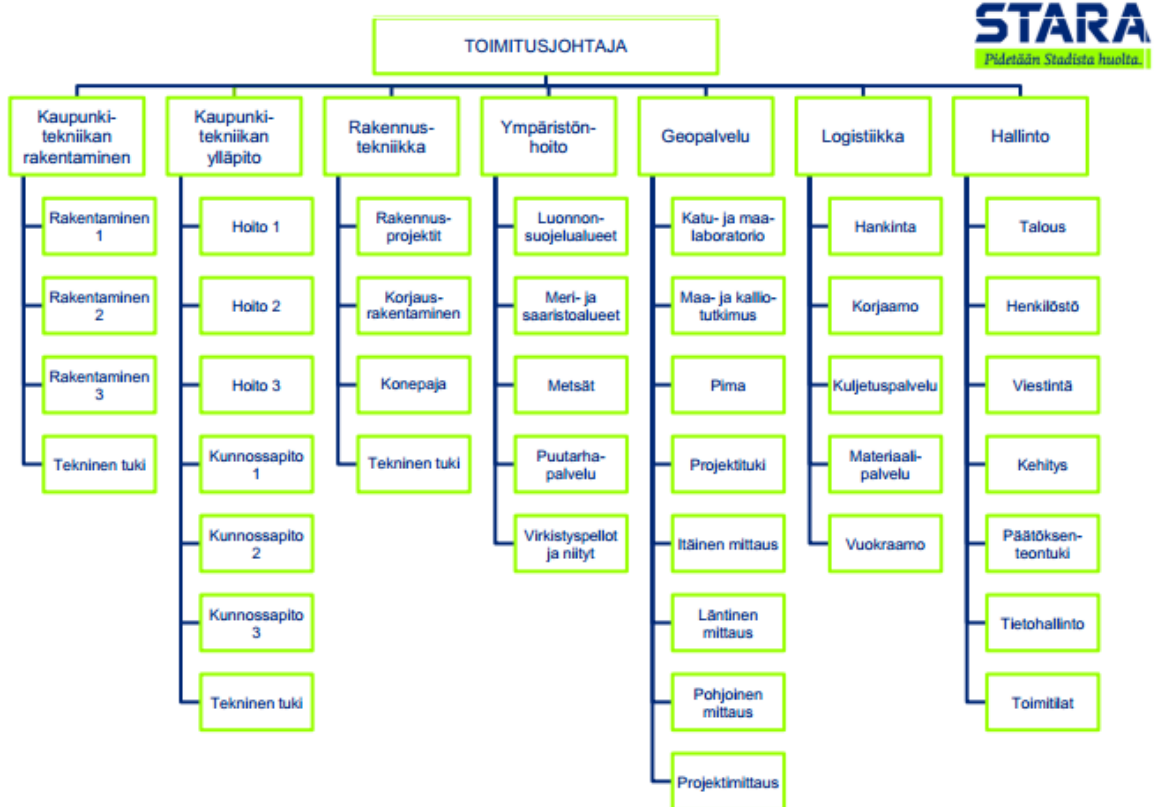
Insinööriyön aihe oli ollut hahmotelmana jo aikaisemmin päästyäni vakituisesti kartoittajaksi Projektimittaukseen syksyllä 2010. Työskennellessäni yksikön kartoitusmittauksissa olen kohdannut monia tilanteita, joissa epävarmuuksien kontrolloiminen on haastavaa. Eri mittausmenetelmät, mittausalan ammattilaisten erilaiset toimintatavat, ”talon tavat” sekä tilauksien tarkka määrittely ovat motivoineet ottamaan selvää tämän työn aiheesta. Laadukkaalla kartoitusmittauksella on suuri vaikutus myös rakennettavaan ympäristöön. Se toimii maanmittausalan yhtenä laatuindikaattorina oman kuntien yleisillä alueilla.

Tavoitteena tässä työssä on havainnoida ja pohtia kartoitusmittausprosessin eri osioiden laatu- ja virhetekijöitä maanmittaustekniikan näkökulmasta ja tuoda esiin Projektimittauksen mittausprosessin hyviä käytäntöjä. Tässä työssä kuvataan Projektimittauksen kartoitusmittausprosessin eri vaiheet laadunseurannan näkökulmasta. Lisäksi tällä työllä on tarkoitus luoda pohjaa Geopalvelun Mittauksen yhteiselle laatukäsikirjalle.

## 2 Staran organisaatio

Stara on Helsingin kaupungin alainen liikelaitos, joka tuottaa infrarakentamisen, ympäristönhoidon sekä logistiikan palveluja kaupungin tarpeisiin. Ennen liikelaitokseksi muodostamista vuonna 2010 se tunnettiin nimellä Rakentamispalvelu, jonka alkuperä on jo vuonna 1878 syntyneessä kaupungin rakennuskonttorissa. Organisaation hallinnon muodostavat koko Staran hallinnollisen vastuun kantava toimitusjohtaja Timo Martiskainen sekä hallinto-osasto. Muilta osin Stara jakaantuu palvelutuotannon mukaisesti kuuheen osastoon: Kaupunkitekniikan Rakentamiseen ja Ylläpitoon, Rakennustekniikkaan, Ympäristöhoitoon, Geopalveluun ja Logistiikkaan (1). Staran liikevaihto oli vuoden 2012 lopussa 240,2 milj. €, ja sillä oli samaan aikaan henkilöstöä 1 568, joista vakinaisia oli noin 90 prosenttia. (2, s. 30.)

Geopalvelu on muun muassa maaperätutkimuksia, mittauspalveluja ja pilaantuneiden maiden käsittelyä tarjoava Staran osasto, jossa työskentelee vakituisesti noin 80 henkilöä. Osaston liikevaihto oli vuoden 2012 lopussa noin 14 miljoonaa euroa. Sitä johtaa yksikönjohtaja Hannu Halkola. Geopalvelu jakaantuu kahdeksaan yksikköön (kuva 1), joista mittauksen yksiköitä on neljä. Yksiköiden esimiehinä toimivat palvelupäälliköt. Mittausyksiköistä Läntisen, Itäisen ja Pohjoisen mittauksen palveluihin kuuluvat pääasiassa katualueiden suunnittelu- ja merkintämittaukset, maastokartoituksista laadittavat maastomallit sekä tilavuudenmääritykset.



Kuva 1. Staran organisaatiokaavio (1).

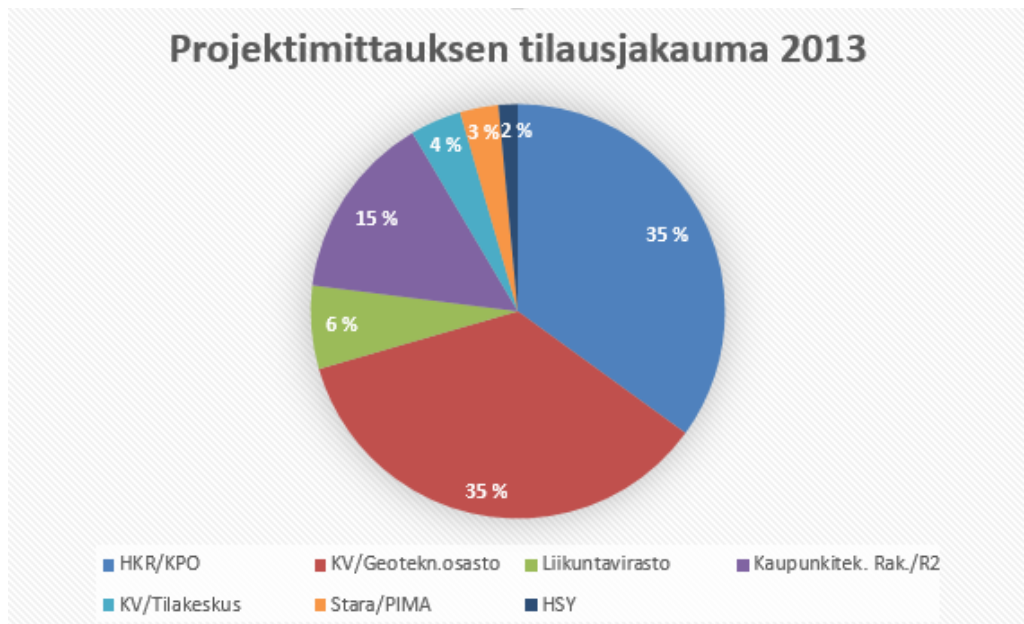
## 2.1 Projektimittaus

Projektimittauksella ei ole muiden yksiköiden tapaan nimellistä aluevastuuta, sillä sen toimipaikka on kaupunginpuutarhan yhteydessä ja sillä on läheistä historiaa Rakennusviraston viherrakentamisen kanssa. Projektimittaus tarjoaa mittauspalveluja muita yksiköitä laajemmin. Katualueiden merkintämittauksista huolehtivat pääasiassa kolme muuta yksikköä, joten Projektimittauksen merkintämittaukset painottuvat puistojen ja virkistysalueiden rakentamiseen. Henkilöstöä Projektimittauksessa oli vuoden 2014 alussa palvelupäällikön lisäksi 9 työntekijää, joista kaksi on mittaustyönjohtajia. Viimeksi mainittu sijaistavat palvelupäällikköä tarvittaessa.

Projektimittauksen mittauskalustona on joulukuussa 2013 hankittu Riegl VZ 400 -maalaserkeilain, kaksi Trimble VX -skanneritakymetriä, neljä Trimble S6 -takymetriä ja kolme Trimble R8 -GNSS-vastaanotinta. Maastotietoa tallennetaan ja käsitellään Trimble Tablet -maastotietokoneella sekä Trimble TSC3 ja TCU-maastotallentimilla. Kalustoon kuuluu lisäksi Trimblen Multitrack ja 360°-prismoja sauvoineen, n. 4,5 m:n korkeuteen yltäviä

erikoissauvoja, tarkastuskaivojen mittausvälineitä sekä kattava valikoima varusteita ja tarvikkeita työsuojelusta kallioporaukseen. Päätuotteena projektimittauksella ovat erityyppiset kartoitusmittaukset katujen ja viherrakentamisen suunnittelua varten sekä maaperä- ja kalliotutkimuksiin liittyvät merkintämittaukset ja maastokartoitukset.

Projektimittauksen kartoitusmittausten tilaajat ovat enimmäkseen Helsingin kaupungin muita virastoja ja yksiköitä. Suurimmat tilaajat ovat vuonna 2013 olleet Rakennusviraston katu- ja puisto-osasto sekä Kiinteistöviraston Geotekninen osasto. (3.) Muita asiakkaita ovat olleet Staran yksiköt Kaupunkitekniikan Rakentaminen 2 ja Pilaantuneet maat, Kiinteistöviraston Tilakeskus, Helsingin kaupungin Liikuntavirasto ja Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY.

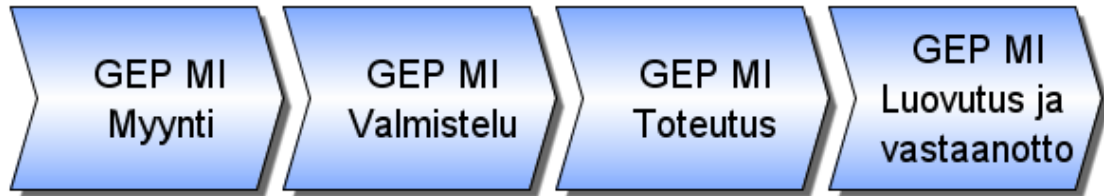


Kuva 2. Projektimittauksen tilausjakauma vuonna 2013 (3).

## 2.2 Prosessi ja IMS

Hyvän organisaation tunnuksena ovat toimivat prosessit. Nykyisin lähes kaikki sekä julkisen että yksityisen sektorin palvelut perustuvat prosesseihin projektien sijaan, sillä niiden avulla toiminnan strateginen ohjaus ja kokonaisuus ovat paremmin hallittavissa. Prosessin luomisessa jokin tavoitteellinen toiminta tunnistetaan ja kuvataan. Prosessissa

korostuu sen asiakaslähtöinen toimintamalli, sillä sen lopputuote, laadun seuranta ja varmistus, voidaan liittää tarkasti kuvattuihin ja dokumentoituihin prosessin vaihekuvauksiin. (17.)



Kuva 3. Geopalvelun Mittauksen prosessi.

Projektimittauksen kartoitusmittausprosessi näkyy toiminnoiltaan samanlaisena Geopalvelun mittauksen prosessin kanssa (kuva 3). Prosessi kuuluu Staran IMS-toimintajärjestelmään, jonka tarkoituksena on toimia ensisijaisesti Staran eri osastojen ja yksiköiden prosessien laadunseurantajärjestelmänä. IMS-järjestelmän mittausprosessin vaihekuvauksissa ei ole eritelty erityyppisiä mittauksia, kuten tilavuudenmääritysmittauksia tai katualueen merkintämittauksia. IMS on käynnistetty Starassa projektina ja siinä laaditut prosessit ovat hyväksytyt Staran johdon toimesta, mutta niiden auditointi puuttuu toistaiseksi, minkä johdosta projektia ei ole julkaistu. (8.) Mittausprosessiin on vuoden 2013 lopulla laadittu kehityssuunnitelma, johon sisältyy seuraavia (5.):

- yhteistyön kehittäminen tilaajan kanssa työmaamittauksen pilottikohteessa
- kustannusrakenteen selvitys ja kustannustehokkuuden parantaminen
- uusien palvelujen käyttöönotto
- hyvien käytäntöjen kartoittaminen eri mittausyksiköiden välillä.

### 3 Kartoitusmittausprosessi

Kartoitusmittauksilla tarkoitetaan tässä työssä takymetrillä ja reaaliaikaisella satelliittimittauksella tehtäviä maastokartoituksia sekä hulevesi- ja viemärijärjestelmien kartoitusmittauksia alueen pintavesien ohjauksen suunnittelua varten. Kartoitusmittauksia tehdään myös tilavuudenmäärityksiä varten, mutta nämä mittaukset rajataan tämän työn ulkopuolelle erityyppisen lopputuotteen sekä tilauksien eri tarkoituserän vuoksi.

Maastokartoitukset suoritetaan yleisimmin takymetrillä säteittäisinä kartoitusmittauksina yhdistettynä trigonometriseen korkeudenmääritykseen. Toisin sanoen koje orientoidaan maastossa tunnettujen lähtöpisteiden avulla, joista vähintään yhdellä on korkeustieto. Tämän jälkeen voidaan suorittaa varsinainen kartoitus eli kerätään maastosta tilausso-  
pimuksen edellyttämä tieto esimerkiksi maaston profiilista, materiaalirajoista, raken-  
teista, kasvillisuudesta ja vesistöistä. Tieto koodataan mittaustiedon käsittelyä ja maas-  
tomallin laatimista varten. Koodeissa määritellään kohteet pisteiksi, taiteviivoiksi tai käy-  
räviivoiksi. (4, s. 92–93.)

Mitattuihin kohteisiin saadaan lisäksi jo maastossa lisättyä ominaisuustietoja, kuten esi-  
merkiksi puiden halkaisija tai pylvään materiaali. Maastotieto puretaan takymetrin tallen-  
timesta tietokoneelle ja käsitellään Bentley Microstation -suunnitteluohjelman Terra-so-  
velluksilla. Käsittelyssä tuotetaan aineistosta tilauksessa määritellyt lopputuotteet, ylei-  
simmin maastomalli.

### 3.1 Myynti ja tarjouspyyntö

Nykyisin Projektimittauksen myynnistä ja markkinoinnista vastaa palvelupäällikkö yhteis-  
työssä Geopalvelun yksikönjohtajan kanssa. Projektimittauksen asiakkaista suhteet Sta-  
ran Kaupunkitekniikan Rakentaminen 2:een sekä KPO:hon ovat pysyneet melko sa-  
moina viime vuosina eikä erityinen markkinointi ole ollut tarpeen. Sen sijaan Kiinteistövi-  
raston Geotekniseen osastoon ja Liikuntavirastoon tulee pitää säännöllisesti yhteyttä kil-  
pailutilanteen vuoksi. Muihin mittausyksiköihin nähden Projektimittaus saa näiltä merkit-  
tävästi enemmän tilauksia. (6.)

#### 3.1.1 Kustannusarvio ja tarjous

Myynti, tarjouksen tekeminen ja tilauksen vastaanotto muodostavat kartoitusmittauksen  
osaprosessin, jossa osapuolten vastuiden tarkka määrittely synnyttää luottamusta tilaa-  
jan ja toimittajan välille, nopeuttaa asioiden hoitoa sekä selkeyttää viestintää. Palvelu-  
päällikön vastuulla on kustannusarvion laskeminen, jossa tulee huomioida resursseista  
ja esimerkiksi sääoloista johtuva riskivara (21). Kartoitusmittausten kustannus muodos-  
tuu Staran hinnoittelun mukaisesti kartoitusmittausryhmän päivämaksusta. Päivämaksu  
määräytyy työntekijöiden lukumäärän mukaan. Palvelupäällikkö arvioi työn valmisteluun,  
toteutukseen, jälkikäsitteilyyn sekä mahdollisiin tarkistustöihin tarvittavan ajan. Lisäksi

hänen tulee jo tässä vaiheessa arvioida, tarvitaanko ulkopuolisia resursseja, kuten alirakoitsijoita, vesikulkuneuvoja tai lisälaitteita. Kustannusarvion tulee noudattaa tarjouspyyntöä. (21.)

Tarjous laaditaan näiden pohjalta Staran tarjouslomakkeelle, johon tulee lisäksi selvittää tilaajan kanssa veloitusperusteet. Tämän jälkeen tarjous lähtee tilaajalle, joka laatii tilauksen sovittujen toimintamallien perusteella. Palvelupäällikkö vastaanottaa tilauksen sekä selvittää työtuntien ja laskutuksen perusteena olevan SAP-järjestelmän verkkonumeron, jolloin tilaus siirtyy järjestelmään uutena projektina.

### 3.1.2 Mittauslomake ja erityismääritykset

Yllä mainitut sovitut toimintamallit ovat eri tilaajien kanssa hyvin erilaisia. Tarjousta ja tilausta tehdessä syntyy usein vilkasta sähköposti- ja puhelinliikennettä, jonka vähentämiseksi olisi otettava käyttöön erityinen KPO:ssa laaditun kaltainen mittauslomake (liite 1). Tähän lomakkeeseen voidaan rajata ulkopuolelle ne tiedot, joita kartoitusmittauksissa ei tarvitse huomioida, jolloin tältä osin voidaan kustannuksia pienentää. Lomakkeesta tulee ilmetä selkeästi tilaajataho tai sen edustaja yhteystietoineen. Lomakkeeseen tulee myös lopputuotteen määrittely, vaikka se olisikin erikseen laaditussa tilauksessa. Lopputuotteen määrittelyssä tulisi olla ainakin seuraavat kohdat:

- lopputuote, sen eri muodot ja toimitustavat
- lopputuotteen taso- ja korkeuskoordinaatitot
- sovellettava kartoituskoodisto
- tasojen lisämääritykset Microstation-ohjelmassa
- maastomallin erityisominaisuudet
- muut lopputuotetta ja tilausta koskevat asiat.

Mikäli lopputuotteen tarkkuutta ei määritellä tilaajan toimesta, se määritetään prosessin sisäisen tarkastelun perusteella. Tarkkuustoleranssit muodostuvat käytettyjen lähtöpis- teiden, maastokartoituksen sekä tiedonkäsittelyn ja maastomallin laadinnan yhteistulok- sena. Pääsääntönä on, että hulevesi- ja viemärijärjestelmiin liittyvissä kartoitusmittauk- sissa tulisi tilaajan lisäksi eritellä, tarvitaanko lopputuotteessa hulevesikaivojen, -putkien

sekä rumpujen sijainti- ja ominaisuustietojen lisäksi vastaavat tiedot myös viemäröineistä. Informaatio vaikuttaa oleellisesti mittauksen suunnitteluun ja aikatauluun, putkikartan kooditukseen sekä työturvallisuuteen. Maanpäällisten mittausten kartoituskoodistot tulisi esittää tilaajalle ja sopia lopputuotteen kannalta parhaasta vaihtoehdosta. Koodistoissa mittauspisteisiin sisältyy erilaisia määrittämiä maastomallin suhteen, joten tällä on vaikutusta maastomittausvaiheen suunnitteluun.

### 3.2 Kartoitusmittauksen valmistelu ja suunnittelu

Kartoitusmittauksen palveluprosessin tämä osuus on koko prosessin lopputuloksen kannalta tärkein. Lopputuotteen laadun määrittelevät suurelta osin mittauksessa käytetyt lähtöpisteet, valmistelupalaverissa sovitut työn oikeellisuutta koskevat seikat sekä prosessin aikataulutus. Tilausvaiheessa työlle on jo asetettu karkea aikataulu, jonka puitteissa palvelupäällikkö tarkentaa aikataulua mittausryhmälle tilaajan sekä mahdollisten kolmansien osapuolten, esimerkiksi Geoteknisen osaston tilauksissa Staran Geopalvelun Pohjatutkimuksen työnjohdon kanssa.

Valmistelupalaveri on vakiintunut käytäntö Projektimittauksen työn suunnittelussa. Siinä palvelupäällikkö selvittää mittausryhmälle hankkeen lähtöaineiston ja työsuojelutarpeet. Lähtöaineistona toimii useimmiten tilaajan laatima karttaliite, mutta joskus yksikössä varaudutaan selvittämään tilattu mittausalue epämääräisen tilauksen vuoksi. Keskeisenä tietona mittausryhmälle palaverissa tulee aluerajauksen lisäksi myös kartoituskoodisto sekä käytettävä tasokoordinaatisto ja korkeusjärjestelmä. Palaverissa painotetaan usein lähtöpisteiden huolellista selvitystä ja rakentamista tulevaisuutta silmällä pitäen. Koko prosessin aikataulu selvitetään mittausryhmälle, kuten myös menettely tilanteessa, jossa aikaraja ylittyy. Takymetriä huolto- ja kalibrointitarve otetaan huomioon palaverissa ja selvitetään varalla olevien kojeiden toimintakyky ja kalibrointitilanne, mikäli se on tarpeen.

Kartoitusmittauksen laadukkaasta valmistelusta vastaa pääosin yksikön palvelupäällikkö. Valmistelupalaverissa mittausryhmälle tulee käydä läpi tilauksen tavoite ja asiasältö pääpiirteittäin maastomittauksen näkökulmasta. Aikataulutuksessa tulisi huomioida mittausolosuhteet ja muut riskit. Valmisteluun kuuluu myös erilaisten lupien selvittäminen liikennealueilla ja yksityisten omistamilla mailla sekä ilmoitusvelvollisuus työskennellessä esimerkiksi rakennustyömaiden tai vankiloiden alueilla. Yhtenä palveluprosessin

laadunseurantamenetelmänä toimii työsuunnitelma (liite 2), josta ilmenevät yllä mainitut seikat tarvittavine resursseineen.

Palvelupäällikkö tutustuu mittausryhmän kanssa huolellisesti uuteen tilauskohteeseen maastokäynnillä, selvittää alueen taso- ja korkeuskiintopistetilanteen kriittisestä näkökulmasta sekä arvioi alustavasti, rakennettaisiinko lisäpisteitä VRS RTK -laitteistolla. Aliurakat, joita voivat olla esimerkiksi venekuljetukset, työkonetehtävät tai erikoismittaukset, tulee kilpailuttaa asianmukaisesti. Sen myötä valitun työn suorittajan kustannusarvio tulee hyväksyttäväksi tilaajalla sekä liittää mukaan työsuunnitelmaan. Alihankintatyöhön palvelupäälliköllä on käytettävissään Staran yleiset hankintaohjeet.

### 3.2.1 Laitteiston kalibrointi

Geodeettisissa mittauksissa käytettävien laitteiden ja välineiden mittaustuloksien oikeellisuus tulee selvittää kalibroinnilla. Kalibroinnin tasoja on kaksi: määrityskalibrointi ja seurantakalibrointi.

Määrityskalibroinnin tarkoituksena on selvittää mittalaitteen antamat arvot ja verrata niitä kalibroinnissa käytettävään, kansallisen tai kansainvälisen mittausalan kalibrointiorganisaation määräämään standardiin. Sitä suorittavat Suomessa Mittatekniikan keskuksen lisäksi laitevalmistajien maahantuojoyritykset, joissa määrityskalibrointia ohjaavat laitevalmistajien määräykset. Määrityskalibroinnissa selviää, vastaako kojeen mittaustarkkuus valmistajan ilmoittamaa tarkkuutta. Sen menetelmiä ovat takymetriä etäsuorituksen oikeellisuuden testaus esimerkiksi laserinterferometrillä sekä kojeen akselivirheiden määrittäminen (9, s. 364). Reaaliaikaiseen satelliittimittaukseen käytettävän GNSS-vastaanottimien kalibrointi tapahtuu laitevalmistajan yhteydessä määrittämällä satelliittien atomikellon sekä vastaanottimen kellon välinen ero C/A-koodin avulla, josta saadaan sijaintihavainnon laskentaan käytettävä korjaus (9, s. 297).

Laitteille tulee myös tehdä säännöllistä seuranta- ja menetelmäkalloibrointia maasto-olosuhteissa. Seurantakalloibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen käyttäjän suorittamaa kenttäkalibrointia, jossa tarkastetaan määrityskalibroinnin pysyvyys kojeen käytössä (9, s. 365). Takymetrin rasiatasain tulisi tarkistaa säännöllisesti säätämällä se vastaamaan kojeen elektronisen kompensattorin esittämää tasausta. Trimble R8 -GNSS -vastaanottimen menetelmäkalloibrointia varten tulisi laatia kalibrointirata. Kalibrointiradan suunnitelma on esitetty taulukossa 1. Radan myötä RTK-mittaukseen saataisiin jatkuva laadun

seuranta ja varmistus. Rataa voidaan hyödyntää myös yksikön takymetriä seuranta- ja kalibroinnissa. Radan merkitys kartoitusmittausprosessin lopputuotteelle on huomattava, sillä huonosti kalibroidun tai kalibroimattoman mittalaitteen antamat tulokset sisältävät karkean virheen suuren riskin, ja sen toteaminen laskennallisesti on lähes mahdotonta.

Taulukko 1. Kalibroitiradan suunnitelma ja käyttö.

| Työvaihe                     | Mittausmenetelmä                           | Työn kuvaus   |
|------------------------------|--|---|
| Lähtöpisteet                 | Jonomittaus takymetrillä                   | Mitataan Projektimittauksen pihaan apupisteistö, vähintään 3 kpl, aloittamalla ja sulkemalla KMO:n tasokiintopisteisiin (5.lk), tasokoordinaatistona ETRS GK-25.  |
| Lähtöpisteet                 | Vaaitus                                    | Vaaitaan apupisteille korkeudet jonoaaituksena aloittamalla ja sulkemalla KMO:n korkeuskiintopisteisiin, korkeusjärjestelmänä N2000   |
| Kalibroitiradan suunnittelu  | Estepiirrokset                             | Suunnitellaan kartoitettava alue, jossa merkittäviä viivamaisia kohteita ja pistekohteita (ei puita tai pylviä). Kohteissa ei taivaskatveja yli 20°:n kulmassa horisontista.  |
| Kalibroitiradan rakentaminen | Säteittäinen kartoitusmittaus takymetrillä | Mitataan suunniteltu alue kahdelta eri vapaalta asemapisteltä. Orientointi tehdään kolmella lähtöpisteellä. Lasketaan kartoituspisteille keskiarvosijainnit.  |
| Kalibrointi                  | VRS RTK                                    | Kartoitetaan rata kahdella eri alustuksella kahtena eri ajankohtana (aamu -ja iltapäivä), metodina kartoituspiste. Lasketaan kartoituspisteille keskiarvot.   |
| Kalibrointitulokset          | Jälkikäsitteilyohjelma, excel-taulukko     | Mittauksista otetaan tallentimella mittausraportti, josta näkyvät ilmoitetut fix-tarkkuusestimat ja RMS-luku. Verrataan RTK-mittauksen tuloksia takymetrimittauksiin, kirjataan erot taulukkoon ja tallennetaan. Mukaan päivämäärä.   |
| Laadunvarmistus              | Uusintamittaus                             | Mikäli RTK-pisteissä esiintyy huonoa fix-tarkkuutta (tasossa yli 30 mm), korkeaa RMS-lukua (yli 30) tai yli 5 cm:n ero tasossa takymetrikartoitukseen, suoritetaan uusintamittaus. Mikäli edelleen jokin em. ongelmista, pyydetään laitetehtäjä tai tehdään huoltoilmoitus. |

Projektimittauksen kalibrointi painottuu elektronisten takymetriä vuotuisen määritys- ja seuranta- ja kalibrointiin. Yksikön takymetreillä on voimassaoleva huoltosopimus laitevalmistajan maahantuojan Geotrim Oy:n kanssa. Kojien huolto-ohjelmaan kuuluu kerran vuodessa suoritettava määrityskalibrointi, jonka yhteydessä testataan myös kajojen sähkömekaaninen toimintakyky sekä päivitetään maastotietokoneiden ohjelmistot viimeisimpään versioon. Kalibroinnin tuloksena saadaan kalibrointitodistus, josta ilmenevät maahantuojan sertifikaatti, päivämäärä, laitteen tyyppi ja sarjanumero, kalibroinnissa todetut etäisyys- ja kulmatarkkuudet sekä muut tehdyt toimenpiteet.

Kalibroinnin merkitys suunnittelumittausprosessin lopputuotteen kannalta on merkittävä. Sen avulla säilytetään mittausten sisäinen kontrolli sekä tilauksen sisäisiin mittauksiin että esimerkiksi alueelle tehtäviin lisämittauksiin. Staran IMS-prosessikuvauksessa kalibrointi on osa valmistelun osaprosessia. Tilauksessa käytettävän kojeen vuosihuollon tarve sekä edellisessä kalibroinnissa tehdyt toimenpiteet selviävät laitevalmistajan kalibrointitodistuksesta. Kojeelle tulee tehdä säännöllisesti seurantakalibroinnin perusmenetelmien mukaiset toimenpiteet, jotka kirjataan vapaamuotoiselle lomakkeelle. Lomake ja alkuperäinen kalibrointitodistus pidetään toimistokansiossa, ja kopioiden näistä tulisi olla kojelaukussa. Lomakkeesta tulisi ilmetä ainakin seuraavat asiat:

- kojeen malli ja sarjanumero
- kojeen karkeatähtämien tarkistus ja säätö
- rasiatasaimen tarkastus
- päiväys ja toimenpiteiden tekijä tai tarkastaja.

Varsinaisten kalibrointitöiden lisäksi kartoitusmittausprosessin aikana tulee tehdä käytönaikaista kalibrointia niin kojeille kuin muille mittausvälineille. Käytön kalibroinnilla tarkoitetaan laitteiden käyttöä ja puhdistusta valmistajan suositusten mukaisesti. Lisäksi muille välineille, kuten prismasauvoille, tulee suorittaa säännöllisiä tarkastuksia. Oheisessa esimerkissä kulunut prismasauvan kärki aiheuttaa kartoitusmittauksissa n. 1 cm:n korkeuspoikkeaman, mikä lisää mittausten epävarmuutta (kuva 4).



Kuva 4. Uusi ja kulunut prismasauvan kärki. Kärkien pituuseroksi on mitattu 1 cm.

### 3.2.2 Henkilöstön perehdytys, koulutus ja ATK-tuki

Henkilöstön kouluttamisesta ja perehdyttämisestä vastaa prosessin aikana palvelupäällikkö. Staran palvelussuhdekäsikirjan mukaan esimies vastaa myös henkilöstön koulutuksen ja perehdytyksen kehittämistarpeista (20, s. 14). Ajantasaisella ammattitaidolla ja tietotaidolla varustetulla henkilöstöllä on hyvät edellytykset käyttää kartoitusmittausprosessissa tarvittavia laitteita, välineitä ja ohjelmia monipuolisesti. Hyvin koulutettu henkilöstö kykenee myös arvioimaan omaa toimintaansa kriittisemmin ja useammasta eri näkökulmasta.

Projektimittauksella työskentelee mittaustyönjohtajia, vastaavia kartoittajia sekä mittausetumiehiä. Mittaustyönjohtajat sijaistavat palvelupäällikköä sekä osallistuvat työntekijöinä kartoitusmittausprosessiin. Kartoittajat ovat suorittaneet maanmittausalan perustutkinnon, ja mittausetumiehet ovat työssä oppineita ammattityöntekijöitä. Uudet työntekijät perehdytetään kartoitusprosessissa tehtävään pääosin mittausryhmän toimesta palvelupäällikön ohjeistamana. Sen sijaan muusta palvelussuhdesta sekä Staran toimintatapoja koskevasta tiedotuksesta ja niihin perehdyttämisestä vastaa ensisijaisesti esimies.

Kartoitusprosessin osalta koko henkilöstölle on järjestetty Microstation-ohjelman peruskursseja sekä perehdytys muiden tarvittavien ohjelmien käyttöön. Yksikön tietokoneiden ohjelmisto- ja laitetuesta vastaa Staran tietohallinto, jonka avulla järjestyvät esimerkiksi Microstationin ja Terra-sovellusten käyttölisenssit ja ohjelmistopäivitykset sekä vianetsintä. Uusien laitteiden ja ohjelmien käyttöönotossa järjestetään yleensä useampi koulustilaisuus yhdessä palvelupäällikön sekä laitteen toimittajan kesken ja varmistetaan käyttöönoton jälkeinen tuki.

Edellä mainittujen lisäksi kartoitusmittausprosessin henkilöstön ajantasaista kouluttautumista voidaan kannustaa hankkimalla työntekijöiden saataville alan ammattikirjallisuutta ja ammattilehtiä jo olemassa olevien lisäksi. Erityisesti KPO:n vihersuunnittelun tilauksissa painotetaan usein puiden sekä muiden erityisten viherkohteiden ominaisuustietoja. Kasvilajien tunnistuksen epävarmuutta voidaan vähentää esimerkiksi puutarha-alan kursseilla tai hankkimalla yksikköön alan käsikirjoja.

### 3.2.3 Valmistelupalaveri

Suunnittelumittauksen valmistelupalaverilla tarkoitetaan palvelupäällikön ja mittausryhmän välistä tiedonantotilaisuutta. Palaverin yhteydessä laaditaan lyhennetty versio kaa-voitusmittausohjeiden mukaisesta työsuunnitelmasta (liite 2). Palaverissa tiedotetaan mittausryhmälle tilauksen sisältö, tarkoitus ja aikataulu, koordinaattijärjestelmät ja mit-tausmenetelmät sekä mahdolliset alihankintana suoritettavat työt. Tiedoksiantoon kuu-luvat myös kaikki olennaiset tilaajan kanssa suullisesti sovitut asiat. Näitä voivat olla esi-merkiksi se, mistä alueen osasta tilaaja haluaisi ensimmäiseksi mittautustietoa. Mittaus-ryhmän toiminnan kannalta tärkein ilmoitusasia on tilauksen urakka-aika tai sen koko-naishinta, joka määrää tilaukseen käytettävät työtunnit. Erityisenä huomionkohteena ti-laisuudessa tulee myös olla mitattavan alueen raja- ja nykyinen käyttötarkoitus sekä näihin seikkoihin liittyvät työsuojeluasiat. Kohteen raja- ja nykyinen käyttötarkoitus tulee käydä selkeästi ilmi joko sähköisestä tai paperisesta lähtöaineistosta.

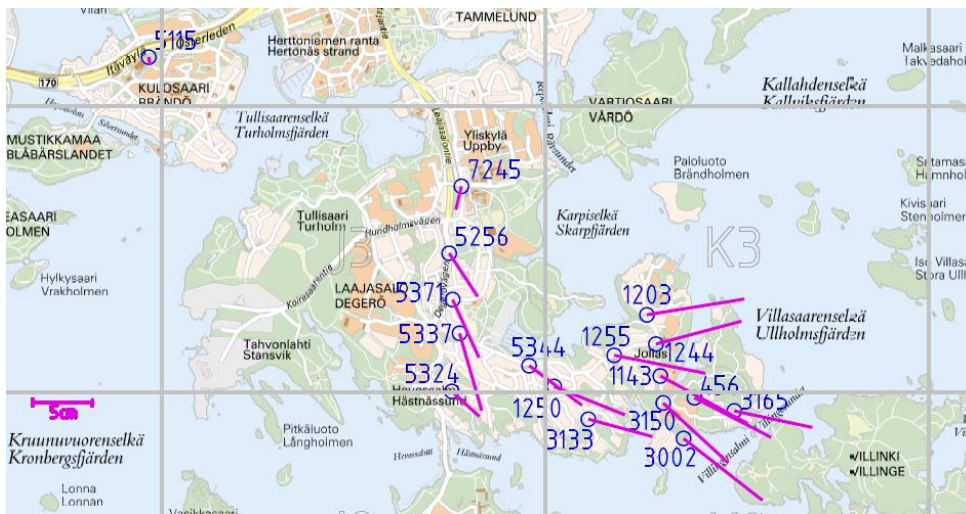
Kokouksen yhteydessä käydään myös läpi mittausryhmän kaluston kuntotilanne ja tar-vittaessa täydennetään sitä. Mittausryhmän jäsenet vastaavat ensisijaisesti ryhmän ka-luston kunnosta ja huoltotarpeesta ja ovat velvollisia ilmoittamaan puutteista ja muista huomioista palvelupäällikölle.

### 3.2.4 Tasokoordinaatitot ja korkeusjärjestelmät

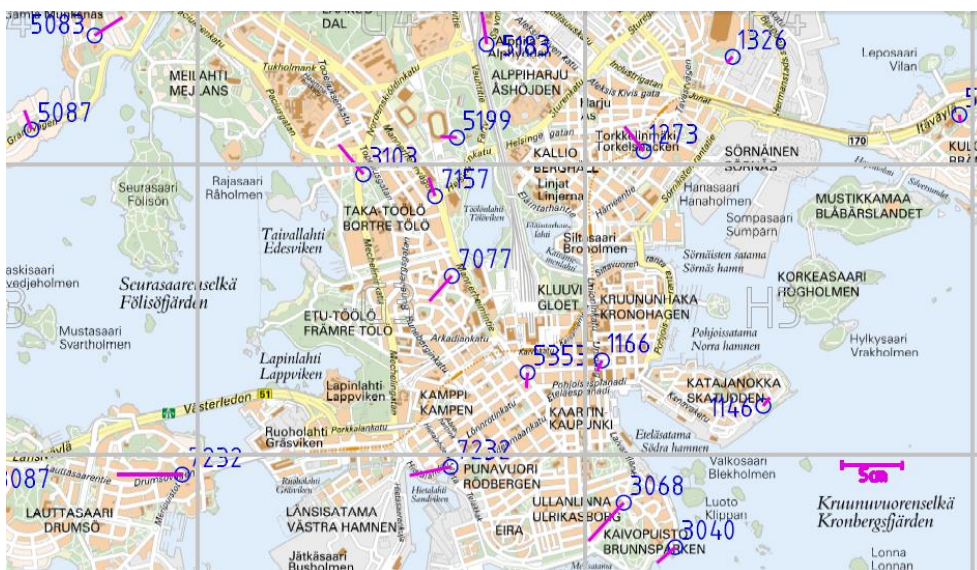
Helsingin kaupungin tasokoordinaattijärjestelmänä käytetään nykyisin EUREF-FIN -rea-lisaation ETRS GK-25 -tasokoordinaatistoa ja korkeusjärjestelmänä N2000-järjestel-mää. Järjestelmiin siirtyminen tapahtui 1.12.2012. Aiemmin kaupungin tasokoordinaatis-tona oli Helsingin erilliskoordinaatisto ja korkeusjärjestelmänä käytettiin NN-järjestelmää (12, s. 16–17). N2000:n erotus NN-korkeuksiin on Helsingissä +30,5 cm. Helsingin kau-punkimittausosasto ohjeisti siirtymävaiheessa kiinnittämään erityistä huomiota korkeus-järjestelmän muutokseen sekaannusten välttämiseksi.

Kaupungin tasokiintopisteverkko muodostuu 3. ja 4. luokan kiintopisteistä sekä 5. ja 6. luokan käyttökiintopisteistä. KMO:n vetämän koordinaatistomuunnosprojektin yhtey-dessä tarkasteltiin käyttökiintopisteverkon yhteneväisyyttä ja luotettavuutta jäännösvir-hemittauksissa. Mittaukset tehtiin RTK-menetelmällä koko kaupungin alueella valituilla solmupisteillä eli tasokiintopisteillä, joista on mitattu myös muita kiintopisteitä. Tuloksista

selvisi lievää paikallista epätasapainoa pisteverkossa. (14, s. 22.) Tuloksista laadittiin virheviivaesitys, josta otoksina ovat kuvat 5 ja 6.



Kuva 5. Käyttökiintopisteiden virhevektoreita Laajasalon ja Jollaksen alueella (14., s. 23).



Kuva 6. Käyttökiintopisteiden virhevektoreita Helsingin kantakaupungissa (14., s. 23).

Projektissa toteutetuissa muunnosparametrien määrittelyssä ei huomioitu näitä alueellisia eroja, sillä muunnoksia olisi pitänyt tehdä useita, jolloin sen laskenta ja tietokantojen ylläpito olisi merkittävästi hankaloitunut. Muunnoslaskennan myötä EUREF-FIN -järjestelmässä olevat pisteiden koordinaatit eivät sisällä vanhan verkon virheellisyyksiä, sillä vanha verkko tasoitettiin laskennassa, jonka jälkeen tehtiin valittu 2-ulotteinen Helmertmuunnos. Tällä selvityksellä voikin olla vaikutusta Projektimittauksen kartoitusmittausten

lähtöpisteiden valintaan ainoastaan silloin, kun tilauksena on hyvin laaja, useiden neliökilometrien suuruinen alue ja tasokoordinaatistona käytetään vanhaa Helsinki-muunnosta. Tässäkin tapauksessa kartoitusmittausten tilauskohtainen tarkkuus olisi hyvä. Toisaalta, projektin perusteella tiedetään ainoastaan kriittisten solmupisteiden virheestimaatti. Muiden käyttökiintopisteiden osalta epävarmuuksia ei tarkasteltu.

### 3.2.5 Kartoitusmittauksen lähtöpisteet

Kartoitusmittauksen tilauksesta tulee ilmetä lähtöpisteiden kannalta kaksi tärkeää seikkaa: mittauksen tasokoordinaatisto ja korkeusjärjestelmä. Aluerajauksen avulla mittausryhmä selvittää maastokäynnillä käytettävissä olevat taso- ja korkeuskiintopisteet. Tilauksen runkoverkko rakentuu näistä, ja sitä täydennetään mittaamalla tarvittaessa uusia lähtöpisteitä ja apupisteitä takymetrillä ja GNSS RTK-laitteistolla VRS-verkossa. Lähtö- ja apupisteiden rakentamisessa tulee käyttää sellaista pisteen merkitsemistapaa ja välineitä, joilla varmistetaan pisteiden pysyvyys ja löydettävyyys myöhempiä mittauksia varten. Lähtöpisteiden dokumentointi on paitsi erityisen tärkeää mahdollisia alueen rakentamisvaiheen mittauksia varten, myös laadun varmistuksen edellytys. Dokumentoinnista tulee selvittää ainakin mittaustiedosto ja käytetty mittausmenetelmä sekä merkitsemistapa.

VRS RTK -mittauksella tehtävien lähtöpisteiden rakentamisessa noudatetaan soveltuvin osin kaavoitusmittausohjeiden määräyksiä RTK-satelliittimittauksella tehtävistä kartoitusmittauksista. Korjausdatan vastaanotto ja alustuksen toimivuus testataan alkuun tehtävällä kontrollipisteellä, joka mitataan kahdella eri alustuksella. Mikäli pisteiden tasokoordinaattiero on tässä vaiheessa huomattava eli yli 4 cm, ei lähtöpistemittausta voida suorittaa. Varsinainen pistemittaus tehdään vähintään kahdella alustuksella ja 30 epookilla eli yksittäishavainnolla. Vastaanotin tulee olla tasattu pisteelle ja tuettuna staatiivilla tai kolmijalalla.

VRS RTK -mittauksella tehdyn pisteen korkeusasema tulee tarkistaa johonkin kartoitusmittausalueen läheisyydessä olevaan korkeuskiintopisteeseen. Tämä tapahtuu orientoimalla takymetri käyttäen orientoinnissa korkeustietona jonkin VRS RTK:lla mitatun lähtöpisteen korkeutta. Näin saadaan kontrolloitua GNSS-laitteen ilmoittamaa korkeuden epävarmuutta. Lisäksi saadaan varmistettua laadittavan maastomallin oikeellisuus ja ennen muuta se, pysyykö korkeustiedon epävarmuus tilauksen edellyttämässä sisäisen tarkastuksen kriteereissä.

Lähtötietojen dokumentoinnissa tiedot kerätään Microstation -ohjelmaympäristössä Terra Survey -alisovelluksen avulla KMO:n paikkatietorekisteristä. Muodostuvaan tiedostoon lisätään myös rakennetut pisteet. Tämä nimetään ja kansiodaan tilausnimikkeen mukaan ja huolehditaan sen työn aikaisesta päivityksestä sekä maastotallentimeen että Staran palvelimelle. Kansioon tallennetaan myös jokaisesta mittaussestiosta kirjoitettu html-muotoinen mittausraportti (liite 4).

### 3.3 Kartoitusmittauksen maastotyöt ja tiedonkäsittely

Kartoitusmittausprosessin maastotyöt ja mittauksien tiedonkäsittely muodostavat prosessin pääosuuden. Maastotöillä tarkoitetaan tässä insinööriyössä Projektimittauksen kartoitusmittauksia takymetrillä ja VRS RTK -laitteistolla sekä hulevesi- ja viemärijärjestelmien mittauksia. Näiden lisäksi muita kartoitusmittausten maastotyömenetelmiä ovat skannaukset Trimble VX -skanneritakymetrillä ja laserkeilaukset Riegl VZ400 -maalaserkeilaimella. Ostopalveluina toteutettavia maastotöitä ovat esimerkiksi merenpohjan luotaukset kaikuluotaimella sekä mobiililaserkeilaukset Trimble MX 8 -keilausautolla.

Kartoitusmittauksen tarkkuuskriteerit muodostuvat niin sanotusta sisäisestä tarkastuksesta. Sisäistä tarkastusta tehdään orientoinnissa, RTK-mittauksessa sekä muun muassa lisä- ja täydennysmittausten yhteydessä mitattuun aineistoon. Tarkastuksen toleranssi riippuu tilaajasta ja suunnittelun tarkoituksesta. Projektimittauksessa on jo pitkään vallinnut yleisperiaate tarkkuuksien suhteen (6). Periaatteena voidaan pitää seuraavia ehtoja: Asemapisteen sijainnin määrittelyssä ei saa olla yli 20 mm:n jäännösvirhettä katusuunnittelun kartoitustilauksissa ja yli 30 mm:n virhettä muiden tilaajien kartoituksissa. RTK-mittauksella tehtävissä kartoituksissa on oltava alle 20 mm:n vaaka- ja alle 30 mm:n pystytarkkuuden estimaatit. Lisä- ja täydennysmittausten tarkastus perustuu pääosin lähekkäisten korkeuslukemien poikkeamien vertailuun suhteessa aiempiin mittauksiin. Mikäli tarkastuksessa havaitaan yli 5 cm:n poikkeamia, selvitetään aiempien mittausten lähtöpisteet ja tehdään uusintamittaukset käyttämällä näitä lähtöpisteitä.

#### 3.3.1 Maastotöiden laatutekijät

Maastotöissä tulee noudattaa johdonmukaisuutta ja suunnitelmallisuutta. Lähtöpisteiden etsimisen ja rakentamisen yhteydessä on hyvä suunnitella alustavat kojeasemat sekä erityisten rakenteiden ja maastonkohteiden mittaustavat. Maastomallia varten tehtävissä

kartoitusmittauksissa tulee kuvata maaston pinnanmuodot mahdollisimman tarkasti. Maaston kohteet koodataan tilauksessa määritetyn koodikirjaston perusteella. Ajantasaiset kirjastot ovat saatavissa jokaiselta käytössä olevalta maastotietokoneelta ja tallentimelta. Kartoituspisteet koodataan numerotunnuksen mukaan pisteiksi tai taiteviivoiksi. Maastomittauksessa rumpuputkille ja rumpujen päille mitataan halkaisijat sekä merkitään viitetekstinä materiaali, jolloin tietoja voidaan hyödyntää myöhemmin tehtävässä putkikartassa.

Taiteviivakoodien käyttö muodostaa maastomallin rungon, jota täydennetään maastomallin oikean kuvautumisen kannalta riittävän tiheästi hajakorkeuspisteillä ja muilla pistemäisillä maastonkohteilla. Koodattuun maastotietoon kohdistuu epävarmuustekijöitä, kuten

- halkeilleet ja osin pintamaan alla olevat asfaltin tai muun materiaalin reunat
- puiden ja pensaiden lajitunnistus ja läpimitat
- vanhojen metallipylväiden ja erityyppisten betonirakenteiden käyttötarkoituksen alkuperä ja sen kuvaaminen
- pintamaan alaisen kalliopinnan esiintyminen
- virheet prismakorkeudessa, prismatyypissä tai koodauksessa
- hulevesi- ja viemärimittauksien putkikoot, materiaalit ja halkaisijat.

Näitä epävarmuustekijöitä voidaan hallita huolellisella maastotutkimuksella. Vanhojen rakenteiden alkuperäistä käyttötarkoitusta tulisi selvittää esimerkiksi kaupungin rakennusvalvonnasta tai KMO:n rekistereistä. Prisman, prismakorkeuden ja kartoituskoodin virheet voivat johtua näppäilyvirheistä tai epäselvästä viestinnästä kojeen ja prisman välillä. Ongelmaa voidaan hallinnoida viestin toistolla sekä laadukkaammalla viestinnällä. Tämän lisäksi tiedonkäsittelyvaiheessa tulee vielä tarkastaa kartoitustiedosto epäselvyyksien varalta ja suorittaa tarpeen vaatiessa uusintamittauksia laadun varmistamiseksi.

### 3.3.2 RTK-mittaus

RTK:lla tehtävissä kartoituksissa tulee erityisesti huomioida rakennusten lähellä työskentely, sillä ne voivat aiheuttaa monitieheijastusta satelliittisignaaliin ja siten antaa virheellisen sijaintiestimaatin korjausdataa välittävälle palvelimelle. Puiden ja pylväsmäisten kohteiden mittausmenetelmänä on RTK-mittauksen sijaan takymetrimittaus, jollei kohteen keskipisteen sijainti ole mitattavissa suoraan antennisauvalla.

### 3.3.3 Orientointi

Takymetrillä tehtävissä kartoitusmittauksissa käytännöllisin kojeen orientointitapa on vapaa asemapistete. Vapaan kojeaseman sijoittamisessa tulee huomioida lähtöpisteiden suunnat ja etäisyydet. Kojeaseman suunnittelussa pitäisi myös noteerata epävarmuustekijät, kuten auringon lämpövaikutus asfalttiin tai jäiseen maanpintaan. Asemapisteen ja kartoitettavan alueen tulisi pääosin jäädä lähtöpisteiden muodostaman alueen sisäpuolelle. (11) Lisäksi niiden tulisi sijaita mahdollisimman tasaisesti eri puolilla kojetta. Orientoinnissa suositellaan kolmen liittospisteen käyttöä. Kojeen etäisyys korkeusliitospisteestä saisi olla enintään 250 m. Mittaussession lopuksi tarkastetaan liittosuunta johonkin lähtöpisteestä käytettyyn pisteeseen. (13, s. 28)

### 3.3.4 Mittaustiedon käsittely ja tiedonsiirto

Mittauksessa kerätty kartoitusdata kirjoitetaan tallentimesta käytettävään tiedostomuotoon ja viedään Microstation-ohjelman Terra Survey -sovellukseen. Tallentimessa valitaan uloskirjoitusmuodoksi HKR Kartoitus, jolloin tiedosto saadaan yhteensopivaksi Terra Surveyyn kanssa (kuva 7). Mittausdata on luokiteltu tunnusten mukaan koordinaatteihin, prismakorkeuteen, koodiin, halkaisijaan ja muuhun tallennettuun dataan. Tässä prosessinosassa varmistetaan kerätyn kartoitustiedon sijainnillinen ja koodillinen oikeellisuus. Sovelluksesta valitaan käyttöön tilausta vastaava koodikirjasto ja mittaustiedosto piirretään kuvatiedostoon (kuva 8).

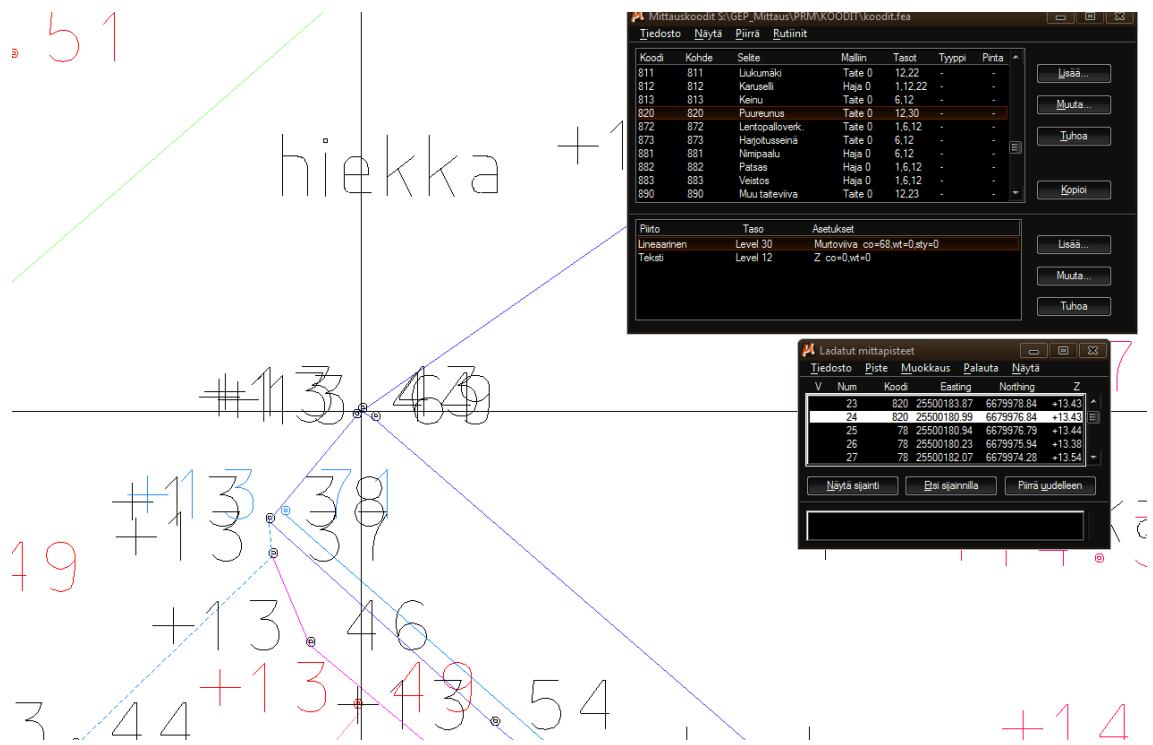
```

5=1
4=904
6=1.500
37=6675540.004
38=25502461.453
39=2.717
5=2
4=92
6=1.500
37=6675541.156
38=25502453.356
39=2.661
5=3
4=903
6=1.500
37=6675539.256
38=25502458.329
39=2.744
5=4
4=903
6=1.500
37=6675539.277
38=25502459.800
39=2.751
5=5
4=90
6=1.500
37=6675537.188
38=25502459.491
39=2.822

```

Kuva 7. Mittaustiedoston uloskirjoitusmuoto.

Mittaustiedon visualisointi, symbolien määrytykset ja tasonmäärytykset perustuvat koodikirjaston piirtosääntöihin. Koodikirjastoja on käytössä kolme: katusuunnittelun koodikirjasto, geoteknisen suunnittelun kirjasto sekä katusuunnittelun kirjastoon pohjautuva, vihersuunnittelua paremmin palveleva puistokoodikirjasto. Puistokoodikirjaston piirtosääntöjä voidaan muokata ja lisätä siihen uusia tarvittavia mittauskoodeja. Sen sijaan katu- ja geoteknisen suunnittelun kirjastoja ei yleensä voida määrittellä uudelleen, sillä ne on räätälöity tilaajatahojen omien suunnitteluohjeiden mukaisesti (liite 3). Insinööryön liitteenä 3 on Rakennusviraston Katu- ja puisto-osaston julkaisu katusuunnitelman ja kadun rakennussuunnitelman sisällöstä, josta selviää katusuunnittelun tasomäärytykset. Koodien piirtosäännöt ovat sidoksissa tasomäärytyksiin, eli kullekin koodille on määrätty ohjeiden mukainen taso, mikä helpottaa varsinaisen katu- ja vihersuunnittelun tekemistä.



Kuva 8. Mittaustiedoston piirto Terra Survey -sovelluksella.

Koodikirjaston määrittelyn jälkeen tiedonkäsittelyn osaprosessissa kartoitustiedoston yhteensopivuus tilauksen aiempiin mittauksiin tarkistetaan vertaamalla lähekkäisiä taiteviivoja ja korkeuslukemia. Tämän jälkeen mittaus piirretään kuvatiedostoon ja muokataan aineistoa piirtotyökalujen avulla, tarkistetaan mittauksien tilauksessa määritetyn aluerajauksen kattavuus, ja tehdään jatkomittauksen suunnittelua. Lisäksi kuvatiedoston vaapaalle tasolle, yleisimmin taso 63, lisätään viitetekstejä kuvaamaan epäselviä maastonkohteita ja antamaan lisäinformaatiota. Viitetekstit täsmentävät maastomittaustietoja, joten prosessin laadun kannalta niillä on merkittävä rooli. Maastossa otettuihin ja tilauksiansioon talletettuihin valokuviin viitataan myös tekstillä.

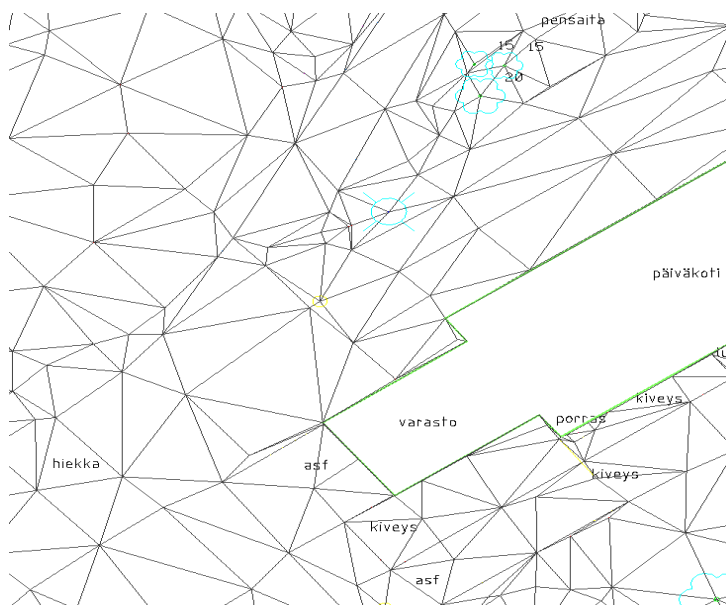
Kartoituspisteiden kuuluminen laadittavaan maastomalliin määräytyy koodin piirtosäännön mukaan. Tämä on johtanut siihen, että kolmiointiin tulevaa tai siitä pois jäävää mittapistettä ei voida geonic-muotoisen kartoitustiedoston pintatunnuksen lailla kontrolloida. Seurauksena on sekä tiedonkäsittelyä että maastotöitä hankaloittava tekijä, kun mittausryhmän tulee erikseen selvittää, mitkä koodit kolmioituvat ja mitkä jäävät kolmioinnista pois. Tämän lisäksi kartoituksen laadunparannuksena tiedonkäsittelyssä on piirtogeometrian tarkistus ja vektoroiminen. Tämä tarkoittaa sitä, että Microstationin piirtotyökaluilla yhdistettyjen taiteviivojen risteäminen tarkistetaan pistekohtaisesti ja piirretään vielä

Terra Surveyssä koodin mukaan, jolloin maastomallin laskennassa nämä taiteviivat tulevat kolmiointiin mukaan.

### 3.3.5 Maastomalli

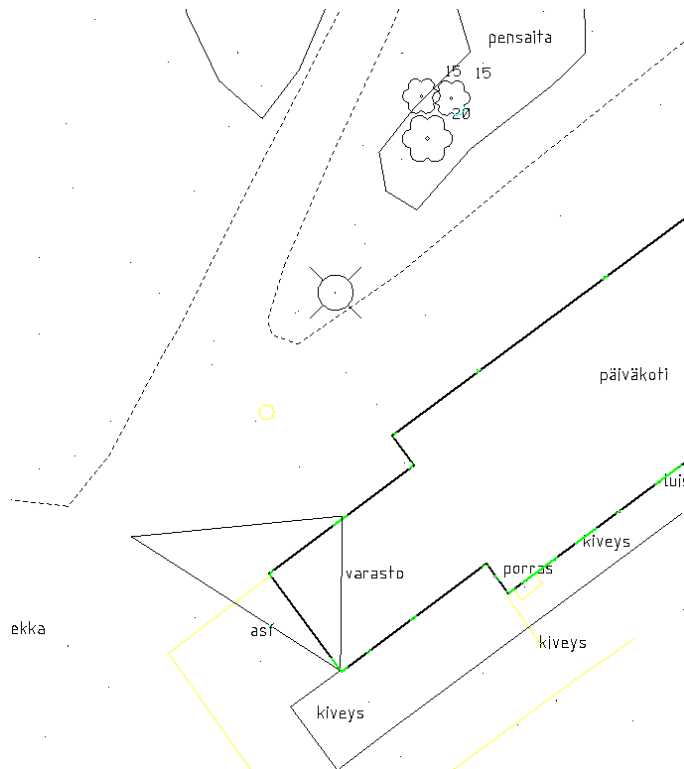
Maastomallilla tarkoitetaan tässä yhteydessä numeerista maastomallia. Tästä puhutaan ammattikielessä myös nimellä pintamalli. Sen laatiminen tarkoittaa Projektimittauksen kartoitusmittausprosessissa useimmiten varsinaisen lopputuotteen tekemistä. Maastomallin tekeminen aloitetaan ensimmäisen piirretyn mittaustiedoston jälkeen kolmioimalla mittaustiedosto ja karsimalla ei-todelliset maanpinnan kolmiot. Tällaisella etenemisellä piirtovaiheessa vältetään epäselvyydet isojen tilausten kolmioinnissa, kun malli luodaan kerralla ja maastomittauksen ajankohdasta on kulunut aikaa. Microstation-ohjelman Terra Modeler -sovelluksessa annetaan kolmiointikomento, jossa myös määritellään kolmioiden esikarsinta ja harvennukset. Samalla nimetään pintamalli eli maastomallitiedosto, joka tallentuu kuvatiedoston hakemistokansioon.

Kun pintamalli on luotu, tehdään maastomallin kolmioverkon tarkastus ja karsinta. Kolmioverkon avulla pyritään luomaan mahdollisimman tarkka kuvaus maanpinnan todellisesta topografiasta. Mallin ulkopuolelle jätetään toisin sanoen kaikki rakennukset, rakenteet sekä muut sellaiset maastonkohteet, joiden todellinen profiili ei kuvaudu pintamallissa oikein tai kuvautumisessa on puutteita (kuva 9).



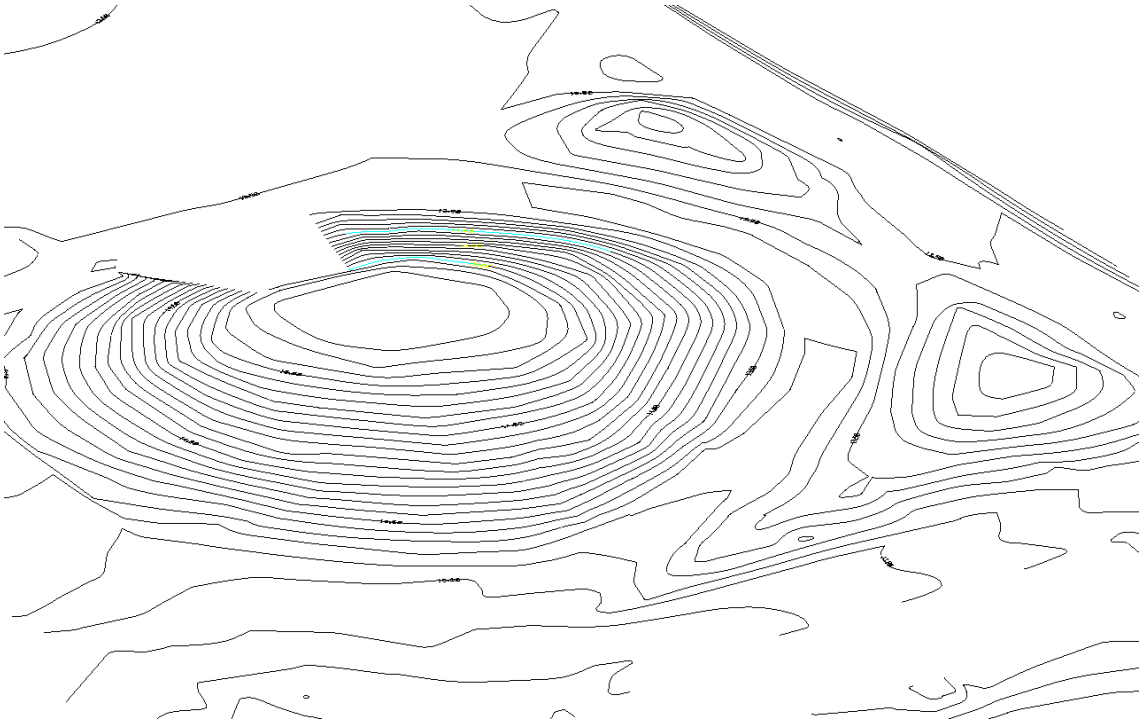
Kuva 9. Kartoitusdatasta muodostetun maastomallin editoitu kolmioesitys.



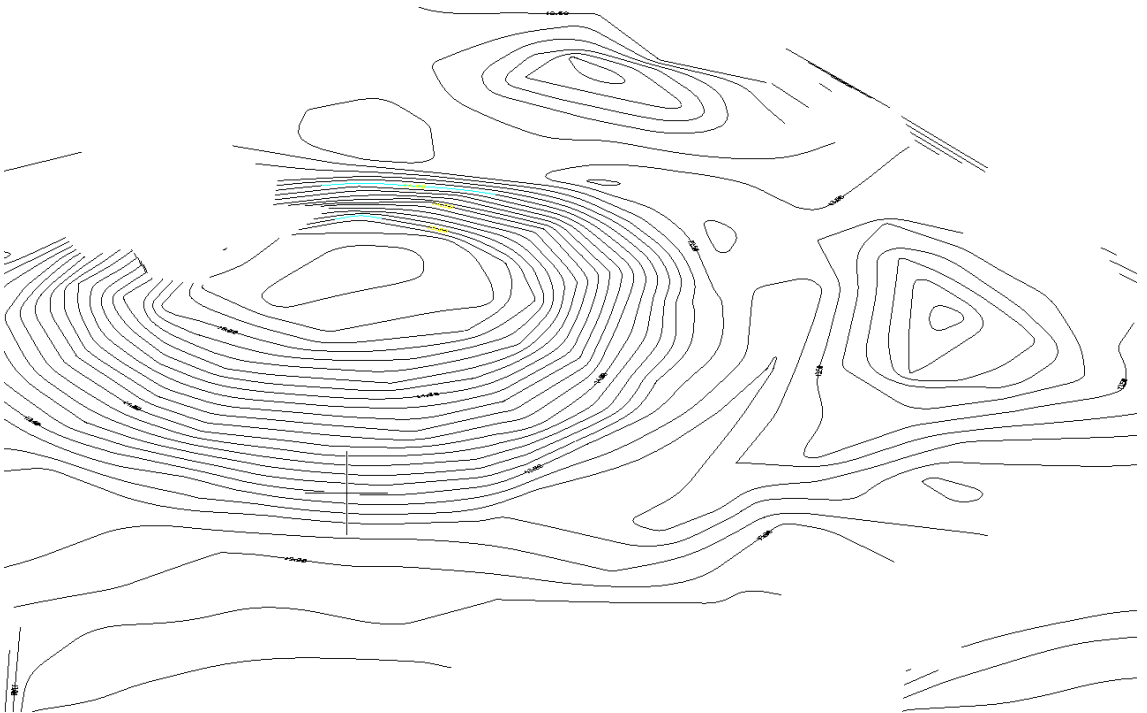


Kuva 11. Harvennetussa pintamallissa rakennuksesta karsittu kolmio.

Pintamallin kolmioesityksen avulla muokattu maastomalli voidaan tämän jälkeen esittää korkeuskäyrinä. Korkeuskäyräesityksessä voidaan vielä havaita karsinnassa huomioimattomat epätodenmukaiset kolmiot sekä tarkastaa yleisesti mitausten oikeellisuutta. Tilaukseen tulee erikseen määrittellä esitettävien korkeuskäyrien tiheys. Tässä vertailussa valittiin korkeuskäyriksi johtokäyrät 5 m:n, välikäyrät 1 m:n ja apukäyrät 0,1 m:n välein. Mittausaineiston mukainen malli on esitetty kuvassa 12 ja 5 metrin harvennuksen jälkeen laadittu malli kuvassa 13. Kuvat ovat otteita leikkipuisto Salpausselän maastomallista.



Kuva 12. Mittausaineistosta muodostettu maastomallin korkeuskäyräesitys.



Kuva 13. Mittausaineiston harvennuksesta muodostettu maastomallin korkeuskäyräesitys.

Kuvien perusteella voidaan todeta, että mittausdatasta harvennettu maastomalli kuvautuu likipitään samalla tavalla, mutta lähemmällä tarkastelulla sen käyrästä sisältää suuria puutteita esimerkiksi pintavesien suunnittelua ajatellen. Tästä osoituksena on kuvien oikeassa yläkulmassa olevan ojan ”katkeaminen”. Lisäksi rakenteet, kuten kuvissa kumpareen takarinteessä oleva puukatsomo, kuvautuvat käyrissä heikkolaatuisesti.

Vertailun johtopäätöksenä saadaan kartoitusmittausprosessin lopputuotteen laadun kannalta osoitus siitä, että maastotöissä kerättävän kartoitusdatan tulee olla laaja ja kattava maastomallin oikeellisuuden varmistamiseksi. Yhtenä sovellettavana ohjeena voidaan Projektimittauksen maastomallin laatimisessa käyttää Liikenneviraston ohjetta tie- ja ratahankeiden mittauksissa tarkan maastomallin osalta. Ohjeessa on raja-arvoja esimerkiksi taiteviivojen ja kolmioinnin osalta. (16)

### 3.3.6 Hulevesi- ja viemärijärjestelmien mittaukset

Erityisesti pintavesien ohjaus- ja kuivatussuunnitteluun liittyvissä tilauksissa yhtenä lopputuotteena ovat hulevesi- ja viemärijärjestelmien mittauksista laadittavat kolmiulotteiset putkikartat. Tilaukseen voidaan erikseen määritellä koordinaatisto, johon putkikartan sijaintitieto sijoittuu, mutta tyypillisesti koordinaatisto on sama kuin varsinaisessa kartoitus tilauksessa. Putkikartta sisältää tilauksesta riippuen tietoja sadevesi-, jätevesi- ja sekavesilinjojen tarkastuskaivoista, putkista ja liitoskaivoista sekä liitosrummuista. Tämä, kuten muutkin prosessin lopputuotteet, toteutetaan Microstation-ohjelmaympäristössä. Putkikartta tuotetaan samanaikaisesti maastomallin osaproessin kanssa ja liitetään mukaan osana tilauksen lopputuotteistoa, jollei tilaukseen ole määritely eri ajankohtaa tämän tuotteen toimitukselle. Putkikartan laatimisessa ja muokkauksessa käytetään Terra Pipe -sovellusta.

Putkikartta laaditaan vaiheittain. Ensimmäiseksi kerätään maastokartoitusaineistosta kannesta kartoitetut tarkastus-, ritilä- ja kitakaivot sekä rumpuputket ja rumpujen päät. Tieto kerätään Terra Survey -sovelluksen List survey -komennolla. Tähän voidaan määrittää kerättävä kartoituspisteistö koodiryhmän perusteella, jolloin saadaan esimerkiksi koko hulevesi- ja viemärijärjestelmään liittyvät maastonkohteet omaksi tietokannaksi. Samalla vaihdetaan kohdekoodiksi Terra Pipe -sovelluksen edellyttämät koodit. Terra Pipe -sovelluksessa käsitellään tiedostoja kansi- ja putkimittauksina, joista kansimittaukset muodostavat kartoituksesta kerätyn aineiston.

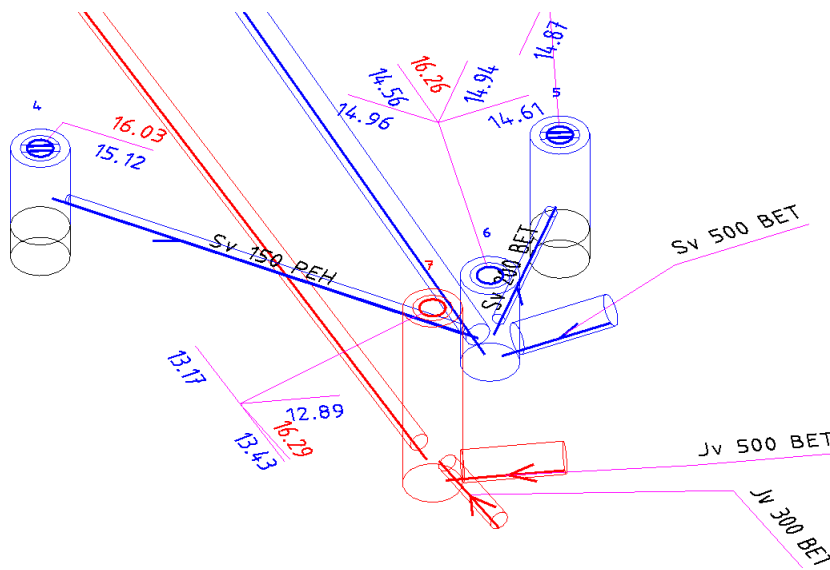
Koodeissa määritellään erityyppiset kaivot sekä putket parillisina, parittomina tai rumpuliitoksina. Tiedostomuotona on kuvan 7 mukainen muoto. Tunnukset saavat arvon kaivon numerolle ja mittauskoodille. Näiden lisäksi tulevat tunnuskohtaiset tiedot halkaisijalle, kaivon tai putken materiaalille, putkiliitokselle ja etäisyydelle kannesta pohjaan tai putken vesijuoksuun. Putkiliitos sisältyy myös kansitiedostoon silloin, kun kyseessä on kartoitettu rummun pää. Putkimittaus-tiedosto ei sisällä koordinaattitietoa, sillä putkimittaukset sidotaan koodien avulla sijaintitiedon sisältävään kansimittausaineistoon putkikarttaa laadittaessa.

Tilauksen edellyttämät tiedot kaivoissa olevien putkien vesijuoksuista tuotetaan erillisinä maastomittauksina. Mittauskalustona käytetään sauvoja ja lattoja, joissa on mitta-asteikko. Lisäksi tarvitaan kaivonkansien avaamiseen tarvittavia välineitä, taskulamppu sekä maastotietokone tai tallennin, joka on varustettu erityisellä putkimittaussovelluksella. Mittauksessa edetään kaivo kerrallaan. Ensimmäiseksi kaivosta mitataan pohjan ja kannen yläpinnan välimatka ja tallennetaan kaivon halkaisija ja materiaali. Liitosarvoksi annetaan 0, jolla määrätään tämä mittausotos kaivon pohjamittaukseksi. Tämän jälkeen mitataan kunkin putken vesijuoksun ja kaivon kannen yläpinnan välinen etäisyys. Kustakin putkesta tallennetaan lisäksi putken koko ja materiaali sekä liitoskaivon numero tai suunta. Suunta-arvo annetaan gooneina, ja sen mittausvälineenä on yleensä bussoli.

Mittaus-tieto puretaan tallentimesta tilauksen hakemistokansioon ja viedään Microstationin Terra Pipe -sovellukseen tarkastusta varten. Siinä ensin ladatun kansimittaus-tietoon yhdistetään putkimittausdata. Tästä saadaan kaivo- ja putkielementtejä sisältävä kuva, jonka yhteydessä sovellus ilmoittaa mahdollisista puuttuvista kaivoista tai virheellisistä liitoksista. Tämän jälkeen tarkastetaan aineisto ja korjataan virheelliset koodit ja arvot oikeiksi. Tarvittaessa käydään tekemässä maastossa tarkistusmittaukset. Kun mittaus-ten oikeellisuus on tarkistettu, voidaan putkimittaus-tiedosto liittää osaksi aiemmin tarkastettua putkidataa.

Kun kaikki putkikartan tilauksen edellyttämät kohteet on mitattu, voidaan laatia lopullinen putkikartta. Putkikarttaan tuotetaan karttaesitys, jossa sovellus visualisoi mitattuihin putki- ja kaivoelementteihin määritetyt kaivo- ja putkityypit, materiaalit, halkaisijat sekä mitattujen kaivojen kansien, pohjien sekä vesijuoksujen korkeusasemat. Tämän jälkeen suoritetaan vielä yleistarkistus ja siirretään lukematekstejä luettavuuden parantamiseksi. Vaurioituneista ja käytöstä poistuneista tarkastuskaivoista, rikkiinäisistä tai tukituista putkista sekä muista erityisistä huomioista olisi ilmoitettava kuvatiedostossa viiteteksteillä

sekä täsmennettävä tietoa maastomittausten yhteydessä otettavilla valokuvilla. Kuvassa 14 on valmis putkikarttaesitys tilaajalle toimitettavaksi.



Kuva 14. Kuvakaappaus putkikarttaesityksestä, Tapaninkyläntien kartoitusmittaukset.

Putkikartan laatimisen osaprosessissa epävarmuustekijät painottuvat maastotöihin, kuten varsinaisessa kartoituksessakin. Edellä mainittujen, mittausmenetelmiin ja esimerkiksi prismaan liittyvien epävarmuuksien lisäksi, putkikartan laatuun vaikuttavat ennalta selvitetty hulevesi- ja viemärijärjestelmien johtotiedot ja niiden ajantasaisuus. Tilauksissa saattaa tulla eteen tilanne, jossa ei voida varmuudella määrittää kahden kaivon välistä liitosta esimerkiksi dokumentoimatta jääneen T-liitoksen vuoksi. Vastaavaa epävarmuutta esiintyy myös esimerkiksi yksityisten kiinteistöjen hulevesi- ja viemärijärjestelmien, kuten talo- ja salaojakaivojen mittauksissa. Laadun parantamiseksi tulisi selvittää kiinteistöjen piirustuksia ja ajantasaisia johtotietoja esimerkiksi kaupungin rakennusvalvonnan sähköisestä palvelusta Arskasta tai Staran Kaupunkitekniikan rakentamisen eri yksiköiden arkistoista.

### 3.3.7 Dokumentointi

Maastotöiden keskeisenä ulkoisen laadun mittareina ovat mittauksen suunnitelman mukainen edistyminen ja raportointi. Nykyisessä prosessin vaihekuvauksessa määritellään mittauks tulokset dokumentoitaviksi. Raportoinnin periaatteena on, että tilauksen hakemistokansiossa on tilauslomake tai sen kopio, työsuunnitelma, tiedot lähtöpisteistä ja alue-rajauksista sekä mittauks tiedostot ja kuvatiedostot omana kansionaan.

Dokumenttien mittaustiedostot tulee olla alkuperäisiä, ja niistä tulisi selvittää kussakin mittaussemissä käytetyt lähtöpisteet. Lisäksi kansiossa tulisi olla myös mittausryhmän edustajien nimet siltä varalta, että tilaus jatkuu toisen ryhmän tekemänä. Tämänkaltaisen toimintamalli on aiemmin ollut Projektimittauksen tilausprosessissa, jossa tilauskansiota on ollut mittausetumiehen nimeä kantavan hakemistokansion alla. Näin ollen on voitu helpommin selvittää esimerkiksi lisätilauksien yhteydessä tietoja aikaisemmista mittausmenetelmistä ja maastotöiden vaiheista, kun mittausryhmä on ollut tiedossa. Toisaalta yhtenevä kansioiden nimeäminen sekä yhteisesti päätetyt hakemistopolut selkeyttävät tiedonhakua, jolloin tietojenhallinta on helpompaa esimerkiksi monia lisätilauksia sisältävissä prosesseissa.

Sisäisen laadun kontrolloimiseksi maastotöissä ilmenneet muut epävarmuudet ja virhetekijät tulisi kirjata vapaamuotoisesti ja pitää näistä omaa hakemistoa yksikön tietokannassa. Samaan kansioon liitettäisiin myös seuraavassa luvussa mainitut työturvallisuuspoikkeamat. Sisäiseen laatuun kuuluu myös saumaton tiedonkulku mittausryhmän ja palvelupäällikön välillä lomien ja poissaolojen varalta, jotta voidaan varmistua, että tilauksen aikataulu pitää ja henkilöresurssit riittävät.

### 3.3.8 Työturvallisuus

Staran työsuojeluohjelmaan kuuluu tiivis ja säännöllinen työturvallisuuspoikkeamista raportointi. Raportoinnin sekä työsuojelun tiedotuksen hoitavat yksikössä työsuojelupari, joka koostuu palvelupäälliköstä ja henkilöstöä edustavasta työsuojeluasiamiehestä. Maastotöissä työskentelevien henkilöiden tulee olla koulutettuja tai perehdytettyjä Staran työturvallisuusohjeiden ja määräysten mukaisesti. Staralla on myös käytössään työsuojelupakki, joka on keskeinen työkalu esimiestason työsuojeluasioiden hallinnoimisessa. Tiellä työskentelyyn vaaditaan Starassa voimassa oleva tieturvakortti, johon koulutusta järjestää liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Lisäksi raitiovaunukiskoilla työskentelemiseen on oma perehdytys, jonka on järjestänyt Helsingin kaupungin liikennelaitos. Projektimittauksen henkilöstölle on järjestetty työturvallisuuskorttikoulutus, jossa keskitytään yleisemmin työturvallisuuteen ja työhyvinvointiin liittyviin kysymyksiin. Suositeltavana työturvallisuutta edistävänä koulutuksena on myös ensiapukoulutus, jonka Projektimittauksen henkilöstö on myös suorittanut.

Työturvallisuuslain mukaan kaikesta työstä on tehtävä riskinarviointi ja siitä vastaa työnantaja (7, s. 6). Kartoitusmittausprosessin valmistelun vaihekuvauksessa on palvelupäällikön tehtävänä vaaran arviointi. Ostopalvelujen yhteydessä tulee hänen myös arvioida palveluntarjoajan työturvallisuuden taso, sillä se indikoi samalla palvelun laatua. Arviointi voidaan tehdä muun tilaukseen liittyvän maastokatselmuksen yhteydessä. Vaaran arvioinnissa todetaan riskit fyysikaalisten, kemiallisten, terveydellisten, mekaanisten, biologisten sekä organisatoristen tekijöiden suhteen. Arvioinnista saadaan kartoitusprosessin valmistelulle kuvan 15 mukainen alaprosessi. Erityisen tärkeää riskien arvioinnissa on palaute toteutuneista riskeistä mittausryhmältä yksikön työsuojeluparille.



Kuva 15. Työturvallisuuden riskien arvioinnin ja hallinnan prosessi (7, s. 23).

Erilaisten työturvallisuuskoulutusten lisäksi kartoitusmittausten maastotöissä ja sen suunnittelussa yleinen työturvallisuusnäkökulmien huomiointi on tärkeä työhyvinvoinnin ja työn laadun mittari. Palvelupäällikön tulee järjestää perehdytys ja seuranta henkilöstön turvavaatetuksen ja suojaimien sekä turvalaitteiden käytölle ja huollolle. Myös tilaajan tai kolmannen osapuolen, esimerkiksi rakennusliikkeen toimesta, työmaa-alueella tulee noudattaa näiden työturvallisuusmääräyksiä. Huolellisesti hoidetut ja dokumentoidut työturvallisuusseikat voidaan hyödyntää Projektimittauksen myynnissä, markkinoinnissa sekä tilausten jälkihoidossa.

### 3.3.9 Ostopalvelut ja niiden laadunvarmistus

Ostopalveluja käytetään kartoitusmittausprosessissa silloin, kun tilauksen toimittamiseksi tarvitaan ulkopuolisia resursseja. Ostopalvelu tarkoittaa sitä, että ulkopuoliselta palveluntarjoajalta ostetaan työ tai tuotteet ja tästä tulleet kustannukset lisätään mukaan kartoitusmittaustilauksen laskutukseen. Ostopalveluja voivat olla esimerkiksi tukkeutuneiden tarkastuskaivojen puhdistukset mittauksia varten, kaivokuvat ja videot viemäroinneistä, vedenalaiset kartoitusmittaukset sekä sukellustyöt.

Palvelupäällikkö selvittää ulkopuolisen työn suorittajan ja arvioi sen tarjoaman palvelun mittaus- tai selvitysmenetelmät. Työn suorittamiseksi annetaan palveluntarjoajalle tiedoksi päätilauksen tarkoitus, aikataulu sekä käytettävä tasokoordinaatisto ja korkeusjärjestelmä. Työsuoritus aikatauluineen ja päivämäärineen sekä laskutustiedot viedään kaupungin SAP-järjestelmään ja identifioidaan päätilauksen verkkonumerotunnukseen. Tällä dokumentoinnilla varmistetaan ostopalvelun laatu ja ohjautuminen mittausprosessin vaihekuvauksen mukaisesti.

## 3.4 Prosessin tulokset

Kartoitusmittausprosessin viimeisessä vaiheessa laaditaan tilauksen luovutusaineisto tilaajan vastaanottamista varten. Luovutusaineiston laatimiseen osallistuvat mittausryhmän jäsenet yhdessä palvelupäällikön kanssa. Siinä käydään läpi prosessin tilaus ja erityisesti lopputuote, työsuunnitelma ja sen toteutuminen mittauksen eri vaiheissa. Lopputuotteet laaditaan yhteistyönä. Tarjouksessa ilmoitettu kustannusarvio tarkastetaan sekä alkuperäiseltä sisällöltään että mahdollisilta työn aikaisilta muutoksiltaan. Tilaukseen käytetyt työtunnit tarkastetaan ja laskutus tehdään työntuntien ja lisämääritysten mukaan SAP-järjestelmän verkkonumeroprojektin avulla.

### 3.4.1 Luovutusaineiston tarkistus ja vastaanotto

Työsuunnitelmasta poikenneet asiat tuodaan esiin ja verrataan alkuperäiseen suunnitelmaan. Maastomittauksen aikana olosuhteista aiheutuneet puutteet, esimerkiksi runsas lumisina talvina havaitsematta jääneet maastonkohteet, tarkistetaan ja suoritetaan mahdolliset täydennysmittaukset. Lisäksi tarkastetaan koko tilauksen mittausdatan oikeelli-

suus ja eheys analysoimalla pisteiden koodit ja ominaisuustiedot sekä taiteviivojen yhdistämiset. Maastomallin oikeellisuus tarkastetaan tarkastamalla käyrästön eheys vertailemalla korkeuslukemia Terra Modelerilla luotuun käyräesitykseen ja varmistamalla kolmioinnin paikkansapitävyys.

Lopuksi tarkastetaan vielä, että mittaukset ovat oikeassa tasokoordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä, minkä jälkeen tuotteet ovat valmiita tilaajan tarkastettavaksi. Kartoitustausmittausprosessin kestäessä on mahdollista, että ainakin osa tilauksesta tulisi lähettää tilaajalle, vaikka tilaus on kesken. Tällöin laaditaan luovutusaineisto niiltä osin kuin on pyydetty, ilmoitetaan tilaajalle puuttuvista osista ja sovitaan aikataulusta loppuosan toimittamiseksi.

Tilaaja tarkastaa saadut tuotteet ja aineistot sekä toteaa niiden vastaavuuden tilauksen sisältöön. Mikäli lopputuotteet ovat muista syistä kuin aikataulusta johtuen puutteellisia tai lopputuote ei vastaa asiasisällöltään tilausta, lisäselvitykset tehdään yhteistyössä tilaajan ja palvelupäällikön kesken. (22.) Selvityksessä käydään läpi koko prosessin vaiheet ja dokumentoinnit sekä etsitään mahdollinen kompromissiratkaisu. Vaihtoehtoisesti erillisestä sopimuksesta suoritetaan lisätilauksena täydennysmittauksia. Muussa tapauksessa tilaaja vastaanottaa tilauksen, ja prosessi on tuotteen osalta päättynyt. Tämän jälkeen voidaan pyytää tilaajalta asiakaspalautte sekä markkinoida palvelua tulevaisuuden varalle.

Helsingin kaupungin rakennusviraston toimiessa tilaajana tai sen edustajatahona, tätä sitoo Staran arkistonmuodostussuunnitelman mukainen arkistointivastuu (19). Arkistointivastuu kohdistuu kartoitusmittausprosessin tilauksiin, jotka koskevat kartoitusmittauksia, maastomalleja sekä tarkemittauksia. Tarkemittaustilauksissa esimerkiksi rakennetun puiston tarkastuskaivojen kannet kartoitetaan, minkä jälkeen KPO vastaanottaa aineiston ja vertaa toteutuneita sijainteja suunniteltuihin. Mikäli aineisto vastaa tilaajan vaatimaa tarkkuutta eikä rakennesuunnittelun muutoksia tai lisämittauksia tarvita, osasto toimittaa mittauksen sisältävän kuvatiedoston kiinteistöviraston johtotietopalveluun. Se ylläpitää muun muassa Helsingin kaupungin hulevesi-, viemäri- ja kaapelitietokantoja. Arkistonmuodostussuunnitelma velvoittaa myös mittaustilauksen suorittanutta yksikköä säilyttämään kartoitusmittauksen kuva- ja pintamallitiedoston verkkoasemalla pysyvästi. Lisäksi yksikön laadunvalvontaraportin tulee suunnitelman mukaan olla paperisena tallessa toimiston tilauskansiossa. Laadunvalvontaraportiksi sopii luovutusaineiston yhteydessä tarkistettu työsuunnitelma, johon on kirjattu mahdolliset muutokset.

### 3.4.2 Asiakastyytyväisyys ja palaute

Projektimittauksen palveluprosessi on Staran strategian mukaan laadittu asiakaslähtöisesti (2, s. 9). Tämä tarkoittaa, että asiakasmittareilla ja -kyselyillä on merkittävä rooli toiminnan ohjauksen, kustannustehokkuuden ja yleisen laadun indikaattoreina.

Geopalvelussa on toteutettu vuosittain asiakaskyselyitä osana tulospalkkiojärjestelmää. Tähän työhön valittiin vuonna 2010 laaditun kyselyn, sillä siinä asiakkaat olivat antaneet vapaamuotoisesti kirjallista palautetta Mittauksen toiminnasta. Kyselyssä Mittaus oli yhtenäisenä osana Pilaantuneiden maiden, Katu- ja Maalaboratorion sekä Pohjatutkimuksen yksiköiden kanssa. Mittauksen keskiarvo oli 3,90 asteikolla 1 huono–5 kiitettävä. Onnistuneina asioina olivat asiakkaiden mielestä mittausyksiköiden palveluhenkisyys, asiakaslähtöisyys ja pitävät aikataulut. Huonoina tai kehitettävänä asioina koettiin putkimittauksien virheet putkimateriaaleissa ja halkaisijoissa sekä tiedonkulussa. (23.) Toinen työssä arvioitu asiakaskysely laadittiin Geopalvelussa vuonna 2013. Siinä verrattiin toiminnan muuttumista edelliseen vuoteen. Geopalvelun vuoden 2013 asiakaskyselyssä selvitettiin koko Mittauksen toimintaa. Vastaajista 13 prosenttia koki palvelun parantuneen, 81 prosenttia pysyneen ennallaan ja 6 prosenttia palvelun huonontuneen vuoteen 2012 verrattuna. (24.)

Laadittujen asiakaskyselyjen pohjalta Projektimittauksen kartoitusmittausprosessin ulkoista laatua on varsin vaikeaa määritellä. Tulospalkkiojärjestelmässä tehdään asiakaskysely vuosittain, mutta sen analysointi Projektimittauksen toiminnan kannalta on mahdotonta, koska yksiköt ovat kyselyssä sulautettu yhteen. Prosessin päätyttyä ja laskutuksen jälkeen tulisikin tilaajalta pyytää palaute toiminnasta ja tuloksista. Palautekyselynä voisi olla sähköpostitse lähetettäviä avoimia kysymyksiä Projektimittauksen toiminnasta ja tuloksista sekä kyseisen tilauksen kohdalla esille tulleista hyvistä ja huonoista seikoista. Pitkään Projektimittauksen kanssa yhteistyötä tehneiltä tilaajilta todenmukaisen palautteen saaminen voi olla hankalaa, joten kyselyn ideointia ja kannustimia tulisi miettiä tarkoin.

### 3.4.3 Arkistointivastuun laajentaminen prosessin laadun parantamiseksi

Projektimittauksessa viedään läpi kartoitusmittauksien tilauksia usean ryhmän voimin ja monilta eri tilaajilta. Viime vuosina, ja etenkin Geoteknisen osaston tultua asiakkaaksi, eri ajankohtina samalle alueelle tehdyt mittaukset ovat lisääntyneet. Syinä tähän ovat

esimerkiksi KPO:n hankesuunnittelun muuttuvat aikataulut, Geoteknisen osaston tilausten kohdistuminen alueen kokonaissuunnittelun alkuvaiheeseen sekä näiden virastojen keskinäinen riippumattomuus kartoitusmittausten tilaamisessa. Seurauksena kartoitusmittauksia saatetaan tehdä kahteen tai useampaan kertaan samalta alueelta lyhyenkin ajan sisällä. Esimerkkinä tästä toteutettiin Projektimittauksessa joulukuussa 2013 Geoteknisen osaston tilaus Helsingin Pihlajistossa. Tammikuussa 2014 osittain samalle alueelle tuli KPO:n tilaus, jossa pyrittiin hyödyntämään aiemmin tehtyjä lähtöpisteitä ja tehtyjä kartoituksia.

Mainittujen päällekkäisten mittausten lisäksi lisätilauksissa hyödynnetään usein muiden yksiköiden jo osittain tekemiä kartoituksia. Tiedot mittauksista, lähtötiedoista ja mittausten laadusta kulkevat palvelupäälliköiden välillä sähköpostitse, kuten myös lisätilausten aikana ilmenneiden epäselvyyksien ja ongelmien selvitykset. Nykyisin eri yksiköiden mittausten dokumentointi tehdään pääosin yhteiselle verkkoasemalle, mutta ongelmana ovat tilausten mielivaltainen nimeäminen ja puutteet mittausten lähtötiedoissa. Päällekkäisissä kartoitustilauksissa sekä lisätilauksissa olisi hyötyä mittausyksiköiden yhteisestä, suunnitellusti ja huolellisesti toteutetusta keskusarkistosta.

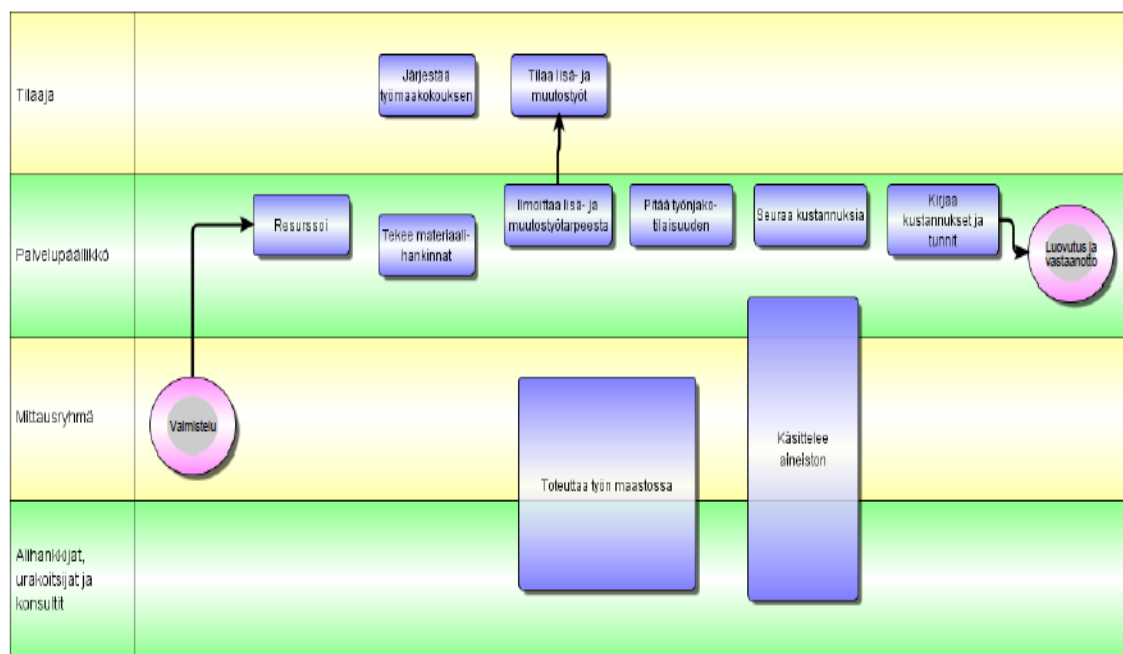
Keskusarkiston laadukas toiminta edellyttäisi esimerkiksi Geopalvelun Pohjatutkimuksen käytössä olevaa projektinumeroihin perustuvan järjestelmän käyttöönottoa Mittauksen kesken. Vaihtoehtoinen tapa arkistoinnille voisi olla myös tilaajakohtainen arkisto. Ongelmana yhtenäisen arkiston laatimisessa olisi muun muassa eri tilauksia varten laadittujen mittausten uudelleenkoodaus, lähtöpisteiden, koordinaatistojen toleranssien selvittäminen sekä itse maastotöiden mittausmenetelmien ja maastomallin sisällön selvittäminen. Arkiston ylläpitämiseen ja organisointiin tarvittaisiin jo erillinen virka, mikä taas vaatisi Geopalvelun Mittauksen perus- ja ydinprosessien uudelleenohjausta. (6) Lisäksi organisoitu keskusarkisto vaikuttaisi myös mittauksen olemassa olevaan perusprosessiin, jolloin sen sisältö jouduttaisiin miettimään Geopalvelun johdossa uudelleen.

Päällekkäisissä ja lisätilauksissa laadun mittareita työn dokumentoinnin osalta on siis hankala kehittää käytännössä. Osittain tämän takia Projektimittauksessa on päädytty nykyiseen toimintamalliin, jossa tapauskohtaisesti käytetään luotettavasti selvitettyjen lähtöpisteiden, kartoituspisteiden ja maastomallin tietoja oman tai muiden yksiköiden tekemistä mittauksista, ja täydennetään tilaus omilla prosessin mukaisilla lisämittauksilla. Toisena tapana on toteuttaa tilauksen mukainen uusi kartoitusprosessi. Periaatteena

näissäkin, kuten Projektimittauksen normaalitilauksissa on tulosten luotettavuus ja hyviksi todetut toimintatavat, jotka yksikössä katsotaan laadukkaiksi ja asiakkaan etujen mukaisiksi.

### 3.5 Prosessin laatu

Yksi prosessoidun toiminnan päätavoitteista on, että prosessi on ohjattavissa sen tulosten perusteella ja että sen eri vaiheisiin voidaan kiinteästi kytkeä tilauksen tai muun halutun lopputuloksen toteutuminen. Prosessien laadun määrittämisessä merkitsee kaksi kokonaisuutta. Ensimmäiseen kokonaisuuteen kuuluu yrityksen tai yhteisön strategia sekä johtamisen ja arvojen määrittely. Staran strategiaan kuuluvat yhtenä osana hyvin toimivat prosessit (2, s. 9). Toisena kokonaisuutena ovat ydinprosessien tarkka määrittely ja niiden kehittämistarpeet. (17.) Prosessin tarkan määrittelyn edellytyksenä on, että se jaetaan vaiheisiin. Nykyisen prosessin vaiheet analysoidaan ja kuvataan sekä tunnustetaan niiden kehittämistarpeet. Kehitetty prosessi tulee auditoida eli testata käytännössä. Auditoinnin aloittamisesta, toteutustavoista ja lopettamisesta päättää Geopalvelun yksikönjohtaja. Kuvassa 16 on Geopalvelun Mittauksen prosessin toteutuksen vaihekuvaus.



Kuva 16. Geopalvelun Mittauksen prosessin toteutusvaihe. (19)

### 3.5.1 SAP ja IMS kartoitusmittausprosessin laatumittareina

SAP-tuotannonohjausohjelmisto on Staran keskeinen tilausten, palkanmaksun, hankintojen ja projektienhallinnan työkalu. Kartoitusmittausprosessin laadunseurannassa SAP-järjestelmää käytetään silloin, kun halutaan seurata kustannuksia ja aikatauluja. Prosessin alussa tilaus viedään perustettuun SAP-projektiin määrätyllä verkkonumerotunnuksella. Verkkonumeron määrittelystä lähetetään pyyntö Staran taloushallintoon, josta avataan numeron mukainen projekti järjestelmään. Projekti sisältää tilauksen kustannusarvion, henkilöstön tuntikirjaukset sekä aikatauluarvion. Tuntikirjaukset tehdään työntekijän henkilönumeron mukaan, ja siihen liitetään työvaiheen numerotunnus, joka määrittää muun muassa kartoitusmittausryhmän henkilömäärän. (Kuva 17)

| Henkilönnumero   |         | 85410      | Arasalo Jyrki |            | Kust.pka |    | 6530    |    |    |    |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |    |     |
|------------------|---------|------------|---------------|------------|----------|----|---------|----|----|----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-----|----|-----|
| Raportointijakso |         | 10.02.2014 | -             | 23.02.2014 | Viikko   |    | 07.2014 |    |    |    |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |    |     |
| Raportointialue  |         |            |               |            |          |    |         |    |    |    |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |    |     |
| Tmlaji           | Verkko  | Vaihe      | Aiv           | Pak...     | Arvo...  | PK | Summa   | RT | MY | MA | 10.02 | TI   | 11... | KE   | 12.02 | TO   | 13.02 | PE   | 14.02 | LA   | ...  | SU   | ...  | MA   | 17.02 | TI   | 18.02 | KE   | 19.02 | TO   | 20.02 | PE   | 21.02 | LA   | ... | SU | ... |
|                  |         |            |               |            |          |    | 72,50   | H  |    |    | 7,25  | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 7,25  | 7,25 | 0,00  | 0,00 |     |    |     |
|                  |         |            |               |            |          |    | 53,55   | H  |    |    | 0,00  | 7,65 | 7,65  | 7,65 | 7,65  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,65  | 7,65 | 7,65  | 7,65 | 7,65  | 7,65 | 7,65  | 0,00 | 0,00  |      |     |    |     |
| YKMIT2           | 6534093 | 5330       |               |            |          |    | 22,95   | H  |    |    |       | 7,65 | 7,65  | 7,65 |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |    |     |
| YKMIT2           | 6536103 | 5330       |               |            |          |    | 30,60   | H  |    |    |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |       | 7,65 | 7,65  | 7,65 | 7,65  |      |       |      |       |      |     |    |     |

Kuva 17. SAP-järjestelmän kustannusten ja tuntien seuranta.

Projektimittauksen henkilöstön työaikaseuranta on Microsoft Excel -taulukko, jonne mittausryhmien jäsenet täyttävät päivittäin tehdyt työtunnit ja liittämällä ne SAP-projektin verkkonumerotunnukselle. Jokaisella työntekijällä on oma välilehti, johon kirjataan työtuntien lisäksi myös pidettävät vuosilomat ja muut vapaat.

Erityisesti suurissa tilauksissa sekä samaan tilaukseen tehtävissä lisämittauksissa SAP on tärkeä työväline. Sen avulla voidaan parantaa prosessin tiedottamista kustannusasioissa sekä ositella tilauksen sisältöä jo kartoitusprosessin alussa. Työaikataulukosta voidaan selvittää kunkin työntekijän tulevia lomivia vapaita, jolloin myös tilausprosessin jatkumista pystytään ennakoimaan resurssien osalta. Tilaajalla on siten myös mahdollista saada toteutuvista kustannuksista ja aikataulujen tarkennuksista asiantasaisempaa tietoa.

Staran käyttämä IMS-toimintajärjestelmä on viraston prosessien, toimintojen ohjauksen ja hallinnoimisen perustyökalu. Lisäksi järjestelmä tarjoaa sen käyttäjille monipuoliset mahdollisuudet tarkastella viraston sisäistä laatua. IMS-järjestelmään on kuvattu Geopalvelun Mittauksen prosessi sekä muiden yksiköiden prosessit. Mittauksen prosesseja hallinnoi Geopalvelun kehityspäällikkö yhteistyössä johdon kanssa. (8.)

IMS:n prosessit ovat Geopalvelussa laadittu laadunhallinnan työkaluiksi. Jotta laadun tasoa voitaisiin mitata, tulisi järjestelmän prosessit ensin testata. Testauksessa voitaisiin käyttää kahta mahdollisimman samanlaista prosessia. Tässä tapauksessa prosesseina voisi olla kaksi lähes identtistä, mutta erillistä kartoitusmittauksen tilausta samalta alueelta. Ensimmäinen prosessi suoritettaisiin uusilla prosessien vaihenimikkeillä, kuten Myynti, Toteutus ja Vastaanotto. Vaihekuvausten sijaan toimittaisiin esimerkiksi aiemalla toiminnanohjausmääritelmillä tai yksikön ja palvelupäällikön itse määritelmillä kriteereillä. Toinen prosessi vietäisiin läpi myös uusilla nimikkeillä, mutta nyt myös uusien vaihekuvausten mukaisesti. Prosessien lopuksi laadittaisiin jokaisesta vaiheesta raportti sekä todettaisiin, paraniko prosessin lopputulos ja millä osa-alueilla. Samalla määriteltäisiin prosessille päivitys- ja seuranta-aikataulu. Näin toteutuessaan IMS-järjestelmä palvelisi yhtenä kartoitusmittauksien laadun mittarina yhdessä asiakaspalautteen ja SAP-järjestelmän kanssa.

### 3.5.2 Sisäinen tarkastus ja laadun kolmijako

Aiemmin mainittujen kontrolloitujen laatumittareiden lisäksi olennaista on kuitenkin myös yksikön sisäinen laadun seuranta, joka määrää pitkälti työn tarkkuuden maanmittaustekniikan näkökulmasta.

Sisäisessä tarkastuksessa laatu perustuu järjestelmien lailla dokumentaatioon ja testaukseen. Maastomittauksissa esiintyy kolmentyyppisiä epävarmuustekijöitä: kojevirheitä, inhimillisiä virheitä sekä olosuhteista johtuvia virheitä. Kojevirheiden epävarmuudet ovat helpoimmin kontrolloitavissa säännöllisellä ja oikeanlaisella dokumentoidulla kalibroinnilla. Inhimillisiä virheitä torjutaan parhaiten ja eri henkilöiden useaan kertaan tekemällä tarkastuksella esimerkiksi maastomallin luomisessa ja koordinaattitiedon käsittelyssä. Olosuhteista johtuvia virheitä vältetään huolellisella suunnittelulla sekä työnäikaisella ennakkoinnilla. Esimerkiksi liikennemelusta johtuvia väärin kuultuja radiopuhelinilmoituksia voidaan välttää kojeaseman huolellisemmalla suunnittelulla. Sisäisessä

tarkastuksessa tulisi myös testata yksikön tiedonkulku sekä erilaiset tilausta koskevat suulliset ja kirjalliset ilmoitukset.

Edellä tehdyn tarkastelun perusteella Projektimittauksen kartoitusprosessissa laatu ja kaantuu kolmeen osaan. Laadun kolmijaolla voitaisiin kuvata taloudellisuuden, luotettavuuden ja tarkkuuden osatekijöitä. Projektimittauksessa taloudellisuuden laatua edustaisivat SAP-järjestelmä sekä tilaajatahoilta saatavat palautteet ja kehitysehdotukset. Luotettavuutta voitaisiin mitata Projektimittauksen kartoitusprosessin kuvauksella ja seurannalla IMS-toimintajärjestelmän avulla. Tarkkuuden mittarina toimisivat puolestaan yksikön sisäisen toiminnan tarkastukset ja dokumentoinnit.

#### **4 Yhteenveto**

Sekä julkisilla että yksityisillä mittausorganisaatioilla on laaduntarkastelun kannalta monia yhdistäviä tekijöitä, vaikka niiden roolit poikkeavatkin toisistaan. Yksityisillä kartoitusmittauksia tekevillä yrityksillä voidaan ajatella laadun kuuluvan osaksi kannattavaa liiketoimintaa. Tämä ajattelumalli on kuitenkin tullut nykyisin myös julkiselle sektorille.

Kuntien mittausyksiköiden tehtävänä on tuottaa palveluita pääasiassa oman kunnan tarpeisiin. Palvelun tilaaja on useimmiten kunnan omistama virasto tai liikelaitos. Osapuolet ovat aiemmin saattaneet olla jopa samaa organisaatiota, kuten esimerkiksi Stara ja HKR. Helsingin kaupunki tuottaakin omat mittauspalvelunsa pääosin tällaisen mallin avulla. Mallin myötä on saatu kaupungin toimintaa tuottavammaksi palvelun silti säilyessä tuttu- ja viheralueiden suunnittelun ansiosta hyvänä. Siksi yleinen laatuajattelu katu- ja viheralueiden suunnittelua varten tehtävissä mittauksissa ei ole ollut aikaisemmin yhtä tärkeässä osassa kuin nykyisin.

Tässä työssä tehdyn prosessikuvauksen sekä laaduntarkastelun perusteella myös kunnallisella kartoitusmittauksia tekevällä yksiköllä on palveluiden tason turvaamiseksi oltava toimivia laadunseurannan ja varmistuksen menetelmiä. Helsingin kaupungin katu- ja vihersuunnittelun, geoteknisen suunnittelun sekä virkistys- ja vapaa-ajan alueiden suunnittelun ensisijaisena pohjatietona toimii ajantasainen kartoitusmittaus sekä siitä tuotettu maastomalli. Kartoitusmittauksella, joka on toteutettu tämän insinööriyön mukaisilla laatuohjeistuksilla, on hyvät edellytykset turvata suunnitelmien laatu sekä kontrolloida myös rakentamisvaiheen ja sen merkintä- ja tarkemittausten laatua.

Työn tarkoituksena oli myös tutkia, voisiko tarkalle laatumäärittelylle olla edellytyksiä ja kuinka realistisesti se olisi Projektimittauksessa toteutettavissa. Teoriassa tässä työssä esitetyt muutosehdotukset toimivat hyvin, mutta käytännössä jotkut niistä voisivat osoittautua tarpeettomiksi. Esimerkiksi huolellisen työsuunnitelman laatimiseen ja tarkastukseen tilauksessa, jonka tulisi olla toimitusvalmis kahdessa päivässä, saattaisi kulua suhteettoman paljon aikaa. Sen sijaan esimerkiksi työn käytännön hyötyjä olivat maastomallin vertailuanalyysi sekä mittausraporttien merkityksen huomaaminen.

Kartoitusmittauksen rajaaminen tietyn tyyppiseksi toiminnaksi osoittautui työn aikana hankalaksi. Opinnäytetyön aiheen rajaamiseksi ja työstämiseksi piti kuitenkin eritellä perinteinen maastokartoitus muista vastaavanlaisista maastotiedon keruumenetelmistä. Päädyin erittelyyn siksi, että juuri rakennettavia katuja, puistoja ja viheralueita varten tulisi aina olla toimintavarma tilausprosessi, sillä näitä tilauksia on oman työhistorian aikana ollut yksikössä selkeästi eniten. Toisena syynä erityismäärittelylle on prosessiin kuuluva maastomallin laadinta, mikä erottaa esimerkiksi julkisivuskannauksina tehtävät kartoitukset sekä tilavuudenmäärittämissä näistä mittauksista. Kolmantena syynä määrittelylle oli hulevesi- ja viemärijärjestelmien mittauksen kuuluminen suurimpaan osaan kartoitusmittaustilauksia, joten se sisällytettiin osaksi prosessia.

IMS-järjestelmässä kuvattu Mittauksen prosessi toteutuu Projektimittauksen kartoitusmittauksissa melko hyvin jo nykyisessä muodossaan, mutta etenkin maastotöiden ja tiedonkäsittelyn kuvaukset puuttuvat nykyisestä prosessijärjestelmästä kokonaan. Lisäksi tässä työssä tehdyt hulevesi- ja viemärimittausten kuvaukset puuttuvat järjestelmästä. Toisaalta, nykymuotoinen prosessikuvaus ei tulisi muutoinkaan palvelemaan tulevaisuudessa Projektimittauksen kartoitusmittauksia kokonaan, sillä käyttöön otettavalla maalaserskannerilla tehtävä maastokartoitus tulee poikkeamaan varsin paljon nykyisistä mittausmenetelmistä. Muista prosessin tärkeistä seikoista mittauslomakkeen käyttöönotto, mittausdatan dokumentointi ja sen seuranta sekä seurantakalibrointi voitaisiin päivittää prosesseihin nykyistä tarkemmin. Tässä työssä tehdyn selvityksen perusteella nykyisessä prosessikuvauksessa on huomioitu henkilöstön koulutus- sekä työsuojelutarpeet monipuolisesti ja tarkasti.

Lisäksi tässä työssä syvennettiin aiemmin Eero Jalkasen opinnäytetyössään hahmottelemaa Projektimittauksen laatuohjeistusta (12, s. 35–37). Jalkanen oli työssään pohtinut

erilaisia kehittämistoimenpiteitä Projektimittauksen työn laadun parantamiseksi. Pohdinat kohdistuivat pääosin myös itse todetuille osa-alueille, joten nämä opinnäytetyöt selkeyttävät Projektimittauksen toiminnan kehittämisehdotuksia.

#### 4.1 Näkemyksiä kartoitusmittausprosessin tulevaisuudelle

Kartoitusmittauksen tuottaminen kunnan omilla resursseilla on ennen ollut pääsääntöisenä toimintamallina viime vuosituhannella Helsingin kaupungin organisaatiolla. Vaikka kilpailevia yrityksiä onkin aina ollut tuottamassa kuntien ohella ajantasaista kartta- ja maastomalliaineistoa suunnittelua varten, on viime vuosina kilpailu tässä suhteessa lisääntynyt. Siksi tärkeää olisi kunnallisille organisaatioille säilyttää asemansa laadukkaan kartoitusaineiston tuottajana myös tulevaisuudessa.

Kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi sekä monipuolisemman aineiston tuottamiseksi Geopalveluun hankittiin vuoden 2013 lopulla maalaserkeilain Riegl VZ 400. Laitteen myötä myös kartoitusmittausten tuoteperhe laajenee, ja sen avulla on mahdollista saada uudenlaisia tilauksia uusilta asiakkailta. Laserkeilaimet ovat kehittyneet mittauslaitteista voimakkaimmin viime vuosina, ja uusimpina laitteina on jo esitelty eräänlaisia takymetrin ja laserkeilaimen yhdistelmiä. Laserkeilaus tarjoaa kunnallisille mittauspalveluille suuria mahdollisuuksia tuottaa monipuolisempia ja visuaalisesti näyttävämpiä tuotteita, mutta toisaalta se vaatii sitä tekevältä henkilöstöltä laajempaa osaamista ja ajantasaista koulutusta. Laserkeilaimet ovat myös huomattavasti kalliimpia kuin esimerkiksi takymetrit, jolloin niiden hankkiminen pienempien kuntien mittausyksiköihin voi olla hankalaa. Laserkeilaimesta on tekeillä olevan opinnäytetyön ansiosta tarkoitus saada selvyys sen käyttötarkoituksista, käytöstä ja mahdollisuuksista Geopalvelun Mittauksen piirissä.

Kunnallisten prosessien kehittäminen Helsingin kaupungilla näkyy myös Staran toiminnassa aktiivisesti. Prosessien kehittäminen on useimmiten sidottu toiminnan tai johtamisen strategioihin, jolloin niille asetetaan tiettyjä tavoitteita. Nykyinen suunnitelmallinen ja säännöllinen prosessikehitys voimakkaasti kehittyvällä kartoitusmittausten osa-alueella tulee ajan myötä parantamaan Staran kartoitusmittausten laatua, luotettavuutta ja asiakastytyväisyyttä. Prosessien tarkoituksenmukainen kehittäminen on tärkeää, jotta strategioiden ja visioiden tavoitteisiin voidaan päästä. Kartoitusmittausten lisäksi voitaisiin

laatia erilliset prosessit esimerkiksi katujen ja puistojen merkintämittauksista sekä laserkeilauksista. Näin voitaisiin hallinnoida laatua Staran Mittauksen palvelukentässä ja tarkastella paremmin strategian mukaisten tavoitteiden toteutumista.

Työn lopuksi laadittiin Projektimittauksen kartoitusmittausprosessille niin sanotun SWOT-analyysi, jossa tarkastellaan toiminnan vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia.

Vahvuuksina prosessissa ovat henkilöstön koulutus ja ammattitaito, monipuoliset mittalaitteet ja menetelmät sekä pitävät aikataulut. Heikkouksia prosessin tarkastelussa löytyi tarkkuuden sisäisestä määrittelystä ja laitteiden seurantalibroinnista. Myös Staran omat laatutavoitteet eivät aina näyttäyty prosessissa selkeästi. Prosessin mahdollisuuksia ovat siinä kuvattujen menetelmien oikea hyödyntäminen ja kehittäminen edelleen esimerkiksi hallitsemalla Terra Survey- ja Terra Pipe -ohjelmien työkaluja nykyistä monipuolisemmin. Myös Projektimittauksen laajahko asiakaskunta ja hyvät resurssit antavat prosessille paljon mahdollisuuksia. Uhkina prosessissa voivat olla sen tehostaminen muodostamalla yhden henkilön mittausryhmiä. Tämä voisi vaikuttaa heikentävästi laadun seurantaan. Uhkina ajattelin myös seuraavan asian: ajan myötä vanhempi ammattihenkilöstö eläköityy, jolloin heidän kokemukseen perustuva osaaminen saattaa hävitä henkilöstöstä kokonaan. Tämä on toisaalta uhkana laajemminkin maanmittausalalla.

#### 4.2 Työn soveltuvuus laatukäsikirjan pohjaksi

Tämä insinööriä soveltuisi hyvin lähteeksi Staran mittausyksiköiden yhteisen laatukäsikirjan laatimisessa. Työssä pyrittiin tarkastelemaan kartoitusmittauksia monipuolisesti niin maanmittaustekniikan, Staran prosessihallinnan kuin asiakastilauksenkin näkökulmasta. Nämä asiat soveltuisivat kulmakiviksi paitsi Projektimittauksen, myös muiden mittausyksiköiden toimintaan. Laadittavaan laatukäsikirjaan tulisi hankkia huomattavasti enemmän lähdeaineistoa etenkin laadun- ja prosessienhallinnan kirjallisuudesta, jota tämä työ ei sisällöltään riittävästi tarjoa. Sen sijaan työn tarjoamia laatuohjeistuksia voisi kartoitusmittausten lisäksi hyödyntää merkintämittauksissa ja tilavuudenmäärityksen mittauksissa. Samalla tässä opinnäytetyössä esille tulleita Projektimittauksen hyviä toimintatapoja voisi saattaa kehitysuunnitelman mukaisesti muiden yksiköiden tietoon.

## Lähteet

- 1 Staran esittely. 2013. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Staran+esittely>>. 24.9.2013. Luettu 4.2.2014.
- 2 Staran toimintakertomus. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. Luettu 4.2.2014.
- 3 Kannosto, Eero. 2013. Tuntilista. Excel-työkirja. Luettu 8.2.2014.
- 4 Salmenperä, Hannu. 2006. Maasto- ja rakennusmittausten perusteet. Opetusmoniste. Jyväskylä: Juvenes-Print.
- 5 Staran ja Geopalvelun hallinto-osasto. Mittausprosessin kehityssuunnitelma. 2013. Microsoft Word -dokumentti. 18.12.2013. Luettu 18.2.2014.
- 6 Kannosto, Eero. Palvelupäällikkö, Projektimittaus, Geopalvelu, Stara, Helsinki. Insinööriyön aikaiset keskustelut. 2013-2014.
- 7 Työturvallisuuskeskus. 2013. Työturvallisuuskortti. Koulutusopas. Nykypaino Oy.
- 8 Westerholm, Jenni. Yksikönjohtaja vs, Geopalvelu, Stara, Helsinki. Jääskeläinen Riikka, kehityspäällikkö, Stara, Helsinki. Keskustelu 12.3.2014.
- 9 Laurila, Pasi. 2012. Mittaus-kartoitustekniikan perusteet. Jyväskylä: Kopijyvä Oy.
- 10 N2000 valtakunnallinen korkeusjärjestelmä. 2007. Verkkodokumentti. <[http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000\\_Valtakunnallinen\\_korkeusjarjestelma.pdf](http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf)>. Luettu 27.3.2014.
- 11 Kaavoitusmittausohjeet. 2003. Verkkodokumentti. <[http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/kaavoitusmittausohjeet\\_2003\\_0.pdf](http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/kaavoitusmittausohjeet_2003_0.pdf)>. Luettu 23.2.2014.
- 12 Jalkanen, Eero. 2013. Helsingin kaupungin siirtyminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin ja muutosten vaikutukset Staran mittaustoimintaan. Insinööriyö. Metropolia.
- 13 Numeerisen kartoituksen maastomittausohjeet. 1991. Teknillinen korkeakoulu, Geodesian laboratorio. Espoo: TKK Offset.
- 14 Helsingin kaupungin kaupunkimittausosasto. EUREF-FIN/N2000, käyttöönoton valmistelu, loppuraportti. 2012. Adobe Reader -dokumentti. 2.3.2012. Luettu 3.3.2014.
- 15 VRS-järjestelmä. 2004. Verkkodokumentti. Tampereen kaupunki. 21.3.2011. Luettu 27.3.2014.

- 16 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, mittausohje. 2011. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. Luettu 10.3.14.
- 17 Melonen, Pertti. Toimitusjohtaja, johdon konsultti, Pro HR Consulting Oy. Prosessien kehittäminen julkisella sektorilla. 24.4.2012. Adobe Reader -dokumentti. Luettu 8.3.2014.
- 18 Kukka-Lilja, Helena. Arkistotoimi, Stara, Helsinki. Staran arkistonmuodostussuunnitelma, versio 1.3. Adobe Reader -dokumentti. 14.11.2012. Luettu 11.3.14.
- 19 Westerholm, Jenni. Geopalvelu, Stara, Helsinki. Valmistelu. 2011. Adobe Reader -dokumentti. 28.12.2011. Luettu 2.2.2014.
- 20 Staran palvelussuhdekäsikirja. 2013. Henkilöstöopas. Stara.
- 21 Westerholm, Jenni. Geopalvelu, Stara, Helsinki. Myynti. 2011. Adobe Reader -dokumentti. 28.12.2011. Luettu 2.2.2014.
- 22 Westerholm, Jenni. Geopalvelu, Stara, Helsinki. Luovutus ja vastaanotto. 2011. Adobe Reader -dokumentti. 28.12.2011. Luettu 2.2.2014.
- 23 Westerholm, Jenni. Geopalvelu, Stara, Helsinki. Geopalvelun asiakastytyväisyyskysely 2010. 2011. Microsoft Power Point -esitys. 25.5.2011. Luettu 15.3.2014.
- 24 Westerholm, Jenni. Geopalvelu, Stara, Helsinki. Geopalvelun tupa-toteuma. 2013. Microsoft Word -dokumentti. Luettu 8.3.2014.
- 25 Tietoja SAP:stä. Verkkodokumentti. SAP Finland Oy. Luettu 22.3.2014
- 26 IMS Business Solutions Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.ims.fi/yritys>>. Luettu 22.3.2014



## Kaavoitusmittausohjeiden työsuunnitelma

Kaavoitusmittausohjeet

57

### LIITE 7. TYÖSUUNNITELMAN SISÄLTÖ

#### 1 Yleistä

- mittauksen tarkoitus, mittausluokka ja kartan mittakaava
- kartoitettavan alueen pinta-ala
- alueen sijainti (rajaus) ja lehtijako yleissilmäyskartalla (1:20 000)
- aikataulu

#### 2 Aikaisemmat mittaukset

- alueella ja sen läheisyydessä tehdyt aikaisemmat mittaukset ja niiden hyödyntäminen
- aluerajaukset ja verkkopiirrokset, sikäli kuin niillä on merkitystä nyt tehtävän mittauksen kannalta

#### 3 Geodeettinen runkomittaus

- koordinaattijärjestelmä
- mittausmenetelmät, kojeet
- lähtöpisteet, verkkopiirrokset
- laskentamenetelmät ja ohjelmat
  
- korkeusjärjestelmä
- mittausmenetelmät, kojeet
- lähtöpisteet, verkkopiirrokset
- laskentamenetelmät ja ohjelmat

#### 4 Valmistavat työt

- kiinteistöselvitys (rekisterikartta)
- näkyvöittäminen

#### 5 Ilmakuvaus

- kuvauskorkeus, kuvausmittakaava ja alueen keskikorkeus
- käytettävät sivu- ja pituuspeitot
- kalusto ja materiaalit
- kuvauskartta liitteenä

#### 6 Fotogrammetrinen kolmiointi

- lähtö- ja liitospisteet
- kojeet ja laskentaohjelmat

#### 7 Kartan laadinta

- kartan tietosisältö, käytettävä kohdeluokitus ja esitystapa
- stereodigitointi, kojeet
- täydennysmittaukset, menetelmät ja laitteet

#### 8 Valmistettavat tuotteet

- numeeriset tuotteet
- graafiset tuotteet

#### 9 Mittauksen tarkastus ja arkistointi

## Kadun rakennussuunnitelmien tasoerittely

HKR  
Katu- ja puisto-osasto

TOIMINTAJÄRJESTELMÄN TYÖOHJE

1/5

10.1.2011

|                    |   |
|--------------------|---|
| Ty214-2<br>LIITE 2 | ATK-MUOTOISEN KATUSUUNNITELMAN JA KADUN RAKENNUS-<br>SUUNNITELMIEN SISÄLTÖ JA ARKISTOINTI |
|--------------------|---|

## 1. TASOERITTELY

## 1.1 Katusuunnitelma, asema-, tasaus-, johtosiirto-, mitta-, katumiljöö-/päällyste- ja istutuspiirustus

| taso  | väri-<br>numero | viiva-<br>tyyppi   | viiva-<br>leveys |
|---|-----------------|--------------------|------------------|
| <b>Tasot 1 – 13</b>   |                 |                    |                  |
| 1. Reunatuki:   | CO=0            | LC=0               | WT=2             |
| -madallettu   | CO=0            | LC=2               | WT=2             |
| -luiskattu  | CO=0            | LC=2,0             | WT=0             |
| -upotettu (kaksi vierekkäistä viivaa)                             | CO=0            | LC=0               | WT=0             |
| -nykyinen   | CO=0            | LC=0               | WT=0             |
| 2. Katualueen/tonnin raja   | CO=0            | LC=0               | WT=1             |
| -tonninpiste numeroineen (jos ei kantakartasta)                   | CO=0            | LC=0               | WT=0             |
| -kaavamerkintä (mm. puisto, liikennealue)                         | vaihtelee       | LC=0 tai HKR:n oma | WT=0             |
| 3. Materiaalien raja  | CO=2            | LC=0               | WT=0             |
| 4. Suojatiet, maaliiviat  | CO=0            | LC=0               | WT=0             |
| -kaistamerkinnot  | CO=0            | LC=5 tai HKR:n oma | WT=0             |
| 5. Kaiteet, aidat, ajoesteet                                      | CO=0            | LC=0 tai HKR:n oma | WT=0             |
| 6. Tukimuurit   | CO=0            | LC=0               | WT=4             |
| -sillat, melusteet, portaat                                       | CO=0            | LC=0               | WT=0-3           |
| 7. Kourut, avo-ojat   | CO=1            | LC=0               | WT=0             |
| 8. Luiskat  | CO=0            | LC=0               | WT=0             |
| 9. Vapaa  |                 |                    |                  |
| 10. Raitiotiet, rautatiet   | CO=0            | LC=0               | WT=1             |
| 11. Yksityiset rakenteet, kalusteet, valaisimet, uudisrakennukset | CO=0            | vaihtelee          | vaihtelee        |
| 12. Kantakartan täydennykset                                      | CO=0            | vaihtelee          | vaihtelee        |
| 13. Vapaa   |                 |                    |                  |

## Tasot 14 - 27 Johdot

|  |      |  |                    |        |
|--|------|--|--------------------|--------|
| 14. Vesijohtolinjat, vanhat  |      | CO=71                                      | LC=3               | WT=0   |
| 15. Vesijohtolinjat, uudet   |      | CO=7                                       | LC=3               | WT=1   |
| 16. Kaivojen korkeudet, putkien materiaalimerkinnot ("viikset" ja "haravat") |      | värit samat kuin ko. kaivoilla ja putkilla |                    |        |
|  |      |  | LC=0               | WT=0,1 |
| 17. Viemäriinjat, vanhat   | sv   | CO=50                                      | LC=0 tai HKR:n oma | WT=0   |
|  | jv   | CO=70                                      | LC=0 tai HKR:n oma | WT=0   |
|  | sw   | CO=70                                      | LC=0 tai HKR:n oma | WT=0   |
| 18. Viemäriinjat, uudet  | sv   | CO=2                                       | LC=0 tai HKR:n oma | WT=1   |
|  | jv   | CO=6                                       | LC=0 tai HKR:n oma | WT=1   |
|  | sw   | CO=6                                       | LC=0 tai HKR:n oma | WT=1   |
| 19. Kaivot, vanhat   |      | samat kuin ko. putkilla                    |                    |        |
| 20. Kaivot, uudet  |      | samat kuin ko. putkilla                    |                    |        |
| 21. Kaukolämpö   | uusi | CO=45                                      | 0                  | WT=5   |
| Kaukokylmä   | uusi | CO=45                                      | 0                  | WT=5   |
| Kaasu/muu  | uusi | CO=38                                      | 0                  | WT=5   |
| 22. Sähkö verkko   | uusi | CO=3                                       | 4                  | WT=5   |
| Sähkö ulkovaistus  | uusi | CO=3                                       | 6                  | WT=5   |
| 23. Tele   | uusi | CO=42                                      | vaihtelee          | WT=5   |

10.1.2011

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Ty214-2<br/>LIITE 2</b> | <b>ATK-MUOTOISEN KATUSUUNNITELMAN JA KADUN RAKENNUS-<br/>SUUNNITELMIEN SISÄLTÖ JA ARKISTOINTI</b> |
|----------------------------|---|

| taso  |                 | väri-<br>numero | viiva-<br>tyyppi | viiva-<br>leveys |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 24. Putkiverkostojen 3d-elementit, vanhat         | vj              | CO=71           | LC=2             | WT=2             |
|   | sv              | CO=50           | LC=2             | WT=2             |
|   | jv (myös paine) | CO=70           | LC=2             | WT=2             |
|   | sw              | CO=70           | LC=2             | WT=2             |
|   | kl              | CO=51           | LC=2             | WT=2             |
|   | kk              | CO=55           | LC=2             | WT=2             |
|   | kaasu/muu       | CO=53           | LC=2             | WT=2             |
|   | kastelu         | CO=32           | LC=2             | WT=2             |
| 25. Painejohtolinjojen 3d-elementit, uudet        | vj              | CO=7            | LC=0             | WT=2             |
|   | kl              | CO=3            | LC=0             | WT=2             |
|   | kk              | CO=7            | LC=0             | WT=2             |
|   | kaasu/muu       | CO=5            | LC=0             | WT=2             |
|   | kastelu         | CO=0            | LC=0             | WT=2             |
| 26. Jäte- ja sekavesilinjojen 3d-elementit, uudet | jv (myös paine) | CO=6            | LC=0             | WT=2             |
|   | sw              | CO=6            | LC=0             | WT=2             |
| 27. Sadevesilinjojen 3d-elementit, uudet          | sv              | CO=2            | LC=0             | WT=2             |

**Tasot 28 - 31 Nimiö, kehysviivat, tekstit (fontti = 90, 91)**

|   |       |      |        |
|---|-------|------|--------|
| 28. Nimiö   | CO=12 | LC=0 | WT=0-2 |
| - tekstit, muutostekstit                                    | CO=0  | LC=0 | WT=0-2 |
| - muutosnuolet  | CO=3  | LC=0 | WT=0-2 |
| - piirustusten kehysviivat                                  | CO=0  | LC=0 | WT=1   |
| - opaskartta  | CO=0  | LC=0 | WT=0   |
| 29. Muut tekstit  | CO=0  | LC=0 | WT=0-2 |
| 30. Katujen ja linjojen nimet (ks. malli piir.merkinnöistä) | CO=0  | LC=0 | WT=1   |
| 31. Tekstit,  |       |      |        |
| -kaavamerkintäteksti  | CO=0  | LC=0 | WT=2   |
| -tontin numero  | CO=0  | LC=0 | WT=1   |

**Tasot 32 - 48 Geometria**

|   |           |      |      |
|---|-----------|------|------|
| 32. Mittalinja/keskilinja                             | CO=5      | LC=4 | WT=0 |
| 33. Pääpisteet (tai taso 36)                          | CO=0      | LC=0 | WT=0 |
| 34. Paaluviiat  | CO=5      | LC=0 | WT=0 |
| 35. Paalunumerot                                      | CO=6      | LC=0 | WT=2 |
| 36. Pääpisteiden numerot                              | CO=0      | LC=0 | WT=1 |
| 37. Koordinaattipisteluettelot                        |           |      |      |
| -taulukko   | CO=11     | LC=0 | WT=1 |
| -tekstit  | CO=5      | LC=0 | WT=1 |
| 38. Säteet (kaarella, tekstikoko tilanteen mukaan)    | CO=0      | LC=0 | WT=0 |
| 39. Tonttipisteiden korkeudet (soikiolla ympyröitynä) | CO=3      | LC=0 | WT=0 |
| 40. Mittaviivat, tyyppipoikkileikkaukset              | vaihtelee |      |      |
| 41. Korkeuskäyrät, nykyinen maanpinta                 | CO=9      | LC=2 | WT=0 |
| 42. Korkeuskäyrät, suunniteltavan kadun tasaus        | CO=7      | LC=0 | WT=0 |
| 43. Linjauselementit (ketjutetut rk- ja mittalinjat)  | vaihtelee |      |      |
| 44. 3d- linjaukset (terra)                            | vaihtelee |      |      |
| 45. Vapaa   |           |      |      |
| 46. Vapaa   |           |      |      |
| 47. Pohjoisnuoli, koordinaattiristit, xy-lukemat      | vaihtelee |      |      |
| 48. Vapaa   |           |      |      |

HKR  
Katu- ja puisto-osasto

## TOIMINTAJÄRJESTELMÄN TYÖOHJE

3/5

10.1.2011

**Ty214-2 ATK-MUOTOISEN KATUSUUNNITELMAN JA KADUN RAKENNUS-  
LIITE 2 SUUNNITELMIEN SISÄLTÖ JA ARKISTOINTI**

| taso   |                    | väri-<br>numero                   | viiva-<br>tyyppi | viiva-<br>leveys |
|--|--------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|
| <b>Tasot 49 – 59</b>   |                    |                                   |                  |                  |
| 49. Betonipäällysteet  | harmaa             | CO=9                              |                  |                  |
|  | punainen           | CO=83                             |                  |                  |
|  | keltainen          | CO=116                            |                  |                  |
|  | vihreä (reikäkivi) | CO=130                            |                  |                  |
|  | punamusta          | CO=155                            |                  |                  |
|  | musta              | CO=176                            | LC=0             | WT=0             |
| 50. Luonnonkivipäällysteet   | harmaa             | CO=9                              |                  |                  |
|  | punainen           | CO=83                             |                  |                  |
|  | vanha ruskea       | CO=102                            |                  |                  |
|  | punamusta          | CO=155                            |                  |                  |
|  | musta              | CO=176                            | LC=0             | WT=0             |
| 51. Numetus, pensaat   | vihreä             | CO=11,2                           | LC=0             | WT=0             |
| 52. Puut   | vanhat             | vihreä                            | CO=2             | LC=0             |
|  | uudet              | vihreä, ruskea                    | CO=2,6           | LC=0             |
| 53. Ladontamallien bet. päällysteet (detaljit)   |                    | kuten taso 49                     | LC=0             | WT=0             |
| 54. Ladontamallien luonnonkivipäällysteet (detaljit)   |                    | kuten taso 50                     | LC=0             | WT=0             |
| 55. Kantavan kasvualustan raja   |                    | CO=2                              | LC=4             | WT=2             |
| 56. Rakennussuunnitelman   |                    |                                   |                  |                  |
| -jk/pp- teiden tummennus (myös detaljeissa)  |                    | CO=144                            | LC=0             | WT=0             |
| -punainen tummennus  |                    | CO=83                             |                  |                  |
| -rakennussuunnitelman ajoradan tummennus   |                    | CO=9                              | LC=0             | WT=0             |
| 57. Detaljit (huom. Kiveykset tasolle 53 ja 54)  |                    | CO=0                              | LC=0             | WT=0             |
| 58. Reunatuennin takareuna   |                    | CO=0                              | LC=0             | WT=0             |
| 59. Vapaa  |                    |                                   |                  |                  |
| <b>Tasot 60 – 63 (KATUSUUNNITELMA)</b>   |                    |                                   |                  |                  |
| 60. Puut   |                    | CO=0,2,6                          | LC=0             | WT=0-1           |
| 61. Katusuunnitelmaan liittyvät poikkileikkaukset ja tekstit viiteviivoineen   |                    | CO=0                              | LC=0             | WT=0-4           |
| -kehys (shape) alueen peittämiseksi valkoisella poikkileikkauksia ja tekstejä varten   |                    | CO=0                              | LC=0             | WT=0             |
| 62. Katusuunnitelman jk/pp – teiden ja ajoradan tummennukset sekä muut rakennussuunnitelmasta poikkeavat väritäytöt, esim. uudet ja vanhat rakennukset |                    | samat kuin rakennussuunnitelmassa |                  |                  |
| 63. Apuviivat  |                    |                                   |                  |                  |