

# STEREOKARTOITUS ILMAKUVISTA KANTAKARTTAAN

Selvitys Helsingin kaupungin prosessista

Rautiainen Jukka

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Jukka Rautiainen	Vuosi	2018
<b>Ohjaaja</b>	Pasi Laurila		
<b>Toimeksiantaja</b>	Helsingin kaupunki		
<b>Työn nimi</b>	Stereokartoitus ilmakuvista kantakarttaan Selvitys Helsingin kaupungin prosessista		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	48 + 1		

---

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin esimerkinomaisesti kantakartan kartoittamista ilmakuvilta stereokartoituksen avulla. Tavoitteena oli selvittää, miten Helsingin kaupunki kartoittaa kantakartan stereokartoitusta apuna käyttäen. Työssä oli tavoitteena selvittää koko prosessi tilauspyynnöstä lähtien. Tutkimus on tehty teoriaan tukeutuen.

Tässä työssä käytettiin menetelmänä selvitysmenetelmää. Lähteinä käytettiin alan kirjallisuutta ja internetlähteitä. Lisäksi Helsingin kaupungin prosessista saatiin tietoa keskustelemalla kaupungin työntekijöiden kanssa.

Lopputuloksena on tietopaketti Helsingin kaupungin ilmakuvausprosessista ja kartoituksesta stereokartoituksen avulla. Opinnäytetyössä on pohdittu stereokartoituksen haasteita ja sen merkitystä osana Helsingin kaupungin kantakartan ylläpitoa.

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

---

<b>Author</b>	Jukka Rautiainen	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Pasi Laurila		
<b>Commissioned by</b>	City of Helsinki		
<b>Subject of thesis</b>	Stereo Mapping of Aerial Photographs for the Base Map Survey of the Process in the City of Helsinki		
<b>Number of pages</b>	48 + 1		

---

The subject of this thesis was to provide an example on how to create a base map using aerial mapping. The aim was to find out how the City of Helsinki creates a base map using stereoscopic mapping. The aim of the thesis was to clarify the whole process from the beginning to the end. The survey was done based on theory.

The study method consisted of surveying the topic. In this thesis, the sources included literature in the field and various Internet sources. In addition, the process in the City of Helsinki was discussed with the employees of the City of Helsinki.

The result is an information package on the aerial photography process and the mapping of the City of Helsinki using stereoscopic mapping. The thesis discussed the challenges and importance of stereoscopic mapping as part of the maintenance of the base map in the City of Helsinki.

Key words

Aerial photography, stereo mapping, base map

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	8
2 FOTOGRAMMETRIASTA JA KAUOKARTOITUKSESTA.....	9
3 ILMAKUVAUSKARTOITUSPROSESSIN VAIHEISTA.....	10
4 HELSINGIN KAUPUNGIN KANTAKARTAN LUOMINEN ILMAKUVISTA STEREOKARTOITUKSEN AVULLA.....	11
4.1 Helsingin kaupungin ilmakuvauksesta ja kartoista.....	11
4.2 Ilmakuvauksen kilpailutuksesta ja tilattavista tuotteista.....	12
4.2.1 Ortokuvista ja niiden tuottamisesta.....	13
4.2.2 Pistetihennyksestä .....	14
4.3 Tilausprosessista .....	16
4.3.1 Tilausprosessista Helsingin kaupungilla.....	16
4.3.2 Suunnittelusta.....	16
4.3.3 Tarjouspyynnön laatimisesta ja tarjousten käsittelystä.....	19
4.4 Maastotöistä.....	25
4.4.1 Helsingin kaupungin maastotöiden vaiheista ilmakuvauksen yhteydessä .....	25
4.4.2 Signaloinnin tukipisteiden suunnittelusta.....	25
4.4.3 Signaloitipisteiden mittauksesta .....	27
4.5 Ilmakuvauksesta .....	28
4.6 Digitaalisista ilmakuvauuskameroista .....	30
4.7 Ilmakuvauksaineiston käytöstä.....	31
4.7.1 Kuvien tallennuksesta ja käytöstä .....	31
4.7.2 Kuvien orientoinnista.....	31
4.8 Kantakartan laatiminen stereokartoituksen avulla.....	32
4.8.1 Helsingin kaupungin kantakartasta.....	32
4.8.2 Stereokartoituksesta.....	33
4.8.3 Stereotyöasemasta .....	34
4.8.4 DAT/EM Summit Evolutionista .....	35
4.8.5 MicroStation V8i ja Stella Mapista.....	36
4.8.6 JHS 185 suosituksista .....	37
4.8.7 Kantakartan kartoittamisesta stereokartoituksen avulla .....	38
5 POHDINTA .....	43

LÄHTEET.....	44
LIITTEET.....	48

## ALKUSANAT

Kiitän Helsingin kaupungin kaupunkimittauspalveluiden yksikön päällikköä Kari Ingbergiä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö Helsingin kaupungille. Lisäksi kiitän Helsingin kaupungin kaupunkimittauspalveluiden paikkatietoasiantuntijaa Jorma "Eikka" Gröhniä, stereokartoittajaa Merja Raudaskoskea ja muuta henkilökuntaa ohjauksesta työpaikalla. Kiitän Lapin AMK:n yliopettaja Pasi Laurilaa ja suomen kielen opettajaa Leena Ruokasta asiantuntevasta ohjauksesta ja kaikesta avusta insinööriytänäni koskien. Lopuksi kiitän perhettäni kaikesta tuesta opintojen aikana.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu (Autodesk 2018)
CCD	Charge-Coupled Device, digitaalikameroissa käytettävä kennotyyppi (Saarinen 2007)
Dgn	design, MicroStation formaatti (Trimble 2018)
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System, differentiaalinen tai suhteellinen mittaus (Laurila 2017)
Dwg	from drawing, AutoCAD-formaatti (Autodesk)
GIS	Geographical Information System, paikkatietojärjestelmä (Esri)
GSD	Ground Sample Distance, kuvauksen maastoerotuskyky (Kuntaliitto.fi 2018)
IMU	Inertial measurement Unit, inertiamittaus, jossa GNSS-tukiasema maksimissaan 50 km etäisyydellä tai mahdollisuus VRS-tukeen (Laurila 2017)
JHS	Julkisen hallinnon suositukset (JHS-suositukset 2018)
NIR	Near Infrared, lähi Infrapuna (Bühler, Adams, Stoffel & Boesch 2017)
PAN	Pankromaattinen, mustavalkoinen (Kumpula 2013)
RGB	Red, Green, Blue, värillinen (Kumpula 2013)
UAS	Unmanned Aerial System, miehittämätön ilma-alusta lennättävä laitteisto, (DartDrones 2018)
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, miehittämätön ilma-alus (DartDrones 2018)

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Helsingin kaupungin palvelut ja luvat toimialaan kuuluvan kaupunkimittauspalvelun alaisuudessa. Aiheen valintaan vaikutti kiinnostukseni stereokartoitukseen ja Helsingin kaupungin tarve saada jatkuvuutta stereokartoitustiimin toimintaan. Opinnäytetyö käsittelee stereokartoitusta, ilmakuvauksen prosessia ja kantakartan kartoittamista Helsingin kaupungilla. Käsiteltävänä on vuoden 2018 ilmakuvauksen prosessi, joka koski koko kaupunkia. Työ on selvityspohjainen. Työn materiaalina on käytetty kirjallisuus- ja internetlähteiden lisäksi keskusteluita kaupunkimittauspalveluiden työntekijöiden kanssa.

Opinnäytetyön alkuosassa käsitellään fotogrammetriaa yleisesti. Alkuosassa kerrotaan, mitä fotogrammetria on ja millaisia sovelluksia siitä löytyy. Tämän jälkeen esitellään ilmakuvauksen prosessin vaiheet ja millainen on Helsingin kaupungin kantakartan luominen stereokuvauksen avulla. Prosessin vaiheet esitellään kronologisessa järjestyksessä. Lopuksi on työn pohdinta, johon on koottu yhteen aihealue ja pohdittu prosessia.

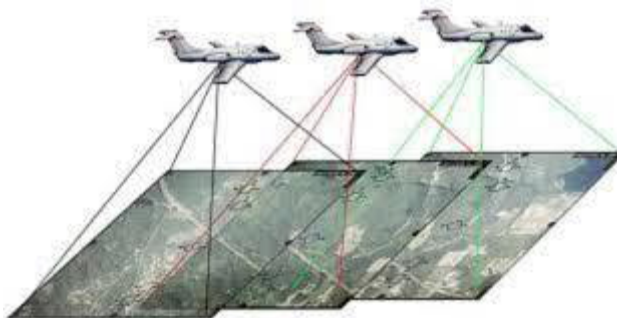
Opinnäytetyö sisältää vain yhden liitteen ja osa viittauksista ei ole julkisia. Ne viittaukset, jotka eivät ole julkisia sisältävät yhteystietoja tai jotain muuta ei julkaistavaa materiaalia. Tietosuojalain nojalla niitä ei julkaista. Tästä syystä niitä ei myöskään ole liitteinä.



## 2 FOTOGRAMMETRIASTA JA KAUKOKARTOITUKSESTA

Kaukokartoituksessa ja fotogrammetriassa saadaan ilman fyysistä kosketusta tietoa kohteista ja nämä mitataan ja tulkitaan (Schenk 2005, 6; Laurila 2008, 1). Kaukokartoitus tai oikeammin kaukohavainnointi eroaa fotogrammetriasta siinä, että havainnointiin käytetään sähkömagneettista säteilyä hyödyntäviä menetelmiä, kuten satelliittimittauksia. Mitattavat kohteet ovat yleensä laajoja, kuten vesi- ja kasvialueita. (Ympäristö 2004.)

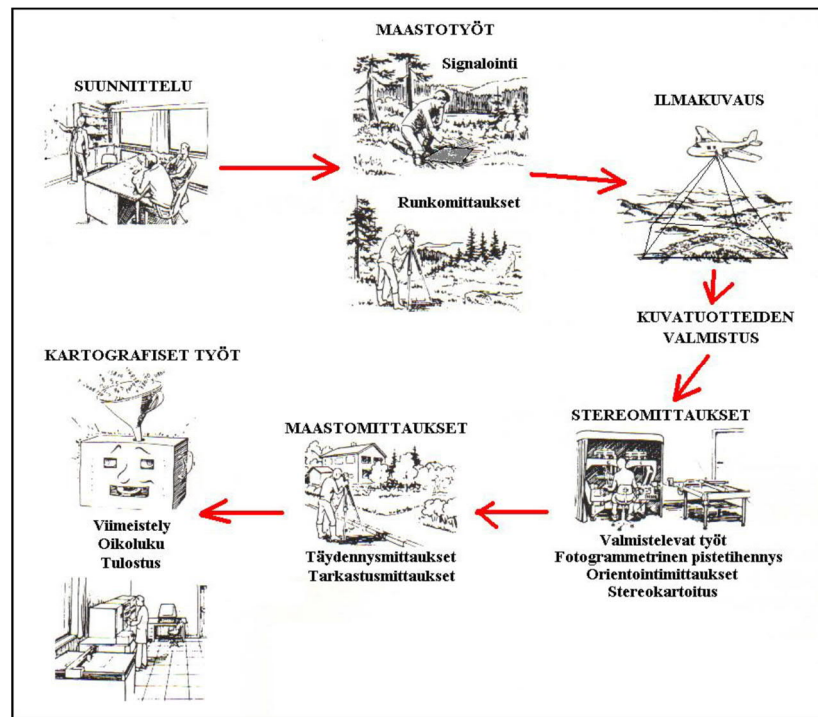
Fotogrammetria on ala, jossa kuvista mittaamalla selvitetään jonkin kohteen sijainti, koko tai muoto (GIS Resources 2014; Vermeer & Ayehu 2018, 7). Yleensä mitattavat kohteet ovat erilaisia maaston kohteita (Vinni 2003). Fotogrammetria tulee kreikan kielen sanoista phot, gramma ja metrein. Nämä tarkoittavat valoa, piirtoa sekä mittaamista ja sen historia on lähes yhtä pitkä kuin valokuvauksen (AABSyS 2018; Salmenperä 2004, 5). Se ulottuu Leonardo da Vincin ajoille asti, mahdollisesti pidemmällekin (Vermeer & Ayehu 2018, 7). Fotogrammetrian yleisin sovellus on ilmakuvakartoitus (Aalto-yliopisto 2008). Ilmakuvaus tehdään usein lentokoneesta (Kuvio 1).



Kuvio 1. Ilmakuvaus lentokoneesta (GIS Resources 2014)

### 3 ILMAKUVAUSKARTOITUSPROSESSIN VAIHEISTA

Ilmakuvauskartoitusprosessi on vaiheittainen. Kuviossa 2 on esitetty ilmakuvauskartoitusprosessiin kuuluvat vaiheet. Tässä kuviossa kuvataan vaiheet, jos käytössä on analyyttinen stereokartoituskoje. Nykyisin digitaaliset menetelmät syrjäyttäneet analogisen menetelmät, joten siinä mielessä kuvio 2 ei täysin pidä paikkansa. (Laurila 2008, 40.)



Kuvio 2. Analogisen ilmakuvauskartoitusprosessin vaiheet (Laurila 2008, 40)

Helsingin kaupunki käyttää digitaalisia menetelmiä. Kartoitusprosessin vaiheet ovat lähes samat, mitä kuvion 2 kuvaamassa analogisessa ilmakuvauskartoitusprosessissa. (Gröhn, 2018.) Helsingin kaupungin tiedonohjausjärjestelmässä kuvataan ilmakuvauskartoituksen vaiheet. Kyseinen järjestelmä sisältää esimerkiksi kaikki kaupungin käyttämät maastomittaukseen liittyvien töiden prosessit. (Tiedonohjausjärjestelmä 2018.) Työvaiheista kerrotaan vaiheittain luvussa 4.

## 4 HELSINGIN KAUPUNGIN KANTAKARTAN LUOMINEN ILMAKUVISTA STEREOKARTOITUKSEN AVULLA

### 4.1 Helsingin kaupungin ilmakuvauksesta ja kartoista

Helsingin kaupungin ilmakuvaushistoria ulottuu 1930-luvulle. Kuvia on käytetty omiin tarpeisiin, kuten kartoitukseen, rakentamiseen ja luonnonympäristön suunnitteluun. Kuvia on saatavana joko ortokuvina, viistokuvina tai laserkeilausaineistona. (Helsingin kaupunki 2018d.) Laserkeilausta en tämän enempää käsittele, koska se ei liity opinnäytetyön sisältöön. Ortokuvista tarkemmin luvussa 4.2.1.

Ilmakuvia kaupunki ottaa vuosittain ja ne on yleensä tehty mittakaavassa 1:10000 ja 1:4000 (Helsingin kaupunki 2018d). Yleensä joka toinen vuosi suoritetaan koko kaupungin ilmakuvaukset ja joka toinen paikkokuvaus (Gröhn 2018). Viistokuvia otetaan tilausten perusteella ja niitä on otettu vuosittain noin 1000-2500 kappaletta. Aineisto on saatavana vapaasti yleiseen käyttöön avoimena datana. (Helsingin kaupunki 2018d.) Avoin data on julkishallinnolle, yrityksille, organisaatioille ja yksityishenkilöille kertynyttä maksutonta dataa (Helsingin kaupunki 2018a).

Digitaaliset kartat ovat kaupunkiympäristön toimialan kaupunkimittauspalveluiden ylläpitämä palvelu, joihin kuuluu useita erilaisia kartastoja. Kantakartta ja johtokartta ovat esimerkkejä saatavista kartastoista. Taulukossa 1 on muita esimerkkejä Helsingin kaupungin digitaalisista karttatuotteista. (Helsingin kaupunki 2018b.) Helsingin kaupungin kantakartasta enemmän luvussa 4.8.1.

Taulukko 1. Esimerkkejä Helsingin kaupungin digitaalisista kartta-aineistoista (Helsingin kaupunki 2018b)

<b>Digitaalinen karttatuote</b>	<b>Perustietoa tuotteesta</b>
Ajantasa-asemakaavakartta	Voimassa oleva asemakaava
Johtokartta	Yhdistelmäjohtokartta. Sisältää tietoliikenteen, lämpö-, energia ja vesihuollon maanalaiset johdot ja putket
Kiinteistökartta	Kiinteistötiedot sisältävä kantakartta. Mittakaava 1:4000
Opaskartta	Yleiskartta opastukseen. Mittakaava 1:20000
Kiinteistökartta	Kiinteistötiedot sisältävä kantakartta. Mittakaava 1:4000

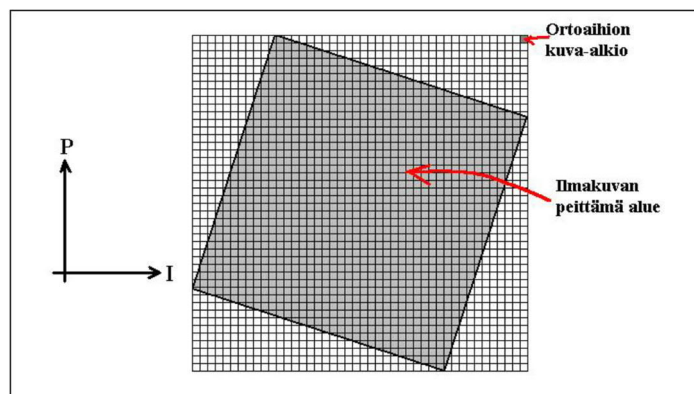
#### 4.2 Ilmakuvauksen kilpailutuksesta ja tilattavista tuotteista

Helsingin kaupunki on viime vuosina tilannut ilmakuvauksen Terratec Oy:ltä. Vuonna 2018 ilmakuvauksen kilpailutettiin kolmella yrityksellä, ja Terratec Oy:n lisäksi kilpailutuksessa oli mukana Tripodi Finland Oy ja Blom Kartta Oy. Terratec Oy:n tarjous oli kokonaistaloudellisesti edullisin ja tästä syystä Terratec Oy voitti kilpailutuksen. (Helsingin kaupunki 2018c.) Kaupunki tilasi tarjouskilpailun voittaneelta yritykseltä, Terratec Oy:ltä, ilmakuvien lisäksi ortokuvat ja pistetihennyksen (Helsinki 2018a). Ortokuvista pyydettiin erilaisia sävymalleja, joista valittiin Helsingin kaupungille sopivin (Gröhn 2018). Luvuissa 4.2.1 ja 4.2.2 kerrotaan enemmän ilmakuvien lisäksi tilattavista tuotteista.

#### 4.2.1 Ortokuvista ja niiden tuottamisesta

Ortokuva on koordinaatistoon kiinnitetty suoraan maanpintaa kohti otettu ilmakuva, josta on poistettu maaston korkeuseroista johtuvat vääristymät (Aalto-yliopisto 2005, 1; Laurila 2008, 72). Ortokuvia saa tuotettua ilma- tai satelliittikuvilta, mikäli korkeusmalli ja ulkoinen orientointi tiedetään. Niistä voi mitata esimerkiksi koordinaatteja tai niitä voi käyttää karttojen valmistukseen ilman fotogrammetrisia erikoisohjelmia. (Laurila 2008, 72.) Ortokuva voi olla maanpintaortokuva, tosiortokuva eli true-ortokuva tai niiden välimuoto. Maanpintaortokuva on muodostettu maanpinnan korkeusmallin mukaan, kun taas true-ortokuvan muodostamiseen käytetään pintamallia, johon kuuluvat myös rakennetut kohteet (Aalto-yliopisto 2005, 2.)

Alkuperäisestä digitaalisesta ilmakuvasta tuotetaan digitaalinen ortokuva. Ortokuvan tuottamiseen tarvitaan ilmakuvan lisäksi kuvan orientointitiedot ja kuvatun alueen korkeusmalli. Orientointitiedoista saadaan laskettua alue, jota kuva maastossa vastaa. Tämän ympärille muodostetaan koordinaatistossa oleva rasteripohjainen ortoaihio, joka on esitetty kuviossa 3. Ortoaihioille lasketaan alkuperäinen kuva maastomallia ja orientointitietoja hyväksi käyttäen. Ilmakuvasta saadaan vain hyvin pienen alueen kattava ortokuva. Kuvia yhdistelemällä niistä saadaan kuvamosaiikkeja, joiden reunoille voi muodostua poistettavia geometrisia epäjatkuvuuskohtia. (Laurila 2008, 77–78.)



Kuvio 3. Rasteripohjainen ortoaihio ja ilmakuvan peitto (Laurila 2008, 78)

Helsingin kaupungin tuottamat ortokuvat on tarkoitettu kaupungin sisäiseen käyttöön. Ortokuvia on tuotettu myös ortokuvasarjoina. Asiakkaan halutessa ortokuvista laaditaan erilaisia ilmakuvayhdistelmiä ja ne saa joko tulosteena tai

tiedostona. (Helsingin kaupunki 2018d.) Ortoilmakuvia kaupunki käyttää esimerkiksi taustakarttana ja niitä on saatavina useilta eri vuosilta (Helsingin kaupunki 2018b).

Helsingin kaupungin vuoden 2018 ilmakeuvasta koskevat ortokuvien tekniset vaatimukset esitetään taulukossa 2.

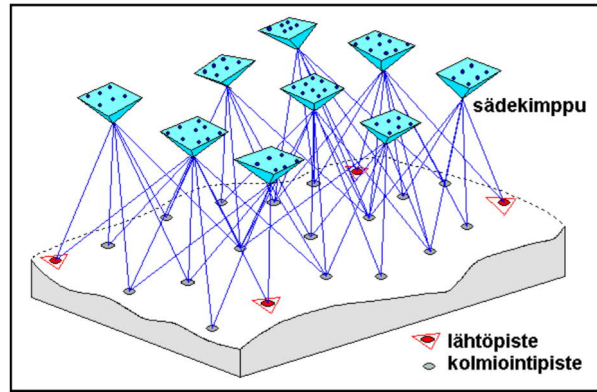
Taulukko 2. Vuoden 2018 ilmakeuvauksen ortokuvien tekniset vaatimukset (Helsinki 2018a)

<b>Tekninen vaatimus</b>
Lopputuote ETRS-GK25/N2000 taso- ja korkeusjärjestelmässä
Kaupungin toimittamassa ETRS-GK25 lehtijako
Maastopikseliresoluutio 5 cm
Pilvettömät kuvat
Värikuvat
Pakkaamaton TIF-formaatti
TFW-tiedosto, vasen yläkulma pikselin keskikohta
Ei koordinaattitietoja TIF-tiedostoissa
Kaupunkimittauspalveluiden toimittamat siltamallit (n. 100 kpl true-orto)
Mosaikointi. Saumalinjojen valinnassa ja sijoittelussa huomioidaan merkittävät rakennukset ja katualueet siten, että rakennusten kaatuminen katualueille on minimoitu
Mosaikoinnissa häivytetään yksittäisten ilmakeuvien väliset sävyerot
Lopputuotteesta muutama vedos, joista lopullinen värimaailma valitaan

#### 4.2.2 Pistetihennyksestä

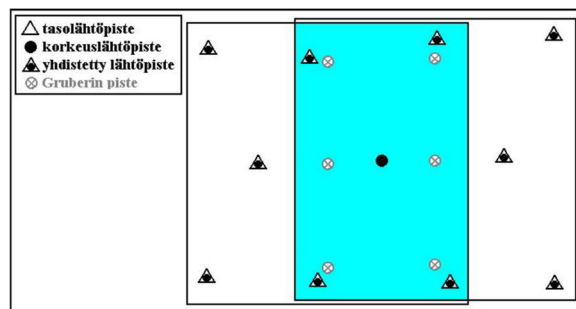
Fotogrammetrisessä mittauksessa lähtöpisteistön korkeus ja tasokoordinaatit ovat tunnettuja. Kartoitettavan alueen kattavat pisteet ovat joko kuvausjonojen päihin sijoittuvia korkeuspisteitä tai tasolähtöpisteitä. Myös yhdistetty lähtöpiste on mahdollinen. Korkeuspisteet sijaitsevat myös kartoitettavan alueen sisällä. (Laurila 2008, 51–52.)

Fotogrammetrisellä pistetihennyksellä määritettyjä pisteitä kutsutaan kolmiointipisteiksi (Kuvio 4).



Kuvio 4. Pistetihennys (Laurila 2008, 39)

Kolmiointipisteillä tihennetään lähtöpisteistä kartoitettavan alueen koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään orientoimista varten. Orientointimittausta varten stereomallilla tulisi olla ainakin viisi tunnettua pistettä (Kuvio 5). Muutoin orientointi ei ole luotettava. Mikäli pisteitä on enemmän, voidaan osaa pisteistä käyttää tarkastuspisteinä. (Laurila 2008,52–53.)



Kuvio 5. Stereomallille pistetihennys (Laurila 2008, 53)

Pistetihennyksellä on useita eri tarkoituksia. Yksi tarkoitus on tukipisteiden määrittäminen stereomallin absoluuttista orientointia varten. Pistetihennystä voidaan käyttää myös esimerkiksi rajamerkkien tai muiden maaston kohteiden koordinaattien määrittämiseen. Pistetihennystä tehtäessä ulkoinen orientointi lasketaan aina kuvilta ja se onkin digitaalisiin kuviin perustuvien mittausten päätarkoitus. (Laurila 2017, 30.)

Helsingin kaupunki käyttää nykyisin pistetihennystä stereomallien orientointina. Aiemmin orientointi on tehty kuvilta. (Gröhn 2018.) Kuvilta orientoinnista kerrotaan luvussa 4.7.2.

### 4.3 Tilausprosessista

#### 4.3.1 Tilausprosessista Helsingin kaupungilla

Helsingin kaupungin ilmakuvauksen tilausprosessi (Kuvio 6) on monivaiheinen. Se alkaa kuvattavan alueen suunnitelmakartan tekemisestä. Suunnitelmakartan laatii ilmakuvausyritys. Tämän jälkeen laaditaan tarjouspyyntö, joka menee HILMAan. Tarjouskilpailuun osallistuvista tarjouksista valitaan Helsingin kaupungille sopivin ja sen löydyttyä tehdään tilaus. (Gröhn 2018.) Näistä vaiheista tarkemmin luvuissa 4.3.2 ja 4.3.3.

Suunnitelmakartta kuvattavasta alueesta → Tarjouspyynnön laatiminen (HILMAan) → Tarjousten käsittely → Päätöksen tekeminen (virallinen hankintapäätös) → KOSTI-tilauksen tekeminen

Kuvio 6. Ilmakuvaustilauksen prosessi Helsingin kaupungilla (Gröhn 2018)

#### 4.3.2 Suunnittelusta

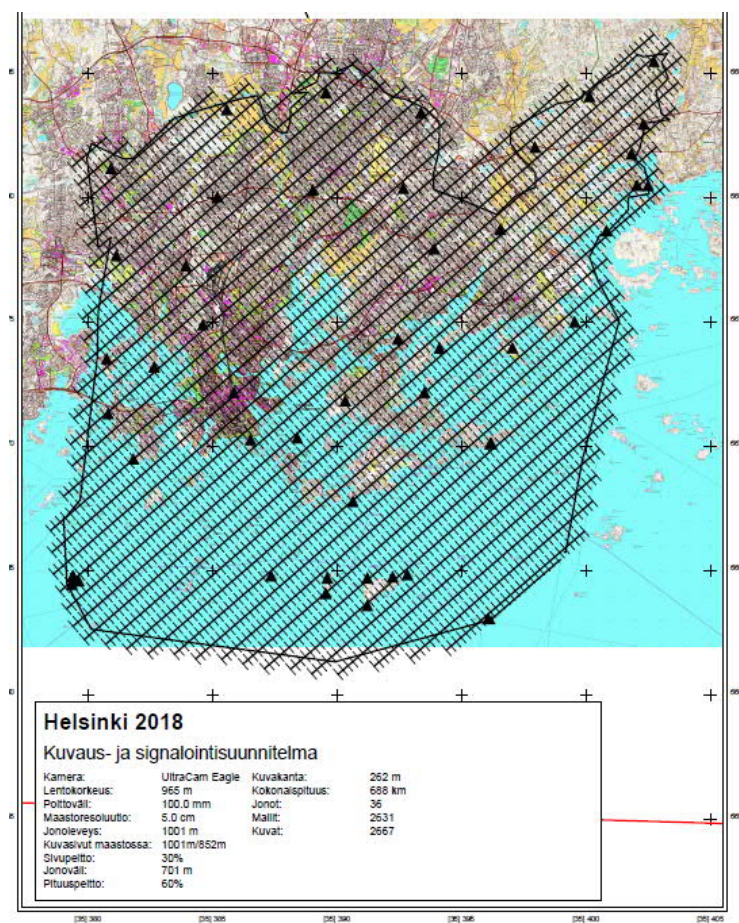
Ilmakuvauksen suunnittelussa on otettava huomioon useita seikkoja. Suunnittelun lähtökohtana on alue, jonka kartta halutaan tuottaa (Blom Kartta oy 2018). Suunnittelussa on otettava huomioon esimerkiksi ajankohta, joka on valittava sellaiseksi, jolloin taivas olisi pilvetön eikä puissa ole vielä lehtiä. Auringon korkeuskulma, jonka tulee olla vähintään 25 astetta, asettaa myös ajankohdan suunnitteluun haasteita. Yleensä kuvaus suoritetaan keväällä ennen lehtien tuloa tai joissain tapauksissa kesällä. (Kuntaliitto.fi 2018.) Helsingin kaupunki näistä ehdoista johtuen tilasi ilmakuvauksen keväälle 2018 (Helsinki 2018a).

Ilmakuvaussuunnitelma, johon sisältyy suunnitelmakartta ja sitä täydentävä selostus tehdään tarjouspyynnön laatimista varten (Laurila 2017). Kuvaussuunnitelmasta nähdään suunnitellun kuvausalueen rajat, kuvausjonot ja kuvanottoapaikat. (Kuntaliitto.fi 2018.) Maastokarttaa, johon kuvausjonot suunnitellaan, käytetään ilmakuvaussuunnitelmaa tukevana karttana tai kuvaussuunnitelmakarttana voi olla maastokarttoja vastaava numeerinen kartta.



Maastokartta on laadittu suhteessa 1:20000 tai 1:25000. (Laurila 2008, 50.) Kuvajonojen sijoittaminen kartalle auttaa kuvauksen navigoinnissa (Laurila 2008,55).

Tarjouspyynnön lisäksi ilmakuvaussuunnitelmassa on ilmakuvaussuunnittelun mittausteknistä toteutusta ohjaava tukipistesuunnitelma (Kuvio 9) ja signalointia ohjaava signalointisuunnitelma (Laurila 2017), joista enemmän luvussa 4.4.1. Kuviossa 7. on Terratec Oy:n laatima ilmakuvau- ja signalointisuunnitelma vuoden 2018 ilmakuvaukselle.



Kuvio 7. Terratec Oy:n laatima ilmakuvau- ja signalointisuunnitelma vuoden 2018 ilmakuvaukselle (Kuvaussuunnitelma Helsinki 2018 Eagle 2018, Terratec Oy:n luvalla)

Ilmakuvausten suunnittelu on ollut Suomessa tarkkaan ohjeistettu. Näin ei kuitenkaan enää ole. Tarkka ohjeistus koski filmikuvauksia. Esimerkiksi kaava-alueiden kartoitus oli ohjeistettu Maanmittauslaitoksen sekä Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seuran julkaisuissa. Tällaista ohjeistusta ei enää tarvita, sillä

digitaaliset kuvaukset ovat filmikuvauksia monimuotoisempia. Nykyisin riittää hyvä mittaustapa ja asiantuntijoilta saatu tieto. (Laurila 2008, 50; Laurila 2017.)

Ilmakuvauksen suunnittelua ohjaa kartoitusalueen mittausluokka varsinkin kaava-alueella (Laurila 2008, 51). Mittausluokat jaetaan kolmeen eri tarkkuuden omaavaan luokkaan. Tarkin luokka on 1, jota käytetään, jos on voimassa sitovan tonttijaon omaava asemakaava erittäin arvokkaalla maalla. Mikäli kartoitusta käytetään osana kunnan paikkatietojärjestelmää, luokka on 1e. Toista luokkaa käytetään, kun taajama-alueella ei ole sitovaa tonttijakoa ja kolmatta haja-asutusalueilla sekä ranta-asemakaava-alueilla. (JHS 185, 4.) Mittausluokka määrää millä korkeudella kuvaus suoritetaan ja millainen peitto valitaan. Taulukossa 3 on Kuntaliiton ilmakuvauksen vaatimukset mittausluokittain.

Taulukko 3. Maastoerotuskyky ja lentokorkeus mittausluokittain (Kuntaliitto.fi 2018)

Mittausluokka	Max GSD (m)	Max lentokorkeus (m)	Min pituuspeitto	Min sivupeitto
1e	0,05	800	60 %	60 %
1, 1:500	0,1	1600	60 %	30 %
1, 1:1000	0,1	1600	60 %	30 %
2, 1:1000	0,15	2400	60 %	30 %
2, 2:2000	0,15	2400	60 %	30 %
3	0,5	7000	60 %	30 %

Mittausluokan 1 karttojen mittakaavat ovat joko 1:500 tai 1:1000. Mittausluokan 2 kartta on epätarkempi mittakaavojen ollessa joko 1:1000 tai 1:2000. Mittausluokan 3 kartta on useimmiten mittakaavassa 1:2000, mutta 1:4000 tai 1:5000 kartta on myös mahdollinen, mikäli kaava mahdollistaa sen. Digitaalisella kartalla ei ole mittakaavaa vaan kerätyn tiedon tarkkuus vastaa sitä. (JHS 185, 5.)

Helsingin kaupungin vuoden 2018 ilmakehuvausta ohjaa mittausluokka 1e. 1e luokka vaaditaan, jotta stereokartoitukset voidaan suorittaa riittävällä tarkkuudella

(Helsinki 2018a). Taulukossa 4 on vuoden 2018 ilmakuvauksen teknisiä kuvauksia.

Taulukko 4. Vuoden 2018 ilmakuvauksen ilmakuvien tekniset vaatimukset (Helsinki 2018a)

<b>Tekninen vaatimus</b>
Kamera: suuriformaattinen ilmakuvamittakamera
Maastopikseliresoluutio: 5.0 cm (määräävä tekijä)
Pituuspeitto: n. 60 %
Sivupeitto: n. 30 %
Lentokorkeus: n. 600 m (muuttuva tekijä)
Kuvamittakaava n. 1/5000 (muuttuva tekijä)
Auringon korkeuskulma: n. 20 astetta (ei kriittinen)
Kuvapyramidit
Kuvat pakkaamaton tiilitetty (256) TIF-formaatti

#### 4.3.3 Tarjouspyynnön laatimisesta ja tarjousten käsittelystä

Tarjouspyynnön laatiminen on säädetty hankintalaissa (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 2016). Myös kuntaliitolla on ohje tarjouspyynnön laatimiseen. Tarjouspyyntöä haettaessa lomakkeessa tulee kuvata hankittava palvelu sekä palvelulle ja hankinnalle asetettavat vaatimukset. (Kuntaliitto.fi 2018.)

Helsingin kaupungin hankintamenettely on avoin ja päätös päätöksen teon jälkeen julkinen. Tämän vuoksi tarjoukset julkaistaan HILMAssa. (Helsinki 2018b.) HILMAan laitetaan julkaistavaksi kaikki sellaiset tarjoukset, jotka ylittävät hankintalain asettaman kynnyksarvon. HILMA on maksuton työ- ja elinkeinoministeriön ylläpitämä sähköinen ilmoituskanava julkisia hankintoja varten. (HILMA 2018.) Helsingin vuoden 2018 ilmakuvaushanke ylittää kynnyksarvon, joten se julkaistiin HILMAssa (Helsingin kaupunki 2018c). Tarjoaja voi kylläkin esittää tietoja liikesalaisuuksiksi erillisellä lomakkeella (Helsinki 2018b).

Helsingin kaupungilla tarjoajien soveltuvuuden arviointi perustuu hankintalakiin ja tarjouksessa esitettyihin tietoihin. Tarjoajat voidaan hylätä, mikäli tarjouksia ei ole mahdollista verrata tasapuolisesti ja mikäli tarjoajaa koskee jokin hankintalain 80 §:n ja 81 §:n mukainen sulkemisperuste. (Helsinki 2018b.) Hankintalain 80§ ja 81§ kuuluvat seuraavasti:

80 §:n pakolliset poissulkemisperusteet

*”Hankintayksikön on päätöksellään suljettava ehdokas tai tarjoaja tarjouskilpailun ulkopuolelle, jos hankintayksikön tiedossa on, että ehdokas tai tarjoaja taikka sen hallinto-, johto- tai valvontaelimen jäsen tai edustus-, päätös- tai valvontavaltaa käyttävä henkilö on rikosrekisteristä ilmenevällä lainvoimaisella tuomiolla tuomittu jostakin seuraavasta rikoksesta rangaistukseen:*

*1) rikoslain (39/1889) 16 luvun 13 §:ssä tarkoitettu lahjuksen antaminen, 16 luvun 14 §:ssä tarkoitettu törkeä lahjuksen antaminen, 16 luvun 14 a §:ssä tarkoitettu lahjuksen antaminen kansanedustajalle tai 16 luvun 14 b §:ssä tarkoitettu törkeä lahjuksen antaminen kansanedustajalle;*

*2) rikoslain 17 luvun 1 a §:ssä tarkoitettu osallistuminen järjestäytyneen rikollisryhmän toimintaan;*

*3) rikoslain 25 luvun 3 §:ssä tarkoitettu ihmiskauppa tai 25 luvun 3 a §:ssä tarkoitettu törkeä ihmiskauppa;*

*4) rikoslain 29 luvun 1 §:ssä tarkoitettu veropetos, 29 luvun 2 §:ssä tarkoitettu törkeä veropetos, 29 luvun 4 a §:ssä tarkoitettu työeläkevakuutusmaksupetos, 29 luvun 4 b §:ssä tarkoitettu törkeä työeläkevakuutusmaksupetos, 29 luvun 5 §:ssä tarkoitettu avustuspetos, 29 luvun 6 §:ssä tarkoitettu törkeä avustuspetos tai 29 luvun 7 §:ssä tarkoitettu avustuksen väärinkäyttö;*

*5) rikoslain 30 luvun 7 §:ssä tarkoitettu lahjominen elinkeinotoiminnassa, 30 luvun 7 a §:ssä tarkoitettu törkeä lahjominen elinkeinotoiminnassa, 30 luvun 8 §:ssä tarkoitettu lahjuksen ottaminen elinkeinotoiminnassa tai 30 luvun 8 a §:ssä tarkoitettu törkeä lahjuksen ottaminen elinkeinotoiminnassa;*

6) rikoslain 32 luvun 6 §:ssä tarkoitettu rahanpesu, 32 luvun 7 §:ssä tarkoitettu törkeä rahanpesu, 32 luvun 8 §:ssä tarkoitettu salahanke törkeän rahanpesun tekemiseksi tai 32 luvun 9 §:ssä tarkoitettu tuottamuksellinen rahanpesu;

7) rikoslain 34 a luvun 1 §:ssä tarkoitettu terroristisessa tarkoituksessa tehty rikos, 34 a luvun 2 §:ssä tarkoitettu terroristisessa tarkoituksessa tehtävän rikoksen valmistelu, 34 a luvun 3 §:ssä tarkoitettu terroristiryhmän johtaminen, 34 a luvun 4 §:ssä tarkoitettu terroristiryhmän toiminnan edistäminen, 34 a luvun 4 a §:ssä tarkoitettu koulutuksen antaminen terrorismirikoksen tekemistä varten, 34 a luvun 4 c §:ssä tarkoitettu värväys terrorismirikoksen tekemiseen tai 34 a luvun 5 §:ssä tarkoitettu terrorismin rahoittaminen.

Hankintayksikön on päätöksellään suljettava ehdokas tai tarjoaja tarjouskilpailun ulkopuolelle, jos hankintayksikön tiedossa on, että ehdokkaan tai tarjoajan hallinto-, johto- tai valvontaelimen jäsen tai edustus-, päätös- tai valvontavaltaa käyttävä henkilö on rikosrekisteristä ilmenevällä lainvoimaisella tuomiolla tuomittu rikoslain 47 luvun 1 §:ssä tarkoitettusta työturvallisuusrikoksesta, 47 luvun 2 §:ssä tarkoitettusta työaika-suojelurikoksesta, 47 luvun 3 §:ssä tarkoitettusta työsyrynnästä, 47 luvun 3 a §:ssä tarkoitettusta kiskonnantapaisesta työsyrynnästä, 47 luvun 5 §:ssä tarkoitettusta työntekijöiden järjestäytymisvapauden loukkaamisesta tai 47 luvun 6 a §:ssä tarkoitettua luvattoman ulkomaisen työvoiman käytöstä.

Hankintayksikön on suljettava tarjouskilpailusta ehdokas tai tarjoaja myös muussa valtiossa 1 tai 2 momentissa mainittua rikosta vastaavasta rikoksesta annetun lainvoimaisen tuomion perusteella.

Hankintayksikön on suljettava tarjouskilpailusta myös ehdokas tai tarjoaja, joka on lainvoimaisella päätöksellä tai tuomiolla todettu laiminlyöneen velvollisuutensa maksaa Suomen tai sijoittautumismaansa veroja tai sosiaaliturvamaksuja. Edellä säädettyä ei kuitenkaan sovelleta, jos ehdokas tai tarjoaja on maksanut verot tai sosiaaliturvamaksut taikka sopinut sitovasta järjestelystä niiden maksamista varten.

Ehdokasta tai tarjoajaa ei saa sulkea tarjouskilpailusta, jos 1—3 momentissa tarkoitettua rikosta tai 4 momentissa tarkoitettua laiminlyöntiä koskevan

*lainvoimaisen tuomion antamisesta on kulunut yli viisi vuotta.” (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 2016.)*

81 §:n harkinnanvaraiset poissulkemisperusteet

*”Hankintayksikkö voi päätöksellään sulkea tarjouskilpailun ulkopuolelle ehdokkaan tai tarjoajan:*

*1) joka on konkurssissa tai purettavana tai keskeyttänyt liiketoimintansa taikka jonka velkoja on vahvistetulla akordilla, saneerausohjelmalla tai muussa vastaavassa lainsäädäntöön perustuvassa menettelyssä järjestelty;*

*2) jonka konkurssiin asettaminen tai purkaminen taikka muu 1 kohdassa tarkoitettu menettely on vireillä;*

*3) joka on ammattitoiminnassaan syylistynyt sen luotettavuuden kyseenalaistavaan vakavaan virheeseen, jonka hankintayksikkö voi näyttää toteen;*

*4) joka on laiminlyönyt velvollisuutensa maksaa Suomen tai sijoittautumismaansa veroja tai sosiaaliturvamaksuja ja jonka hankintayksikkö voi näyttää toteen muulla kuin lainvoimaisella päätöksellä tai tuomiolla;*

*5) joka on rikkonut Suomen tai Euroopan unionin lainsäädännön, työehtosopimusten taikka liitteessä C lueteltujen kansainvälisten sopimusten ympäristö-, sosiaali- ja työoikeudellisia velvoitteita, ja hankintayksikkö voi näyttää rikkomuksen toteen;*

*6) joka on tehnyt muiden toimittajien kanssa sopimuksia, joilla pyritään vääristämään kilpailua, ja hankintayksikkö voi näyttää tämän toteen;*

*7) jonka eturistiriitaa hankintamenettelyssä ei voida tehokkaasti poistaa muilla toimenpiteillä;*

*8) jonka osallistuminen hankintamenettelyn valmisteluun on vääristänyt kilpailua, eikä vääristymää voida poistaa muilla vähemmän rajoittavilla toimenpiteillä; ennen poissulkemista ehdokkaalle tai tarjoajalle on annettava*

*mahdollisuus osoittaa, ettei sen osallistuminen hankinnan valmisteluun ole johtanut tasapuolisen ja syrjimättömän hankintamenettelyn vaarantumiseen;*

*9) jonka suorituksissa aikaisemmissa hankintasopimuksissa tai käyttöoikeussopimuksissa on ollut merkittäviä tai toistuvia puutteita jonkin keskeisen vaatimuksen toteuttamisessa; lisäedellytyksenä on, että puutteet ovat johtaneet kyseisen aikaisemman sopimuksen ennenaikaiseen irtisanomiseen, purkamiseen, vahingonkorvauksiin tai muihin vastaaviin sanktioihin;*

*10) joka on syyllistynyt olennaisesti väärrien tietojen antamiseen ilmoittaessaan hankintayksikölle tässä luvussa tarkoitettuja tietoja tai laiminlyönyt vaadittavien tietojen antamisen;*

*11) joka on pyrkinyt vaikuttamaan epäasianmukaisesti hankintayksikön päätöksentekoon, saamaan luottamuksellisia tietoja, joiden avulla se voi saada perusteetonta etua hankintamenettelyssä tai tarkoituksellisesti antamaan harhaanjohtavia tietoja, jotka voivat vaikuttaa olennaisesti tarjoajan tai tarjouksen valintaa koskeviin päätöksiin.*

*Mitä 1 momentin 3, 5 ja 6 kohdassa säädetään ehdokkaasta ja tarjoajasta, sovelletaan myös, kun virheeseen tai rikkomukseen syyllistynyt tai velvollisuuden laiminlyönyt on ehdokkaan tai tarjoajan hallinto-, johto- tai valvontaelimen jäsen tai edustus-, päätös- tai valvontavaltaa käyttävä henkilö. Poissulkemista koskevassa harkinnassa voidaan ottaa huomioon muun muassa virheen, rikkomuksen tai laiminlyönnin vakavuus, yhteys hankinnan kohteeseen, kulunut aika sekä mahdolliset muut aiheutuneet seuraamukset.*

*Edellä 1 momentin 4 kohdassa säädettyä ei sovelleta, jos ehdokas tai tarjoaja on maksanut verot tai sosiaaliturvamaksut taikka sopinut sitovasta järjestelystä niiden maksamista varten.*

*Ehdokasta tai tarjoajaa ei saa sulkea tarjouskilpailusta, jos 1 momentissa tarkoitettusta tapahtumasta on kulunut yli kolme vuotta.” (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 2016.)*

Tarjoaja voidaan myös sulkea pois, mikäli alihankkija ei hankintayksikön asettamia minimivaatimuksia täytä (Helsinki 2018b).

Helsingin kaupunki valitsee ilmakuvauskuksen suorittavan yrityksen painottamalla hintaa 80 %:lla ja laatua 20 %:lla. Laatuksiteerit jakautuvat vielä puoliksi yrityksen referenssien ja laatuksijrjestelmän kesken. (Helsinki 2018b.) Kaupungin käyttämät kriteerien laskennassa käytetyt kaavat ovat kaavassa 1 ja 2.

Kokonaishinnan maksimipisteet:

$$\frac{\text{pienin annettu arvo}}{\text{tarjottu arvo}} * \text{maksimipisteet} \quad (1)$$

Laadun maksimipisteet:

$$\frac{\text{tarjottu arvo}}{\text{suurin annettu arvo}} * \text{maksimipisteet} \quad (2)$$

Painotus on siis hyvin hintapainotteinen. Pisteytyksen ollessa lähes tasan, voidaan käyttää hyväksi havaittua yritystä, vaikka hinta ei olisikaan edullisin (Gröhn 2018). Laadulle, lähinnä referensseille ja laatuksijrjestelmälle ei ole asetettu minimivaatimuksia, joten tuntemattoman yrityksen tarjotessa huomattavasti alhaisemman hinnan, se tulee valituksi. UAV-kuvaukset saadaan suljettua pois asettamalla ehdoksi 1e-luokan kuvaus ja suuriformaattinen mittakamera. (Ingberg 2018.)

Päätöksen jälkeen tehdään valitun yrityksen kanssa sopimus ja KOSTI-tilaus. KOSTI on Helsingin kaupungin käyttämä ostotilausjärjestelmä, jolla saadaan lähetettyä tilaukset tarjouskilpailun voittaneelle yritykselle. Tilauksessa kuvataan, millaisesta tilauksesta on kysymys, merkitään tarjouspyynnön numero ja kokonaishinta. (Mattila 2018.)



## 4.4 Maastotöistä

### 4.4.1 Helsingin kaupungin maastotöiden vaiheista ilmakuvauksen yhteydessä

Maastotyöt ovat oleellinen osa ilmakuvauksen prosessia. Ilman maastotöitä, ilmakuvauksen suorittaminen olisi mahdotonta. Maastotöillä helpotetaan ilmakuvauksen prosessia (Gröhn 2018.).

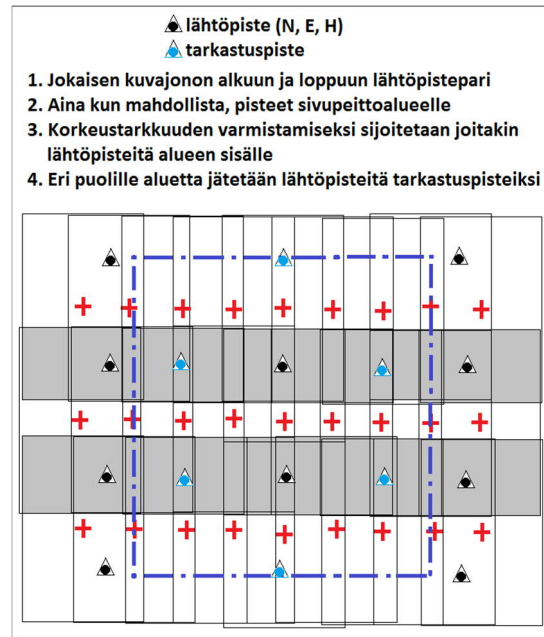
Helsingin kaupungin ilmakuvauksen maastotöiden yhteyteen kuuluu signalointi- ja tukipistesuunnitelman pyytäminen. Sen tekee ilmakuvauksen suorittava yritys. Maastossakin suoritettavia tehtäviä kuuluu tähän vaiheeseen, kuten signalointi. Lopuksi mittaukset toimitetaan työn suorittajalle. Kuviossa 8 on Helsingin kaupungin ilmakuvauksen yhteydessä tehtävien maastotöiden prosessi ja maastotöiden vaiheista enemmän luvuissa 4.4.2 ja 4.4.3.

Signalointi/tukipistesuunnitelman pyytäminen → Mittaukset maastossa →  
Mittaukset toimitus työn suorittajalle

Kuvio 8. Helsingin kaupungin ilmakuvauksen yhteydessä tehtävien maastotöiden prosessi (Gröhn 2018)

### 4.4.2 Signaloinnin tukipisteiden suunnittelusta

Signaloinnin suunnitteluun kuuluu tukipistesuunnitelman (Kuvio 9) laatiminen. Tukipistesuunnitelmasta nähdään, missä lähtöpisteet sijaitsevat ja mitkä ovat ulkoisen orientoinnin tukipisteet. (Laurila 2008, 50.) Tukipisteillä varmistetaan, että kuvamittaukset ovat laadukkaita ja sopivat alueen kiintopisteverkkoon (Laurila 2017).



Kuvio 9. Esimerkki tukipistesuunnitelmasta (Laurila 2017)

Signalointisuunnitelma laaditaan siis tukipistesuunnitelman yhteydessä. Signalointisuunnitelmasta nähdään, mitkä ovat signaloitavat pisteet, mikä on signaalikoko (taulukko 5.) ja signalointitapa. (Laurila 2008, 50.) Kuvaussuunnitelma on digitaalinen ja toimitetaan tilaajalle esimerkiksi pdf-muodossa. (Kuntaliitto.fi 2018.)

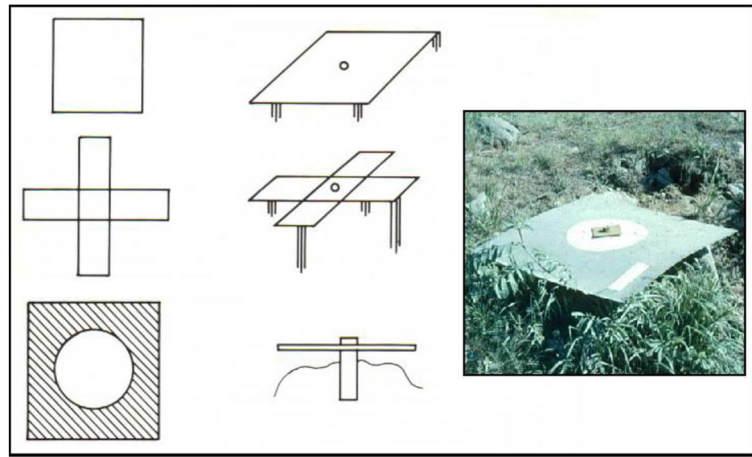
Taulukko 5. Signaalien koko (Kuntaliitto.fi 2018)

GSD (m)	Signaali- siiven leveys (m)	Signaali- siiven pituus (m)
0,05	0,1	0,6
0,1	0,1	1,0
0,15	0,2	1,2
0,5	0,4	3,5

Helsingin kaupunki tilasi Terratec Oy:ltä tukipistesuunnitelman vuoden 2018 ilmakuvauksiin. Merialueesta johtuen luonnolliset tukipisteet ovat Helsingin kaupungille tärkeitä, koska niitä voidaan käyttää myös tulevaisuudessa tehtävissä ilmakuvauksissa. (Gröhn 2018.) Signaloinnista kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

#### 4.4.3 Signalointipisteiden mittauksesta

Signaloinnin tarkoituksena on selventää esimerkiksi jonkin runkopisteen sijainti ilmakuvassa. Usein pisteen ympärille lisätään jotain, joka selventää sen sijaintia ja helpottaa havainnoimista usean kilometrin korkeudelta. Paljon käytetty, todennäköisesti yleisin, signalointitapa on pisteen ympärille laitettu valkoinen risti (Kuvio 10), joka on joko maalattu tai jollain muulla tapaa kohteeseen kiinnitetty. (Vinni 2003; Laurila 2017.)



Kuvio 10. Esimerkkejä signalointitavoista (Laurila 2008, 54)

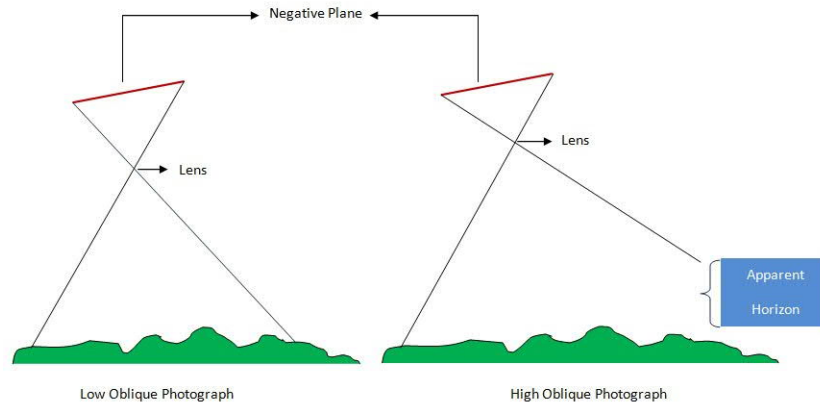
Risti sijoitetaan siten, että kartoitettava piste jää ristin sakaroiden leikkauspisteeseen. Mikäli olosuhteista johtuen ei saada tehtyä symmetristä ristiä, voidaan tehdä T:n muotoinen risti. Tällöisiä tapauksia on esimerkiksi pisteen jääminen rakennuksen katveeseen. (Aalto-yliopisto 2008.) Signaloitujen pisteiden määrä riippuu käytettävästä paikannuksesta (taulukko 6). Helsingin kaupungilla kaupunkimittauspalvelut mittaa signalointimittaukset (Helsinki 2018d).

Taulukko 6. Tukipisteiden määrä (Kuntaliitto.fi 2018; Laurila 2017)

Menetelmä	Maastotukipisteiden määrä	Menetelmä	Maastotukipisteiden määrä
Yksittäisen mallin orientointi	4	DGNSS tuettu blokki ilman poikkijonoja	Vähintään 3 satunnaisesti jakautunutta tukipistettä blokin alueella. Blokin nurkissa 3D tukipisteet, tuplapisteet ovat suositeltavia.
Blokkitasoitus ilman DGNSS-tukea	Yksi 2D/3D tukipiste neljän kuvauskannan välein blokin reunoilla. Yksi korkeuslähde kaikilla kuvausjonoilla blokin poikki neljän kuvauskannan välein ja kuvausjonojen päissä.	DGPS/IMU tuettu blokki (ei poikkijonoja)	Blokin nurkissa 3D tukipisteet, tuplapisteet suositeltavat.
DGNSS tuettu blokki, poikkijonot	Yksi 3D tukipiste kussakin blokin nurkassa (tuplapisteet ovat suositeltavat). Epäsäännöllisissä blokeissa voidaan tarvita enemmän poikkijonoja ja tukipisteitä.		

#### 4.5 Ilmakuvauksesta

Ilmakuvaus perustuu kolmiointiin (GIS Resources 2014). Ilmakuvakartoitukset pyritään tekemään pystykuvauksena lentokoneeseen kiinnitetyillä kameroilla ja stereokuvauksena (AABSys 2018). Kuva voi tosin olla olosuhteista johtuen myös viistokuva. Lentokone ei käytännössä koskaan mene suoraan, vaan se heiluu eri suuntiin. (GIS Resources 2014.) Mikäli kuvauskulma on alle 5 gon, puhutaan pystykuvauksesta (Laurila 2008, 42). Viistokuvaus jaetaan vielä matalaan ja korkeaan viistokuvaukseen (Kuvio 11). Matalassa viistokuvauksessa, jota myös vinokuvaukseksi kutsutaan, horisontti on kuvan ulkopuolella. Korkeassa vinokuvauksessa se puolestaan on sisäpuolella. Korkeaa vinokuvausta kutsutaan myös laakakuvaukseksi. (Aalto-yliopisto 2008.)



Kuvio 11. Viistokuvauksen eri vaihtoehdot (GIS Resources 2014)

Lentosuunnaksi valitaan useimmiten itä-länsisuunta, koska tällöin Auringon aiheuttamien varjojen häiriö stereomittaukseen saadaan minimoitua. Tässä suunnassa kuvien tarkastelu helpottuu, koska stereokojeen kuvat ovat kartan asennon kanssa yhtäläisiä. (Laurila 2008, 55.) Lennot voidaan suorittaa myös pituussuuntaan. Näin toimitaan, jos alueella on selkeä pituussuunta ja kuvaukset ovat digitaalisia. Pituussuunnassa saadaan jonojen ja kuvien määrää vähennettyä. (Laurila 2017.)

Helsingin kaupungin vuoden 2018 ilmakuvauksen palvelukuvauksesta on lentosuunta jätetty pois. Kuvauksen suunnan valinta on kuvausta tekevällä yrityksellä. (Ingberg 2018.) Terratec Oy:n suunnittelema suunta oli viisto. Suunnan valintaan vaikutti Helsinki-Vantaan lentokentän kiitoratojen suunta. Lentosuunnaksi vuonna 2018 valittiin kuitenkin suunnitelmasta poiketen itä-länsi. (Biström 2018.)

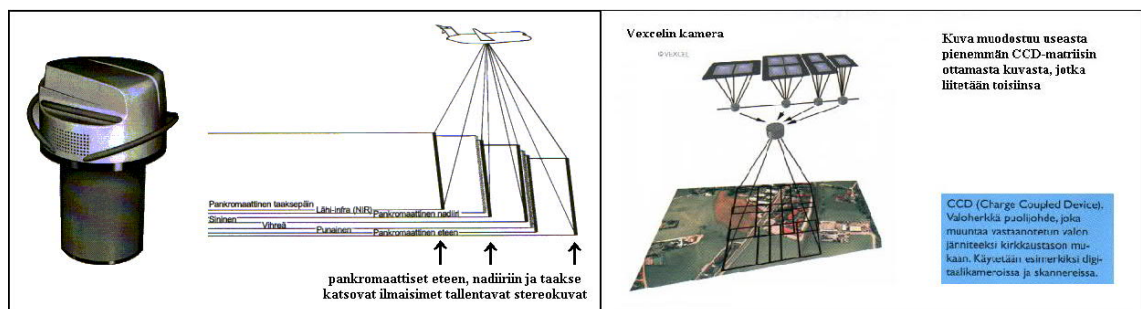
Kuviossa 12 on Helsingin kaupungin ilmakuvauksen prosessi.

Ilmakuvaaminen → Kuvien ja orientointifilen toimittaminen tilaajalle

Kuvio 12. Helsingin kaupungin ilmakuvausprosessi (Gröhn 2018)

#### 4.6 Digitaalisista ilmakuvauuskameroista

Digitaalisissa ilmakuvauuskameroissa on filmin sijaan CCD-kenno (Saarinen 2007, 3). CCD-kenno on valoherkkäkenno, jossa sähkömagneettinen säteily muunnetaan digitaalisiksi signaaliksi (Saarinen 2007, 3; Terhokoski 2015, 8). Digitaaliset ilmakuvakamerat luokitellaan matriisikameroihin ja rivikameroihin (Saarinen 2007, 3–4). Matriisikamera on monimutkainen rakenteeltaan ja sen kuva muodostetaan useasta pienestä matriisista (Saarinen 2007, 3; Laurila 2008, 30). Rivikamera puolestaan skannaa maata kuten kaukokartoitusatelliitit. Se on siis rakenteeltaan lentosuunnan mukainen keilain. Yksinkertaisella rivikameralla ei saada stereokuvaa muodostettua, vaan siihen vaaditaan useampia CCD-ilmalenssejä. Yleensä stereoskooppinen kuvaus tehdään kolmen sensorin avulla, jotka on suunnattu alas, eteen ja taakse. Rivikameran ja matriisikameran idea on esitetty kuviossa 13.



Kuvio 13. Rivikamera ja matriisikamera (Laurila 2008, 30)

Helsingin kaupungin ilmakuvatilauksessa vuonna 2018 edellytettiin suuriformaattisen ilmakuvakameran käyttöä (Helsinki 2018d). Kameran valintaan vaikuttaa kuva- ja stereomallin koko. Stereomallin koko vaikuttaa kartoitusmukavuuteen ja mahdollisesti myös tarkkuuteen. Mitä vähemmän stereomallia tarvitsee vaihtaa, sen parempi. (Gröhn 2018.) Kamerana oli Vexcel UltraCam Eagle lennonjohdon asettamista rajoituksista ja säätilasta johtuen. Toisena vaihtoehtona oli saman valmistajan UltraCam Eagle Mk3. (Biström 2018.) UltraCam Eagle on monikamerajärjestelmä, jossa pankromaattinen kuvakoko on 20010\*13080 pikseliä. Kamerassa on kaksi linssijärjestelmää. Ne ovat 80 mm:n PAN/27 mm:n RGB/NIR ja 210 mm:n PAN/70 mm:n RGB/NIR linssit. (Saarinen 2007.)

## 4.7 Ilmakuvausaineiston käytöstä

### 4.7.1 Kuvien tallennuksesta ja käytöstä

Ilmakuvausaineisto, siis valmiit ilmakuvat ja ortokuvat viedään palvelimelle. Ortokuvissa tulee olla heikennyksiä sotilasalueilla. Heikennetyt kuvat tulevat julkiseen jakoon, mutta tarkempia on kaupungin sisäisessä käytössä. Heikentämättömiä ilmakuvia käytetään stereokartoitukseen. (Gröhn 2018.) Kuviossa 14 on kaavio Helsingin kaupungin ilmakuvien käytöstä ja luvussa 4.8.2 kerrotaan tarkemmin stereokartoituksesta.

Ilmakuvien ja mahdollisten ortokuvien vienti palvelimelle → Stereokartoitus  
ilmakuilta

Kuvio 14. Ilmakuvausaineiston käyttö Helsingin kaupungilla (Gröhn 2018)

### 4.7.2 Kuvien orientoinnista

Ilmakuvista ei saa mitattua maastokohteen sijaintia, ellei kuvien ja kohteiden välistä yhteyttä tiedetä. Sen vuoksi on selvitettävä missä asennossa kamera on kuvaushetkellä ollut. Harvoin, jos koskaan käytännössä pystytään täysin noudattamaan alkuperäistä kuvaussuunnitelmaa. Tähän vaikuttaa kuvaolosuhteet yläilmoissa, kuten lentokoneen sijainti ja kuvauksen ajoitus. Tähän ratkaisu on blokkitasoitus. (Vinni 2003.)

Ensimmäinen työvaihe on kuvien sisäinen orientointi. Kuvien sisäinen orientointi tarkoittaa kameran projektiokeskuksen sijainnin selvittämistä filmiin nähden. Keskinäisessä orientoinnissa, joka on seuraavana vuorossa, selvitetään blokin kuvien sijainnit ja asennot toisiinsa nähden. Keskinäinen orientointi tehdään kiinnittämällä kuvat blokeiksi maastokohteiden avulla, jotka esiintyvät usealla kuvalla. Maastokohteet ovat pieniä ja selviä maaston kohtia, kuten esimerkiksi tienristeyksiä. (Vinni 2003.)

Kolmas työvaihe on absoluuttinen orientointi. Absoluuttisessa orientoinnissa käytetään maanpinnan pisteitä, joiden sijainti on tarkasti tiedossa. Pisteet ovat

geodeettisilla mittauksilla mitattuja runkopisteitä tai pisteitä, joiden sijainti on ilmakuviin avulla selvitetty. Runkopisteet eivät sellaisenaan näy vaan ne täytyy saada selvemmin näkyviin. Tätä kutsutaan signaloinniksi, jota käsittelemme luvussa 4.4.2. Fotogrammetriset pisteet puolestaan ovat suuria selkeästi havaittavia pisteitä, kuten vaikkapa siirtolohkareita. Orientointia varten pitää tukipisteiden sijainti ilmakuvilta selvittää. Tämän selvittyä voidaan yhdistää ilmakuvat ja maastokohteet sekä selvittää koko blokin sijainti maahan nähden. (Vinni 2003.) Kuten luvussa 4.2.2 on mainittu, Helsingin kaupunki käyttää kuvista orientointia vain silloin, kun ei ole pistetihennystä (Gröhn, 2018).

#### 4.8 Kantakartan laatiminen stereokartoituksen avulla

##### 4.8.1 Helsingin kaupungin kantakartasta

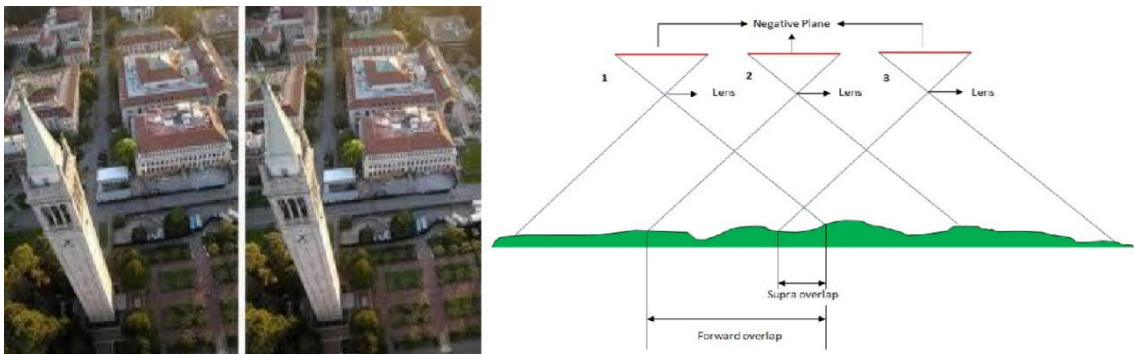
Helsingin kaupungin kaupunkimittauspalvelun ylläpitämää kantakarttaa käytetään yhdyskuntarakentamisen suunnittelun ja kaavoituksen pohjana. Se on saatavana digitaalisessa aineistossa mittakaavassa 1:500. Kantakartta on mm. asemakaavan pohja ja sitä käytetään myös joidenkin erikoiskarttojen luomisessa. Kantakarttaa pidetään ajan tasalla jatkuvasti ja se on tarkin mahdollinen paikkatietoaineisto, joka on Helsingin kaupungilta saatavana. (Helsingin kaupunki.)

Kantakartta on monipuolinen paikkatietoaineisto. Sieltä löytyy mm. rakentamiselle ja suunnittelulle tärkeitä maastokohteita. Näiden lisäksi kantakartalta löytyvät esimerkiksi kiinteistöt, korkeustiedot, liikenneväylät, rakennukset, runkopisteet sekä kaupunginosajako. (Helsingin kaupunki.) Kantakartta on saatavana digitaalisessa aineistossa useana erilaisena versiona. Siihen saa esimerkiksi vain pääkohteet tai väriksi voi valita joko harmaan tai valkoisen. (Helsinki 2018c.) Kartta ei kata koko Helsingin aluetta. Siitä näkyy kohteet kaupungin maa-alueelta, joistakin saarista ja osasta merialuetta tarkkuudella 5-25 cm maastossa. Se on saatavana julkisesti Helsingin karttapalvelussa ja sisäisesti paikkatietovipusessa. Kantakartta on tallennettu dgn-muodossa ja se soveltuu siten MicroStation ohjelmiston kanssa käytettäväksi. (Helsingin kaupunki.)



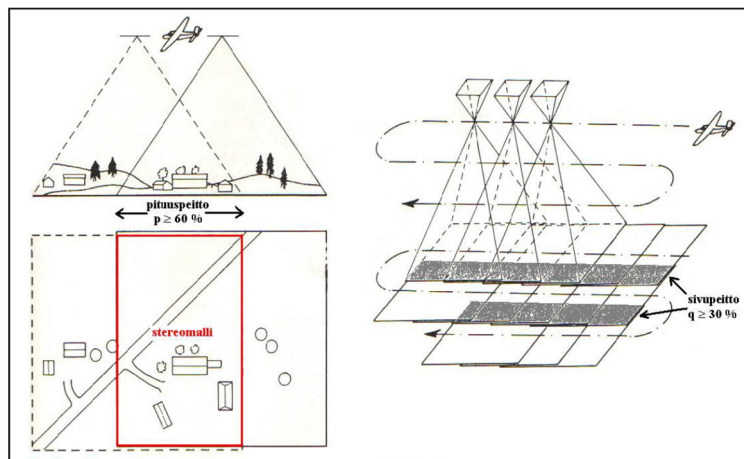
#### 4.8.2 Stereokartoituksesta

Stereokartta on kartta, jossa stereonäkymä saadaan aikaiseksi stereomallin avulla (ArcGIS Pro 2018). Stereokuvan, joka on esitetty kuviossa 15 vaatimuksena on kartoitettavan alueen kohdan esiintyminen vähintään kahdella eri suunnasta otetulla kuvalla (GIS Resources 2014). Stereokartan stereomalli koostuu stereoparista tai stereomallien kokoelmasta. Stereomallin kokoelmaa käsitellään mosaiikkikuvana. Stereokartassa käytetään stereomallin vasenta ja oikeaa kuvaa stereokuvan muodostamiseksi. Kuvan muodostumisesta tarkemmin luvussa 4.8.3. Stereonäkymä on helpommin tulkittavissa kuin kaksiulotteinen kuva. Kolmiulotteisesta kuvasta on helpompi hahmottaa esimerkiksi topografiaa ja monimutkaisia rakennusten rakenteita. (ArcGIS Pro 2018).



Kuvio 15. Stereokuvan muodostuminen (GIS Resources 2014)

Suuremmalta alueelta saadaan stereokuvaa, kun otetaan useita peräkkäisiä keskenään päällekkäin meneviä kuvia eli kuvajonoja. Kuvablokki sisältää useita vierekkäisiä kuvajonoja. Kuvablokit saadaan muodostettua vain, jos vierekkäiset jonot menevät jonkin verran päällekkäin. (Vinni 2003; GIS Resources 2014.) Hyvän stereoparin muodostamiseen pituuspeiton tulisi olla noin 60 % ja sivupeiton noin 30 % (Gis Resources 2014). Sivupeiton ja pituuspeiton muodostuminen näkyy kuviossa 16.



Kuvio 16. Pituus- ja sivupeitto (Laurila 2008, 45)

#### 4.8.3 Stereotyöasemasta

Stereokartoitukseen tarvitaan erityistä digitaalista stereotyöasemaa. Laitteisto sisältää valon polarisaatioon perustuvan 3D-näytönohjaimen, stereolasit ja 3D-hiiren. Stereolaseilla stereonäkymä saadaan aikaan avaamalla ja sulkemalla stereolasien sulkimia samaan tahtiin. Vasemman kuvan ollessa näytöllä vasemman linssin suljin on auki ja samoin menetellään oikealla puolella. Siten saadaan näkymään stereomallin vasemmanpuoleinen kuva vasemmalla linssillä ja oikeanpuoleinen kuva oikealla. (Laurila 2008, 61.)

Stereotyöskentely vaatii myös grafiikkaympäristön. Grafiikkaympäristönä on MicroStation ohjelma. (Laurila 2008, 62.) Helsingin kaupunki käyttää stereokartoitukseen DAT/EM Summit Evolution -stereokartoitusohjelmistoa (Helsinki 2018d) ja grafiikkaympäristönä MicroStation V8i SS4 -ohjelmistoa Stella Map -lisäosalla varustettuna (Helsinki 2014). Kaupungilla on kaikkiaan kolme stereotyöasemaa, joista yksi on harjoituskäytössä. Työasemat eroavat toisistaan hiiren osalta. Harjoitustyöasemassa käytetään 2D-hiirtä, kun taas kantakartan piirtämiseen 3D-hiirtä. 3D-hiiretkin ovat erilaisia. Toinen hiiristä on perinteinen kampien käyttöön perustuva hiiri ja toinen uuden mallinen Stealth 3D-hiiri (Kuvio 17). (Gröhn 2018.) Helsingin kaupungin käytössä olevia ohjelmia avataan luvuissa 4.8.4 ja 4.8.5.



Kuvio 17. Helsingin kaupungin käytössä oleva stereokartoituksen kampi käyttöinen työasema ja Stealth 3D-hiiri

#### 4.8.4 DAT/EM Summit Evolutionista

DAT/EM Systems International on Yhdysvaltain Alaskassa toimiva yritys, joka kehittää fotogrammetrisia ohjelmistoja. Yritys toimii Anchorageassa ja on toiminut jo vuodesta 1987. Eräs yrityksen kehittämä ohjelmisto on Summit Evolution. (DAT/EM Systems International 2018.)

Summit Evolutionilla voi stereotiedostoista useilla erilaisilla työkaluilla käsitellä 3D-tietoja. Ohjelmistossa on mm. CAD- ja GIS-rajapinnat ja 3D-stereovektorisovitus. Summit Evolutionin kuvamäärytykset saa digitalisoitua esimerkiksi AutoCAD tai MicroStation -ohjelmistoihin. (DAT/EM Systems International 2018.)

Summit Evolutionista on saatavana viisi eri versiota: Professional, Feature Collection, UAS, Lite ja Mobile. Professional versiossa on esimerkiksi orientointimahdollisuus. Feature Collectionissa tätä ei ole, vaan orientointi on tehtävä muualla. Lite on versio, joka on suunniteltu esimerkiksi GISin käyttäjille. Mobile on samankaltainen kuin Summit Evolution Lite ja Summit UAS:ää voidaan käyttää UAS-tietojen, kuten pistepilvien, analysointiin. (DAT/EM Systems International 2018.) Helsingin kaupunki käyttää Professional versiota (DAT/EM Systems International 2007). Summit Evolutionin stereokartoitukseen käytettävistä työkaluista on kerrottu kantakartan piirtämisestä kertovan kappaleen yhteydessä luvussa 4.8.7.

#### 4.8.5 MicroStation V8i ja Stella Mapista

MicroStation on Bentley Systemsin kehittämä ja myymä kaksi- ja kolmiulotteisen vektorigrafiikan piirtämisen mahdollistama ohjelmisto. Uusin MicroStation V8i versio soveltuu vain Windows käyttöjärjestelmiin. Se lukee muitakin CAD-muotoja, kuten Dwg-tiedostoja, mutta sen tiedostomuoto on Dgn. (Bentley Systems 2010.) V8i tuli markkinoille loppuvuodesta 2008. Ensimmäinen päivitys V8i (SELECTseries 1) tuli vuoden 2009 loppupuolella (Orre 2013, 16). Nyt on jo neljäs päivitys V8i (SELECTseries4), joka tuli markkinoille vuonna 2016 (EnvisionCAD 2016).

Stella Map on MicroStationin päällä toimiva karttaohjelmisto, joka on Bentley Systemsin kehittämä (StellaMap). Järjestelmä toimii Windows -ympäristössä ja vaatii noin 200 MB:n levytilan (Bentley 2014a, 5). Stella Mapissa on useita eri käyttötarkoitukseen tarkoitettuja osia. Kartan tekemistä varten siinä on karttaosa. Tämä kotimainen tuote on sovellusohjelma kartta- ja paikkatietoa varten. (Bentley 2014b, 4.)

Stella Map (karttaosa) käyttöohjeessa kuvataan ohjelmistoa näin: ”Stella Map (karttaosa) sisältää välineet geodeettiseen laskentaan, ympäristön tietojen tallentamiseen sekä kiinteistömuodostukseen. Stella Map -ohjelmisto tuottaa kolmiulotteista aineistoa. Stella Map -ohjelmisto tarjoaa myös rasteriaineiston tehokkaan käytön vektoriaineiston kanssa. (Bentley 2014b, 4.)

Stella Map -ohjelmistoon on sisällytetty maastokohteiden kuvaustekniikka ja ominaisuustiedot. Kohteita, ominaisuustietoja kuvaustekniikkaa ylläpidetään erillisellä GeoSpatialAdministrator (GSA) -ohjelmistolla. Kohteissa on huomioitu KuntaGML -tiedonsiirtoformaatti ja soveltuvin osin kaavapohjakartta 1997 -ohjetta. Käyttäjällä on mahdollisuus luoda omia kohteita ja muokata sekä kuvaustekniikkaa että ominaisuustietoja oman tuotantoympäristönsä mukaiseksi. (Bentley 2014b, 4.)

Stella Map -ohjelmistossa on molempiin suuntiin toimiva tiedonsiirtomahdollisuus tekstimuotoisen tiedonsiirron kirjoittamiseen. Perusgrafiikka-ohjelmisto MicroStation mahdollistaa Stella Map -aineiston muunnon Autocad-kuvatiedostoksi (DWG- ja DXF-formaatit) sekä Autocad-kuvatiedostojen

muunnon MicroStation -kuvatiedostoiksi. Bentley Map -alustaohjelmisto mahdollistaa Stella Map aineiston tiedonsiirron ESRI (shp) ja MapInfo (tab) -muotoon sekä kyseisten aineistojen muunnon MicroStation -kuvatiedostoiksi ominaisuustietoineen.” (Bentley 2014b, 4.) Stella Mapin kartan piirtoon käytettävistä työkaluista on kerrottu kantakartan piirtämisestä kertovan kappaleen yhteydessä luvussa 4.8.7.

#### 4.8.6 JHS 185 suosituksista

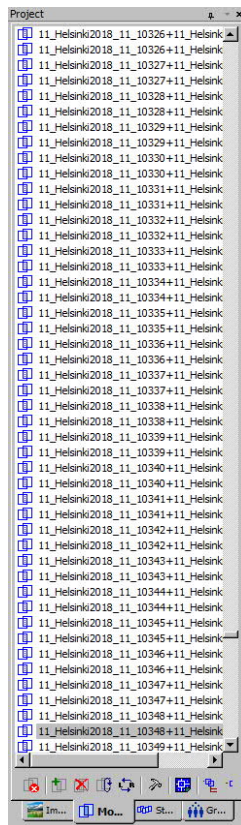
Julkisen hallinnon suositus (JHS) 185 sisältää vaatimukset asemakaavan pohjakartan laatimiselle. Siinä kerrotaan, millainen pohjakartan tietosisältö on, miten pohjakarttaa voidaan mallintaa, millaisia laatuvaatimuksia pohjakarttaan liittyy, miten asemakaavan pohjakartta voidaan esittää ja miten asemakaavan pohjakartan laadunvalvonta tapahtuu. Lisäksi JHS 185:ssä on määritelty kartan laatimiseen liittyviä termejä, eri mittausluokat ja niiden mittakaavat ja pohjakartassa käytettävä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä. (JHS 185.)

Suositukseseen liittyvistä liitteistä selviää mm., mitä kohteita pohjakartalla esitetään, millä värillä, vahvuudella ja symbolilla. Lisäksi suosituksesta selviää, millainen kohteiden luokittelu on ja miten kohteet määritellään sekä mitä kohdemallia pohjakartassa käytetään. Kohdemalli muodostuu kohderyhmästä, joka sisältää tietyt kohdeluokat. Kohdeluokat voidaan vielä jaotella eri tyypeihin. Kaikilla kohdeluokilla on sijaintiominaisuus, joka tuo ilmi miten tietty kohdeluokka esitetään pohjakartalla. Kohdeluokka voidaan esittää pisteenä, alueena, viivana tai referenssipisteenä. Näille kohderyhmille on myös kohdeluokittain omat kartoituksen laatuvaatimukset koskien niiden tarkkuutta. Riittävä tarkkuus kohteen sijainnissa määritetään pistekeskivirheen avulla. JHS 185 sisältää myös tarkkuusvaatimukset kiintopisteille sekä kartoitus- ja merkintämittauksille. Sijaintitarkkuuden lisäksi muita laatuvaatimuksia ovat mm. kartan ajantasaisuus, täydellisyys, looginen eheys ja temaattinen tarkkuus. Täydellisyys tarkoittaa sitä, että kartalla ei ole ylimääräisiä tai puuttuvia kohteita, looginen eheys yleistä säännönmukaisuutta ja temaattinen tarkkuus puolestaan sitä, että kohteiden luokittelu kartalla vastaa todellisuutta maastossa. (JHS 185.)

Pohjakarttaa ja siihen liittyvää kaavoitusmittausta valvoo kunnan viranhaltija, mutta kunta voi vastata valvonnasta myös yhteisesti jonkin toisen kunnan kanssa. (JHS 185.)

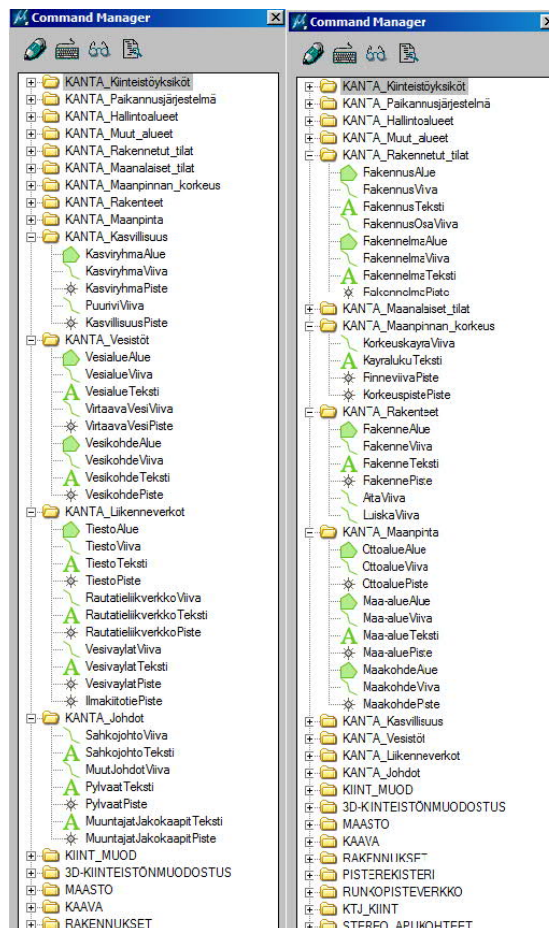
#### 4.8.7 Kantakartan kartoittamisesta stereokartoituksen avulla

Kartoitukseen käytetään siis DAT/EM Summit Evolution -stereotyöasemaa ja Microstation V8i SS4 -ohjelmisto, jossa lisäosana on Bentley Mapin päällä oleva Stella Map. Microstationilla kartoitus voidaan tehdä joko suoraan kantakarttaan tai erilliseen tiedostoon. Summit Evolution stereotyöasemalta etsitään valmiiksi orientoidut stereolaseilla tarkasteltavat ilmakuvaparit, jotka ovat tietokoneen C- asemalla. Ilmakuvaparit ovat niin sanottuja kolmiulotteisia malleja. Niistä muodostui vuoden 2018 ilmakuvauksessa Helsingin alueelle 36 kuvausjonoa, joissa numeroituja kuvia on 2813. Tietyn alueen kuvia voidaan löytää jonon ja kuvien numeron avulla ilmakuvauksesta tehdyltä ilmakuvaindeksistä. Kuviossa 18 on esimerkki Summit Evolution stereotyöasemalta löytyvästä ilmakuvaparivalikosta. (Raudaskoski 2018.)



Kuvio 18. Esimerkki Summit Evolution stereotyöaseman ilmakuvaparivalikosta (DAT/EM 2012)

Kartoittamista varten Microstationista avataan joko itse tehty tiedosto tai ajantasainen kantakartta. Sen taustalle tuodaan referenssiksi 3D-kantakartta. Kartoittaessa ensin haetaan tarkistettava alue kantakartalta ja sen jälkeen etsitään kyseisen alueen kuvat. Microstation ja Summit Evolution ovat siis keskenään synkronoituja ja Microstationissa näkymä kantakartalla vastaa Summit Evolutionissa valittua ilmakuvaparia. Siten Microstationin mittamerkki seuraa Summit Evolutionin mittamerkkiä. Näin kartoitus onnistuu ilmakuvalta. Stella Mapista (Kuvio 19) valitaan vain kartoitettavaa kohdetta vastaava oikea kantakartan mukainen piste, viiva tai alue, joka piirtyy kartalle. Eri kohteet (Kuvio 19) löytyvät omista osioistaan, joita ovat mm. liikenneverkot, rakenteet, kasvillisuus, maa-alueet, vesialueet sekä johdot. Kantakartan kartoittamiseen käytetään KANTA ja STEREO APUKOHTEET -valikoita. (Raudaskoski 2018.)



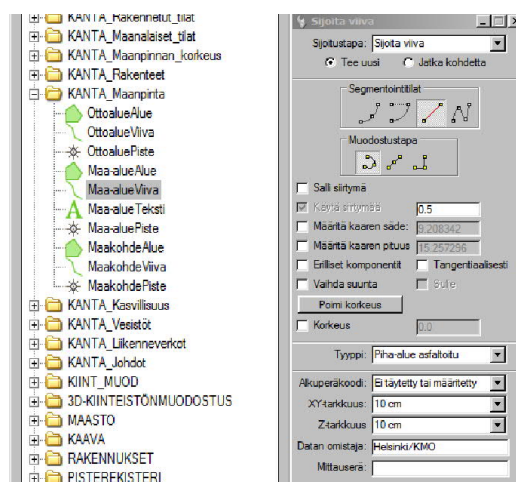
Kuvio 19. Kantakartan ilmakuvakartoittamiseen käytettävät Stella Mapin piirtovalikot (Bentley 2016)

Kartoittamisen helpottamiseksi Summit Evolution stereotyöasemalta voi laittaa erilaisia karttatasoja päälle. Yleensä päällä on ne tasot, joita kartoittamiseen tarvitsee. Tasot ovat kantakartan tasoja, kuten esimerkiksi tiet, korkeuskäyrät ja kasvillisuus. (Raudaskoski 2018.) Kuviossa 20 on Summit Evolutionissa käytettäviä työkaluja.



Kuvio 20. Summit Evolution stereotyöaseman työkalut (DAT/EM 2012)

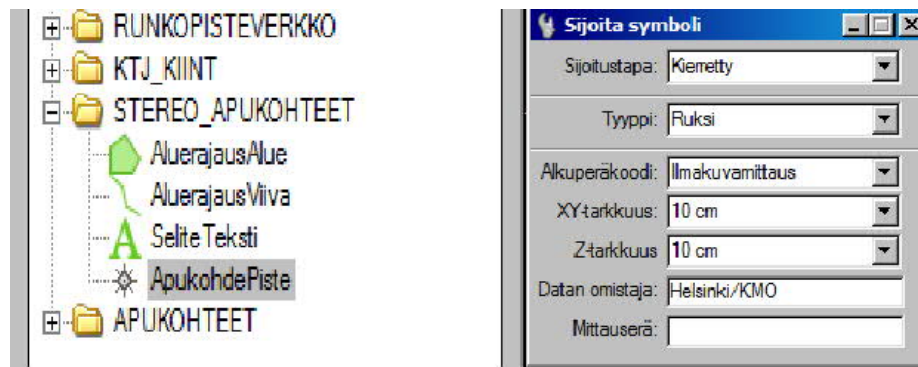
Kartalle kartoitetaan ilmakuvilta luonnolliset kohteet, esimerkiksi tiet, joet, puut, jyrkänten reunat ja korkeuskäyrät (Kuvio 21). Rakennetuista kohteista kartoitetaan esimerkiksi lyhtypylväät, aidat ja portaat sekä pienet varastot, vajat ja katokset. Suuremmat varastot ja muut rakennukset, kuten asuinrakennukset mitataan aina maastossa. Niiden tarkka sijainti saadaan sijaintikatselmuksesta. Maastossa kartoittaminen on tarkempaa käytettävän laitteiston vuoksi ja stereokartoituksesta ei näe kuin räystäslinjat. Asuinrakennusten sijaintikatselmuksella ja kartoittaminen tehdään seinälinjasta. Ilmakuvista kartoitettavat rakennukset ja rakennelmat taas ovat yleensä niin pieniä, ettei niiden rakentamiseen ole vaadittu rakennuslupaa, jolloin niitä ei automaattisesti mitata maastossa. (Raudaskoski 2018.) Liitteessä 1 on kantakartalle kartoitettavat kohteet.



Kuvio 21. Esimerkki kartoitettavan kohteen Stella Map piirtovalikosta xyz-tarkkuuksineen (Bentley 2016)

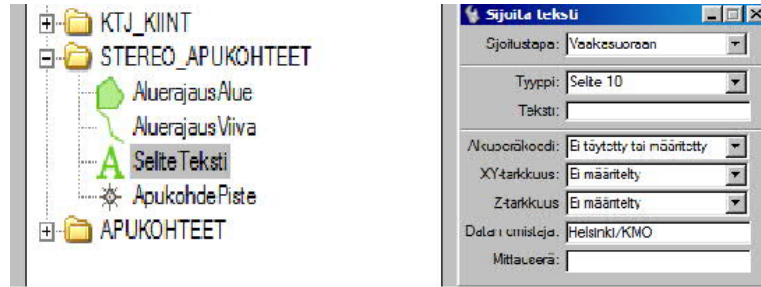


Mikäli kantakartta ei vastaa jonkin rakennuksen osalta ilmakuvaa, voidaan maastossa käydä tekemässä kartan tarkistus ko. alueen osalta. Maastokartoitus tehdään esimerkiksi silloin, kun ilmakuvissa esiintyvä rakennus on eri kokoinen kuin kartalle merkitty tai ilmakuvissa näkyy jotain rakennuksiin liittyvää jota kantakartalla ei ole. Poistoja kantakarttaan tehdään myös ilmakuvilta. Niiden kantakartan kohteiden päälle, joita ei ilmakuvilta näy, päälle laitetaan stereon tekemään dgn-tiedostoon ruksi (Kuvio 22), mikäli kartoitusta ei tehdä suoraan kantakarttaan. Rakennuksille stereokartoituksessa ei tehdä poistoja. (Raudaskoski 2018.)



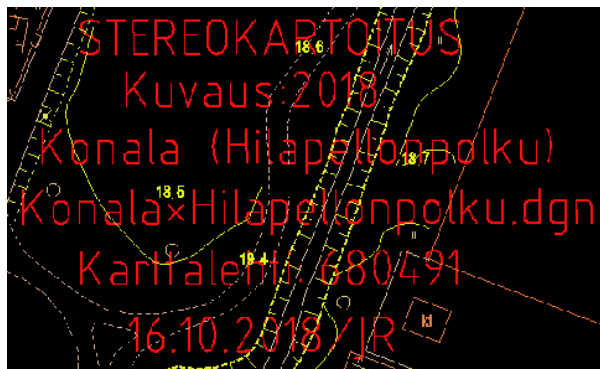
Kuvio 22. Stella Mapin työkalut poistojen tekemiseen xyz-tarkkuuksineen (Bentley 2016)

Ilmakuvilta kartoitettaessa viedään mittamerkki oikeaan korkeuteen kartoitettavan kohteen tasolle. Kartoitustarkkuus xyz-suuntaan on 10 cm. Näin kartoitettavan kohteen sijainti määrittyy mahdollisimman tarkasti. Tarkkuus paranee, kun Summit Evolution ohjelmasta valitaan ilmakuvasta sopiva suurennus. Kartoittaessa suurennus voi kohteesta riippuen olla esimerkiksi 1:4, 1:2 tai 1:1 (Kuvio 20). Korkeuskäyrät voidaan kartoittaa esimerkiksi 1:1 suurennuksella, mutta muut kartoitettavat kohteet tarkemmalla. Kartoitus tehdään joko maan tasalta tai katon tasolta. Maanpinnan tasalta kartoitetaan esimerkiksi tiet, valopylväät ja kasvillisuus. Kattolinjan tasalta kartoitetaan esimerkiksi erilaiset rakenteet, kuten bussipysäkit ja roskakatokset. Kohteet kartoitetaan alueina, pisteinä tai viivana (Kuvio 19). Omaan dgn-tiedostoon laitetaan lopuksi nimiö (Kuvio 23). (Raudaskoski 2018.)



Kuvio 23. Stella Mapin nimiön valikko (Bentley 2016)

Nimiö (Kuvio 24) sisältää kartoitustyyppin, ilmakuvauksen ajankohdan, kartoitetun alueen, tiedostonimen, karttalehden numeron ja milloin ja kuka kartan on tehnyt. (Raudaskoski 2018.)



Kuvio 24. Esimerkki selitetekstistä (Bentley 2016)

Stereokartoituksesta tuleva kantakartan muutos menee piirtämöön tarkistettavaksi ja päivitettäväksi kantakartalle. Osa muutoksista päivittyy suoraan kantakartalle ja nämä muutokset ovat nähtävissä kantakartalla seuraavana päivänä. (Raudaskoski 2018.)

## 5 POHDINTA

Stereokartoitus on kartoitusta, jota voidaan tehdä ilmakuviista. Sen tekeminen on ajoittain haasteellista. Kuitenkin se on tärkeä osa Helsingin kaupungin kantakartan ylläpitoa. Kaikkia kohteita ei voi eikä yksinkertaisesti ehdi kartoittaa maastossa. Toisaalta maastossa tehtävä kartoitus tukee stereokartoitusta, koska kaikkia kohteita ei ilmakuviista voi kartoittaa eikä kartoiteta.

Aihe työn alkaessa oli minulle tuntematon. Olin kuullut stereokartoituksesta ja siitä, että Helsingin kaupunki sitä tekee, mutta ilmakuvaprosessista ja siitä miten stereokartoitus tehdään, minulla ei ollut tietoa. Sen vuoksi tämä työ oli kokonaisuutena avartava. Oli mielenkiintoista nähdä, miten ja minkälaisia vaiheita kantakartan laadintaan ilmakuviiden avulla kuuluu. Myös ilmakuvauksen teknisiin yksityiskohtiin paneutuminen oli mielekästä.

Työn tavoite oli selvittää vaiheittain, mitä kantakartan laatimiseen stereokartoituksen avulla sisältyy. Tämä tavoite tuli täytettyä. Itse asiassa tavoite ylittyi, koska opin paljon myös tarjosten laatimisesta ja muista vaiheista, joita on prosessissa. Asian sisäistämistä helpotti samanaikaisesti opiskelemani opintojaksot, jotka sisälsivät juuri tätä aihetta.

Varsinaisia ongelmia ei työn aikana ollut. Eniten miettimistä aiheutti työn rakenteen suunnitteluun siten, että siitä tulisi järkevä ja selkeä kokonaisuus. Lähtöaineistoa oli runsaasti tarjolla, ja sen vuoksi työ oli kokonaisuudessaan mukava tehdä.

## LÄHTEET

- AABSys 2018. Basics of Digital Photogrammetry. Viitattu 6.9.2018  
<https://www.aabsys.com/insights/articles/basics-digital-photogrammetry/>.
- Aalto-yliopisto 2005. Fotogrammetrinen kartoitus. Ortokuvien tuottaminen. Viitattu 25.10.2018 [https://foto.aalto.fi/opetus/220/luennot/7/L7\\_2005.pdf](https://foto.aalto.fi/opetus/220/luennot/7/L7_2005.pdf).
- Aalto-yliopisto 2008. Fotogrammetriaan perusteet. Ilmakuvaus. Viitattu 22.8.2018 [https://foto.aalto.fi/opetus/1030/luentokalvot/Luento6\\_2008.pdf](https://foto.aalto.fi/opetus/1030/luentokalvot/Luento6_2008.pdf).
- ArcGIS Pro 2018. Stereo Map. Viitattu 7.11.2018 <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/image-analyst/stereo-map.htm>.
- Autodesk. Dwg-katseluohjelmat. Viitattu 7.11.2018  
<https://www.autodesk.fi/products/dwg>.
- Autodesk 2018. CAD Software. Viitattu 7.11.2018  
<https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>.
- Bentley Systems 2010. MicroStation V8i. Viitattu 19.9.2018  
<https://www.bentley.com/en>.
- Bentley 2014a. Käyttöohje. Stella Map (järjestelmä). Bentley Systems Finland Oy.
- 2014b. Käyttöohje. Stella Map (karttaosa). Bentley Systems Finland Oy.
- Bentley 2016. Ohjelmisto. Stella Map (karttaosa). Bentley Systems, Inc.
- Biström J. 2018. Ilmakuvaussuunnitelmasta insinööriyöhön. Sähköposti jukka.rautiainen2@hel.fi 31.10.2018.
- Blom Kartta Oy 2018. Kartoitus. Viitattu 12.10.2018  
<http://www.blomkartta.fi/palvelut/kartoitus/>.
- Bühler, Y., Adams, M. S., Stoffel, A. & Boesch, R. 2017. Photogrammetric reconstruction of homogenous snow surfaces in alpine terrain applying near-infrared UAS imagery. International Journal of Remote Sensing. Vol 38 No 8-10, 3135-3158.
- Dartdrones 2018. What is the difference between UAV and UAS? Viitattu 7.11.2018 <https://www.dartdrones.com/blog/difference-between-uav-and-uas/>.
- DAT/EM Systems International 2007. Operation Manual. Anchorage: DAT/EM Systems International.
- DAT/EM Systems International 2012. Ohjelmisto. Anchorage: DAT/EM Systems International.
- DAT/EM Systems International 2018. Viitattu 26.10.2018  
<http://www.datem.com/>.

EnvisionCAD 2016. MicroStation V8I (SELECTseries4) released. Viitattu 24.9.2018 <https://envisioncad.com/microstation-v8i-selectseries-4-released/>.

Eskelinen, M. 2001. Kaukokartoituksen peruskäsitteet ja vesialueiden tilan tutkiminen. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 29.8.2018 [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/rs\\_2001\\_1.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/rs_2001_1.pdf).

Esri. What is GIS? Viitattu 7.11.2018 <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.

GIS Resources 2014. Basics of Photogrammetry. Viitattu 6.9.2018 [http://www.gisresources.com/basic-of-photogrammetry\\_2/](http://www.gisresources.com/basic-of-photogrammetry_2/).

Gröhn, J. 2018. Helsingin kaupunki. Keskustelu paikkatietoasiantuntijan kanssa 24.10.2018.

Helsingin kaupunki. Paikkatietohakemisto. Viitattu 19.9.2018 <https://kartta.hel.fi/paikkatietohakemisto/?id=6>.

Helsingin kaupunki 2018a. Avoimet paikkatiedot. Viitattu 19.9.2018 <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kartat-ja-liikenne/kartat-ja-paikkatieto/paikkatiedot+ja+-aineistot/avoimet+paikkatiedot>.

– 2018b. Digitaaliset kartat. Viitattu 19.9.2018 <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kartat-ja-liikenne/kartat-ja-paikkatieto/Paikkatiedot+ja+-aineistot/Digitaaliset+kartat/>.

– 2018c. Kaupungin geodeetti. Viitattu 31.10.2018 [https://www.hel.fi/helsinki/fi/kaupunki-ja-hallinto/paatoksenteko/viranhaltijapaatokset/kaupunkiympariston-toimiala-asiakirja?year=2018&ls=11&doc=Kymp\\_2018-04-09\\_Kymp\\_3\\_Pk&vdoc=U5110530020VH1](https://www.hel.fi/helsinki/fi/kaupunki-ja-hallinto/paatoksenteko/viranhaltijapaatokset/kaupunkiympariston-toimiala-asiakirja?year=2018&ls=11&doc=Kymp_2018-04-09_Kymp_3_Pk&vdoc=U5110530020VH1).

– 2018d. Ilmakuvat. Viitattu 19.9.2018 <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kartat-ja-liikenne/kartat-ja-paikkatieto/Paikkatiedot+ja+-aineistot/Ilmakuvat/>

Helsinki 2014. Päätökset. Stella Map koulutuksen tilaaminen kaupunkimittausosastolle. Viitattu 24.9.2018 <https://dev.hel.fi/paatokset/asia/hel-2014-001320/601220vh1-2014-2/>.

Helsinki 2018a. Ilmakuvaus Helsinki 2018. Palvelukuvaus. Ei julkinen.

– 2018b. Ilmakuvaus Helsinki 2018. Tarjouspyyntö. Ei julkinen.

– 2018c. Karttapalvelu. Viitattu 19.9.2018 <https://kartta.hel.fi/>.

– 2018d. Tarjousten vertailutaulukko. Ei julkinen.

HILMA 2018. Julkiset hankinnat. Viitattu 29.10.2018 <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/>.

Ingberg, K. 2018. Helsingin kaupunki. Keskustelu yksikön päällikön kanssa 31.10.2018.

JHS 185 2014. Asemakaavan pohjakartan laatiminen. Viitattu 23.10.2018  
<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS185/JHS185.pdf>.

JHS-suositukset 2018. Tervetuloa JHS-järjestelmän verkkopalveluun. Viitattu 15.11.2018 <http://www.jhs-suositukset.fi/web/guest;jsessionid=102E5EA2B2AC83C817335DA6119D0C43>

Kumpula, M. 2013. UAV-lennokin hyödynnettävyys ilmakuvakartan teossa. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikka. Opinnäytetyö.

Kuntaliitto.fi 2018. Ilmakuvaus. Viitattu 23.10.2018  
<https://www.kuntaliitto.fi/haku?s=ilmakuvaus>.

Kuvaussuunnitelma 2018 Helsinki Eagle 2018. PDF-tiedosto. Toim. Terratec Oy.

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016.

Laurila, P. 2008. Kaukokartoituksen perusteet. Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu.

Laurila, P. 2017. Lapin AMK. Kartoitusilmakuvauksen suunnittelu. Luento 9.11.2017.

Mattila, K. 2018. Helsingin kaupunki. Keskustelu maanmittausteknikon kanssa 31.10.2018.

Orre, J. 2013. MicroStationV8i-käyttöympäristö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö.

Raudaskoski, M. 2018. Helsingin kaupunki. Keskustelu stereokartoittajan kanssa 14.11.2018.

Saarinen, L. 2007. Suuriformaattiset digitaaliset ilmakuvauskamerat. Viitattu 26.10.2018 [https://foto.aalto.fi/opetus/270/esitelmat/2007/Saarinen\\_Lauri.pdf](https://foto.aalto.fi/opetus/270/esitelmat/2007/Saarinen_Lauri.pdf).

Salmenperä, H. 2004. Fotogrammetria. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Schenk, T. 2005. Introduction to Photogrammetry. Viitattu 22.8.2018  
<http://www.mat.uc.pt/~gil/downloads/IntroPhoto.pdf>.

StellaMap. MicroStation v8i (SELECTseries 2) StellaMapin käyttöliittymä ja toiminnot. Viitattu 8.11.2018  
[ftp://ftp.bentley.com/pub/help/bentley\\_stella\\_map/081107470fi/readme.htm](ftp://ftp.bentley.com/pub/help/bentley_stella_map/081107470fi/readme.htm).

Terhokoski, M. 2015. CCD-kameran suunnittelu. Turun ammattikorkeakoulu. Elektroniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 26.10.2018  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103600/Terhokoski\\_Mika.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103600/Terhokoski_Mika.pdf?sequence=1).

Tiedonohjausjärjestelmä 2018. Ilmakuvaukset ja laserkeilaukset. Viitattu 1.11.2018 <https://tiedonohjaus.hel.ninja/view-tos/973e7094ef264b9fb48a55d7cedadb69>.

Trimble 2018. Tekla Structures. DGN. Viitattu 7.11.2018 [https://teklastructures.support.tekla.com/fi/2018/en/int\\_dgn](https://teklastructures.support.tekla.com/fi/2018/en/int_dgn).

Vermeer, M. & Ayehu, G.T. 2018. Digital Aerial Mapping- a hands-On Course. Viitattu 6.9.2018 <https://users.aalto.fi/~mvermeer/book.pdf>.

Vinni, P. 2003. Kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa – Mitä on fotogrammetria. Viitattu 22.8.2018 <http://www.kotikone.fi/faryan/Teksteja/JatkokurssiB.htm>.

Ympäristö 2004. Tietopaketti kaukokartoituksesta. Viitattu 29.8.2018 [http://wwwi4.ymparisto.fi/i4/fin/tuotteet/Kaukokartoituksen\\_tietopaketti\\_\(2004\).pdf](http://wwwi4.ymparisto.fi/i4/fin/tuotteet/Kaukokartoituksen_tietopaketti_(2004).pdf).

## LIITTEET

Liite 1. Kantakartalle kartoitettavat kohteet Stella Map valikoineen ja karttamerkkeineen



Liite 1. Kantakartalle kartoitettavat kohteet Stella Map valikoineen ja karttamerkkeineen

KANTA pääpiirtovalikko	KANTA alapiirtovalikko	Karttamerkki (alue, piste tai viiva)	Kartoitettava kohde
Rakennetut tilat	Rakennukset	Alue tai viiva	Varasto, talousrakennus, vaja, autotalli, sauna, kiosk, kivijalka, käymälä, parakki, pukusuoja, räystä, vartiorakennus
Rakennetut tilat	Rakennelma	Alue tai viiva	Katos, autokatos, lastauslaituri, erkkeri, parveke, portti, portaan reunaviiva
Rakennetut tilat	Rakennelma	Piste	Portin pylväs, porras, leveä porras, pitkä porras, kierreportaat
Maanpinnan korkeus	Korkeuskäyrä		Johtokäyrä, välikäyrä, apukäyrä
Maanpinnan korkeus	Käyräluku teksti		Korkeusluvut johtokäyrälle, välikäyrälle ja apukäyrälle
Maanpinnan korkeus	Korkeuspiste		Korkeuspiste ja luku, korkeuspiste ei kartalle, korkeuspiste sillalla
Rakenteet	Rakenne	Viiva	Allas, hautausmaa, muistomerkki reunaviiva, rauhoitettu kohde, polttoaineen jakelulaite, piippu, roskasäiliö, muu rakenne
Rakenteet	Rakenne	Piste	Hautausmaa (symboli), kaivo, lipputanko, muinaisjäänös, muistomerkki, polttoaineen jakelulaite, pylväs sekalainen, suihkulähde, aita (symboli), kiviaita (symboli)
Rakenteet	Aita	Viiva	Aita, kiviaita, leveä kiviaita, tukimuurin yläreuna, meluste aita, meluste kiviaita, meluste tukimuri
Rakenteet	Luiska	Viiva	Luiskan yläreuna, luiskan alareuna, luiskaviivoitus, melusteluiskan yläreuna, melusteluiskan alareuna, melusteviivoitus
Maanpinta	Ottoalue	Alue, piste tai viiva	Louhos, soranottoaikka
Maanpinta	Maa-alue	Alue, piste tai viiva	Hietikko, louhikko, viljelty maa, pelto, piha-alue asfaltoitu, piha-alue sora
Maanpinta	Maakohde	Alue, piste tai viiva	Iso kivi reuna viiva, polku, luonnon jyrkänne, 3D-apuviiva
Kasvillisuus	Kasviryhmä	Alue, piste tai viiva	Kuvioraja, kaislikko
Kasvillisuus	Puurivi	Viiva	Havupuupensasaita, havupuurivi, lehtipensasaita, lehtipuurivi
Kasvillisuus	Kasvillisuus	Piste	Havupuu, lehtipuu, runko, havupuupensa symboli, lehtipuupensa symboli, havupuupensasaidan symboli, lehtipensasaidan symboli
Vesistöt	Vesialue	Alue tai viiva	Rantaviiva, (rantaviiva piilokohde), lampi, matalikko
Vesistöt	Virtaavavesi	Piste tai viiva	Joki, oja, puro
Vesistöt	Vesikohde	Alue, piste tai viiva	Kivi veden reunaviivalla, lähde
Liikenneverkot	Tiestö	Viiva	Tien reuna, soratie, sillan reunaviiva, tunneli, tie rakenteilla
Liikenneverkot	Tiestö	Piste	Rumpu, liikennevalopylväs
Liikenneverkot	Rautatieliikenneverkko	Piste tai viiva	Rata, sähkörata, metrorata, raitiotie, radan ilmajohto, ilmajohto
Liikenneverkot	Vesiväylät	Piste tai viiva	Kevytrakenteinen laitur, vankkarakenteinen laitur, vesiliikenne väylä, vesiliikenne väylä (epävirallinen), majakka
Liikenneverkot	Ilmakiitotie	Piste	Estevalo, lähestymisvalot, radiomajakka
Johdot	Sähköjohto	Viiva	Ilmajohto (suurjännite), ilmajohto (pienjännite)
Johdot	Pylväät	Piste	Valaisinpylväs, valoheitinmasto (nelikulmio), valoheitinmasto (ympyrä), valomasto vain neliö, valomasto hipsu, sähköjohdon pylväs, Z-ilmajohtopilari, erikoispuhelin
Johdot	Muuntajat, jakokaapit	Piste	Z jakokaappi, pylväsmuuntaja, P jakokaappi