

## SAATAVILLA OLEVAT UAV- JA UAS-JÄRJESTELMÄT

Hanna-Mari Granat

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikan ja liikenteen ala  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Hanna-Mari Granat	Vuosi	2015
<b>Ohjaaja</b>	Pasi Laurila		
<b>Työn nimi</b>	Saatavilla olevat UAV- ja UAS-järjestelmät		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	39		

---

Miehittämättömien ilma-alusten suosion myötä markkinoille on tullut runsaasti erilaisia UAV- ja UAS-järjestelmiä. Opinnäytetyössä annetaan lukijalle yleiskäsitys UAV-laitteiden historiasta, nykytilanteesta ja kehityksestä. Pää tavoitteena on perehtyä etenkin Suomessa käytössä ja saatavilla olevien valmiiden siviili UAV-ratkaisujen ominaisuuksiin, kuten laitteiden kokoihin, lentonopeuksiin ja kameratyyppeihin. Lisäksi selvitetään sääolosuhteiden aiheuttamat rajoitukset laitteiden käytölle.

Tiedonkeruu tapahtui pääasiassa UAV-ratkaisujen laitevalmistajien ja Suomen alueelle ratkaisuja toimittavien maahantuonti- ja jälleenmyyntiyriyten kotisivujen perusteella. Opinnäytetyössä esitellään nämä laitevalmistaja-, maahantuonti- ja jälleenmyyntiyrietykset sekä muita UAV-palveluita tarjoavia yrityksiä. Lisäksi aineistoa kerättiin yrityksille lähetetyissä sähköpostihaastatteluissa, joissa selvitettiin laitteiden hintatasoa, käytettävyyttä ja tulevaisuudennäkymiä.

Lopuksi on mietitty UAV-laitteiden tulevaisuutta. Yhteiskunta hyötyy UAS-järjestelmien kehittymisestä usealla eri tavalla. Esimerkiksi tulipalot voidaan paikantaa nopeasti, vaarallinen säteily mitata ja kadonneet henkilöt etsiä lämpökameran avulla. Tulevaisuudessa metsien tilavuuden mittauksessa päästään vähitellen yksinpuin tehtävään mittaukseen. Lisäksi uutena tutkimusalueena on malmin etsintä UAV-laitteen avulla.

Technology,  
Communication and Transport  
Degree Programme of Land Surveying

---

<b>Author</b>	Hanna-Mari Granat	Year	2015
<b>Supervisor</b>	Pasi Laurila		
<b>Subject of thesis</b>	UAV and UAS Systems Available		
<b>Number of pages</b>	39		

---

The popularity of Unmanned Aerial Vehicles has increased the number of the UAV and UAS systems in the market. The thesis gives an overview of the UAV devices history, current situation and their development. The main purpose was to explore especially the features of the ready-made civilian UAV solutions used and available in Finland. These features include the sizes, flight speeds and camera types of the devices. In addition, the purpose was to clarify how the restrictions of weather conditions limit the use of the devices.

Information was collected from the webpages of the manufacturers, importers and resellers. Additionally these companies and other UAV service providers were introduced. The information was also collected with e-mail interviews to inquire the prices of the different devices, usability and future prospects.

The future possibilities of UAV devices were discussed. The society will benefit from the development of the UAV devices in many ways. For example, fires can be located fast, hazardous radiation can be detected, and missing persons can be found with the help of thermographic cameras. In the future the measurement of the forest volumes will be based on single-tree scale measurement. Locating ore deposits with the use of UAV devices has become a recent area of research.

Key words

Aerial mapping, drone, UAS, UAV, unmanned

# SISÄLLYS

## KUVIOLUETTELO LYHENTEET

1	JOHDANTO .....	7
2	UAV- JA UAS JÄRJESTELMÄT .....	9
2.1	Yleistä .....	9
2.2	Historia.....	10
2.3	Käyttötarkoitukset .....	11
2.4	Kuvaus- ja skannauslaitteet.....	11
3	LAITEVALMISTAJAT JA LAITTEIDEN ESITTELYT .....	14
3.1	Trimble.....	14
3.2	RIEGL .....	18
3.3	Topcon/MAVinci.....	21
3.4	Camflight.....	23
3.5	Aibotix .....	24
3.6	Trigger Composites .....	25
3.7	Smartplanes.....	27
3.8	C-Astral.....	28
4	MUITA UAV-PALVELUIDEN TUOTTAJIA .....	30
4.1	Maahantuojia ja jälleenmyyjä .....	30
4.2	Palveluita tarjoavia yrityksiä .....	30
4.3	Näkemyksiä ja kokemuksia.....	31
5	POHDINTA .....	34
	LÄHTEET.....	36

## KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Trimble GatewingX100 (RemotePilot 2014.).....	15
Kuvio 2. Trimble UX5 (Geotrim 2015.).....	16
Kuvio 3. RIEGL RiCopter with VUX-SYS (Nordic Geocenter 2015a.).....	19
Kuvio 4. RIEGL VQ-480 (GPS lands 2015.) .....	20
Kuvio 5. RIEGL LMS-Q160 (RIEGL 2010, 1.).....	21
Kuvio 6. Sirius Pro (Geomatching 2015c.) .....	22
Kuvio 7. Camflight X8 (Camflight 2015b.) .....	23
Kuvio 8. Aibot X6 (Aibotix 2015.) .....	24
Kuvio 9. Pteryx UAV (Geomatching 2015d.).....	26
Kuvio 10. EasyMap UAV (Geomatching 2015e.) .....	27
Kuvio 11. SmartOneC (Geomatching 2015f.) .....	28
Kuvio 12. Bramor gEO (C-Astral 2014c.) .....	29

## LYHENTEET

APS-C	Advanced Photo System type-C
CCD	Charge-Coupled Device
GPS	Global Positioning System
DSM	Digital Surface Model
DSRL	Digital Single Lens Reflex
MAV	Micro Aerial Vehicle
NIR	Near-Infrared
PC	Personal Computer
RGB	Red Green Blue
TLR	Twin Lens Reflex
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UAS	Unmanned Aerial System

## 1 JOHDANTO

Fotogrammetriassa kohteet mitataan kolmiulotteisesti kohteesta otetuilta kuvilta. Tunnetuin fotogrammetrisista sovelluksista on ilmakehu, jota käytetään monien kartoitusten pääasiallisena tietolähteenä. Ilmakehukuvia voidaan ottaa esimerkiksi lentokoneesta, helikopterista, kuumailmapallosta sekä leijojen ja laskuvarjojen avulla. Nykyään suuressa suosiossa ovat UAV-lennokit, joilla kartoitus ja kuvaaminen tapahtuvat nopeasti ja edullisesti.

Miehittämättömät ilma-alukset voivat olla joko siviili- tai sotilaskäyttöisiä. Siviilikäyttöisiä lennokkeja käytetään pääsääntöisesti ammattikäytössä, mutta niiden suosio harrastajien keskuudessa on lisääntymässä vauhdilla. Trafin mukaan lennokin ja miehittämättömän ilma-aluksen ero johtuu niiden käyttötarkoituksesta. Miehittämätön ilma-alus on usein varustettu esimerkiksi kuvaus- ja mittalaitteilla. Trafi suunnittelee Suomessa miehittämättömiä ilma-aluksia koskevaa lainsäädäntöä. Alle 25 kiloiset harrastekäyttöön tarkoitetut lennokit jäävät tämän ulkopuolelle. Lainsäädännön tiukentamisessa on kyse turvallisuudesta. Tarkoituksena on turvata muita ilmassa liikkuvia ja etenkin maassa olevia ihmisiä. (Trafi 2014.)

Tässä opinnäytetyössä esitellään Suomessakin käytössä olevia valmiita siviilikäyttöisiä UAV-ratkaisuja. Tarkoituksena on tehdä kattava yhteenveto yleisesti käytössä ja saatavilla olevista UAV-laitteista ja UAS-järjestelmistä sekä niiden laitevalmistajista ja maahantuojista. Lisäksi esitellään suomalaisia yrityksiä, jotka käyttävät näitä laitteita ja järjestelmiä. Opinnäytetyö ei sisällä sotilaskäytössä olevia laitteita. Tässä työssä termit UAV ja UAS tarkoittavat samaa asiaa. Mediassa kumpaakin termiä käytetään puhuttaessa miehittämättömästä täydellisestä UAV-ratkaisusta, joka sisältää sekä lentolaitteen että järjestelmän.

Opinnäytetyön aihe valikoitui ohjaajani Pasi Laurilan kanssa käymäni keskustelun ja hänen antamansa vinkin perusteella. UAV-laitteilla tehtäviin mittauksiin ja kartoituksiin perustuvia opinnäytetöitä on viime vuosina tehty useita, mutta lait-

teisiin ja laitevalmistajiin keskittyvää opinnäytetyötä ei ole aiemmin julkaistu, joten työ on tekemisen arvoinen.

Työn tavoitteena on antaa UAV-laitteista kiinnostuneelle lukijalle ja mahdolliselle uudelle käyttäjälle yleiskatsaus markkinoilla saatavilla olevista laitteista. Suurin osa esitellyistä laitteista on saatavilla Suomessa maahantuonti- ja jälleenvyöntyrityksistä sekä verkkokaupoista. Tässä työssä lennokeista puhuttaessa tarkoitetaan joko kiinteäsiipistä lennokkia tai pyöriväsiipistä helikopteria.

Miehittämättömän lentokaluston halpenemisen ja tekniikan kehittymisen myötä lennokkilaitteet ovat tänä päivänä helposti jokaisen saatavilla. Suosion kasvaessa laitteiden käyttötarkoitukset ovat lisääntyneet ja lisääntyvät jatkuvasti. Uusi teknologia korvaa nopeasti vanhaa teknologiaa. Työn aihe on ajankohtainen, sillä laitteiden käyttäjien määrän lisääntyessä kootun ajan tasalla olevan tiedon tarve kasvaa.



## 2 UAV- JA UAS JÄRJESTELMÄT

### 2.1 Yleistä

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) tarkoittaa miehittämätöntä ilma-alusta, kuten kiinteäsiipistä lennokkia tai pyöriväsiipistä kopteria. UAV-laitetta ohjataan joko maasta käsin tai se lentää automaattisesti ennalta ohjelmoitua reittiä pitkin GPS-koordinaattien avulla. Laitteissa on myös tavanomainen radio-ohjaus vaaratilanteita varten. Termi UAS (Unmanned Aerial System) on otettu käyttöön 2000-luvun alussa. Se käsittää lennokin lisäksi kaiken koneeseen liitetyn, kuten maa-aseman eli tietokoneen, kameran, sensorit ja radiolinkin, jonka avulla lennokka on yhteydessä maa-asemaan. Lyhenteitä UAV ja UAS käytetään arkikielessä kumpaakin, kun puhutaan miehittämättömistä ilma-aluksista sekä niiden kantamista laitteista ja ohjelmistoista. (Hassinen 2013, 3.)

Miehittämättömistä ilma-aluksista ja laitejärjestelmistä käytetään myös lyhenteitä RPA (Remotely Piloted Aerial) ja RPAS (Remotely Piloted Aerial System), joissa selvennetään lennokin tarvitsevan myös alhaalta ohjaavan pilotin. UAV-lyhenne antaa mahdollisesti sellaisen käsityksen, että kone toimii täysin itsenäisesti ilman valvontaa. (Nordic Geocenter 2013.)

Pienimpiä UAV-laitteita kutsutaan lyhenteellä MAV (Micro Aerial Vehicle). Niiden mitat, kuten koko ja paino on määritetty. Hankalat sääolosuhteet rajoittavat pienimpien laitteiden käyttöä. Etuna MAV-laitteilla on se että ne voivat lentää hyvinkin pienissä tiloissa esimerkiksi viemäri- ja ilmastointikanavissa. Kehitteillä ovat linnun ja hyönteisen kokoiset tiedustelulaitteet sotilaalliseen käyttöön. (Wassmann 2012, 12-13)

Suomessa on asetettu vuonna 2007 Trafín ohjeet UAV-lennokeille. Niissä määrätään, että lennokin maksimilentokorkeus on 150 metriä ja lennokin pitää olla koko ajan näkyvässä. Lennokin täytyy olla kauko-ohjattava, jotta sillä voidaan väistää muita ilmatilassa liikkuvia. Lisäksi lennokin tulee painaa alle 20 kilogrammaa. Kuvauksia ei voi tehdä, kun tuulennopeus on yli viisi metriä sekun-

nissa. Lisäksi sateet ja pakkaset rajoittavat kuvauksia, joten lentopäivien määrä on rajallinen. Ilmailulainsäädäntö on kiristymässä lähiaikoina. On mahdollista, että tulevaisuudessa UAV-laitteen maksimilentokorkeus olisi vain 120 metriä ja koneen maksimietäisyys lennättäjästä 500 metriä. (Hassinen 2013, 3-4.)

## 2.2 Historia

UAV-laitteita käytettiin aluksi lähinnä sotilaalliseen tarkoitukseen. Ohjus ja UAV-laite eroavat toisistaan siten, että ohjukselle on etukäteen suunniteltu lentorata haluttuun maaliin. Kun ohjus saavuttaa maalin, se tuhoutuu. Lisäksi ohjus on tarkoitettu ainoastaan sotilaalliseen käyttöön. UAV-laitetta on mahdollista ohjata lennon aikana, pysyä määrättyssä lentokorkeudessa ja nopeudessa ja sen voimanlähteenä toimii joko suihku- tai propellimoottori. (Wassmann 2012, 8.)

UAV-aikakauden katsotaan alkaneen vuonna 1849, kun Itävalta-Unkari lähetti kuumien ilmapallojen sisällä räjähteitä Italian Venetsiaan. Tuulen vuoksi osa palloista muutti suuntaansa takaisin omien joukkojen päälle. Todellisuudessa kuumailmapallot eivät olleet UAV-laitteita, mutta ne jäljittelivät nykyisten miehittämättömien ilma-alusten toimintaperiaatteita. Kuumailmapallot pyrittiin siirtämään tuulen avulla vaara-alueelle menemättä sinne itse. Ensimmäisessä maailmansodassa pyrittiin ohjaamaan lentävää laitetta AM-radioaalloilla. Tällöin keksittiin käyttää gyroskooppia lennon vakauttamiseksi. Toisen maailmansodan aikana vuonna 1941 Yhdysvaltain laivasto kiinnitti ensimmäistä kertaa kameran kauko-ohjattavaan lennokkiin. (Wassmann 2012, 8-9.)

Siviilikäyttöisten UAV-lennokkien kehitys alkoi voimistua 2000-luvulla. Suomessa siirryttiin käyttämään miehittämättömiä ilma-aluksia 2010-luvulla mittaus- ja kartoitusyrityksissä sekä niitä alettiin ostaa harrastekäyttöön. Tällä hetkellä lennokkeja on kaikkien saatavilla helposti ja edullisesti jopa verkkokaupoista.

### 2.3 Käyttötarkoitukset

Laitteita voidaan käyttää useaan eri käyttötarkoitukseen. Siviilipuolen lennokit voidaan jakaa kaupallisiin ja julkisen sektorin turvallisuus- ja pelastussovelluksiin. Lennokkeja voidaan esimerkiksi käyttää maisemakuvaukseen ja luonnonvarojen tutkimiseen. Lisäksi UAV-laitteilla mitataan, kartoitetaan, valvotaan, tarkastetaan ja etsitään kohteita. Myös lennokkien harrastekäyttö on lisääntymässä. (Hassinen 2013, 4-9.)

Maisemakuvauksella tarkoitetaan perinteistä talojen ja maisemien ilmakuvauksia. Luonnonvaroja kuvattaessa ilmakuvista on laskettu muun muassa pesivien lintujen määrät ja etsitty kasvitauhoja. UAV-laitteilla voidaan suorittaa erinäisiä valvonta-, tarkastus- ja etsintätehtäviä. Soveltuvien etsintämaasto on matalahkoa taimikkoa tai korkeaa heinää kasvava pelto. Lapissa on testattu kuolleiden porojen etsimistä helikoptereilla. Menetelmässä poroon asennettu panta alkaa lähettää paikannussignaalia poron ollessa paikallaan useamman tunnin. Nykyään UAV-koptereita käytetään paljon harrastajien, kuten laskettelijoiden ja pyöräilijöiden suoritusten kuvaamiseen. (Hassinen 2013, 6-9.)

UAV-laitteita käytetään myös apuna katastrofialueilla. Esimerkiksi Fukushima ydinonnettomuuden aikoihin onnettomuusalueen tutkimisessa käytettiin miehittämätöntä infrapunakameralla varustettua lentokonetta selvittäessä kokonaiskuvaa ydinvoimalan tilasta. Lennokki ei sovellu laajan alueen kartoitukseen, sillä yhdestä lentopaikasta saa kuvattua vain noin 20-100 hehtaarin alueen lentokorkeuden ollessa maksimi 150 metriä. (Hyttinen 2012, 4-5; Hassinen 2013, 9).

### 2.4 Kuvaus- ja skannauslaitteet

**Digitaalikamera** tallentaa halutun kohteen digitaalisesti valoherkän CCD- tai CMOS-kennon näkemänä. CMOS-kennon on tällä hetkellä käytetympi kuin CCD. Digitaalikamerat voidaan jakaa kahteen tyyppimalliin; järjestelmäkameroihin ja kompaktikameroihin. UAS-järjestelmissä käytetään yleisesti kumpiakin malleja. Kompaktikamera soveltuu paremmin UAV-laitteisiin pienuutensa ja keveytensä

vuoksi. Järjestelmäkameroissa kamera toimii runkona, johon hankitaan optiikka ja muut lisävarusteet. Kompaktikamerat ovat helppokäyttöisempiä ja edullisempia, joten ne soveltuvat myös aloittelijoille. Kuvanlaatu ja tarkkuus ovat parempia järjestelmäkameralla otetuissa kuvissa. (Anuar & Abdul 2009; Hyttinen 2012, 12.)

Järjestelmäkamerat voidaan jakaa peililliseen ja peilittömiin malleihin. SLR-kamera käyttää yksisilmäistä peiliheijastusmenetelmää, jossa etsin hyödyntää valokuvaukseen käytettävää linssiä tai linssijärjestelmää eli objektiivia peilin avulla. Kennon edessä oleva peili ohjaa kuvan kamerasiimeen. Suosituin peiliheijastuskameratyyppi on digitaalinen järjestelmäkamera DSLR. Lisäksi on olemassa kaksisilmäisiä järjestelmäkameroita eli TLR-kameroita. Markkinoille ovat tulleet kilpailemaan myös peilittömät järjestelmäkamerat, joissa objektiivin ja kennon välistä puuttuu peili. Kuva ohjautuu etsimen sijaan pienelle LCD- tai TFT-näytölle kamerasiimen taakse olevan isomman näytön viereen. Peilitön järjestelmäkamera vastaa kooltaan suurehkoa kompaktikameraa. (Paju 2014.)

**Lämpökamera** muistuttaa ulkomuodoltaan digitaalista kameraa. Lämpökamera muodostaa kuvan kohteestaan näkyvän valon sijaan vastaanottaessaan infrapunasäteilyä. Esineen tai olennon pintalämpötilan ollessa yli -273 astetta lähettää se lämpösäteilyä. Säteilyn määrä kohoaa lämpötilan noustessa. Ilmakuvauksessa lämpökameraa hyödynnetään esimerkiksi kadonneen etsinnässä ja kiinteistön lämpöeristyksen tarkastuksessa. (Pitkänen 2009, 20.)

**Spektrikamerat** jaetaan kahteen ryhmään; multispektrikamerat ja hyperspektrikamerat. Multispektrikameroissa voi olla esimerkiksi kuusi kanavaa, joista kukin mittaa eri aallonpituuskaistaa. Hyperspektrikamerassa taas kanavia on kymmeniä, jopa satoja. Spektrikuvausta käytetään hyödyksi metsien ja peltojen inventoinnissa sekä niillä seurataan kasvillisuuden kehitystä. (Hyttinen 2012, 13-14; Pellikka 2012, 14-17.)

**Ilmalaserskannauksessa** laserpulssi lähetetään kohti maata, josta se heijastuu takaisin vastaanottimeen. Skannaus yhdistää kolme tekniikkaa; GPS-

paikannuksen, inertiapaikannuksen ja laseretäisyysmittauksen. Skannaus muodostaa korkealaatuista 3D-kuvaa. Laserskannerit lähettävät jopa kymmeniä tuhansia pulsseja sekunnissa. Pulssimäärän kasvaminen tarkoittaa kuvanlaatua. (Hyttinen 2012, 14-17.)

### 3 LAITEVALMISTAJAT JA LAITTEIDEN ESITTELYT

#### 3.1 Trimble

Trimble on vuonna 1978 perustettu yhdysvaltalainen yritys, joka valmistaa maanmittauskojeita ja GPS-järjestelmiä. Toimitusjohtajana toimii Steven W. Berglund. Trimble on johtava edistyksellisten, tuottavuutta lisäävien sijaintiin liittyvien ratkaisujen tuotekehittäjä ja valmistaja. Trimble tarjoaa maanmittaukseen, maatalouteen ja rakentamiseen tarvittavia mittauslaitteita ja –menetelmiä. Maanmittauksen osalta yritys valmistaa GNSS-ratkaisuja, takymetrejä, 3D-laserkeilausvälineitä sekä UAV-lennokkikartoitusjärjestelmiä. Paikannusteknologiat, kuten GPS, laser, optinen ja inertiaalinen teknologia tarjoavat täydellisiä ratkaisuja yhdistettynä sovellusohjelmiin, langattomaan kommunikointiin ja palveluihin. Käytännössä tämä tarkoittaa monimutkaisen tiedon keräämistä, hallitsemista ja analysointia nopeammin ja helpommin. (Trimble 2015a.)

Yrityksellä on hallussaan yli 1000 patenttia. Useat Trimblen keksinnöt ovat olleet merkittäviä, kuten reaaliaikainen RTK. Trimblen tuotteita käyttäviä maita on noin 150. Yrityksellä on työntekijöitä yli 35 maassa. Pääkonttori sijaitsee Kaliforniassa, Sunnyvalessa. Trimble ostaa jatkuvasti uusia yrityksiä. Heinäkuussa 2011 Trimblen omistukseen siirtyi suomalainen suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä valmistava ohjelmointiyritys Tekla. Vuonna 2013 yrityksen liikevaihto oli 2,4 miljardia dollaria. Trimblen UAS ilmakuvaustratkaisut on suunniteltu säästämään aikaa, rahaa ja takaamaan luotettavuus. (Trimble 2015b.)

Trimble osti vuonna 2012 belgialaiselta Gatewing yritykseltä vuonna 2010 valmistuneen UAV-lennokin nimeltä **Gatewing X100** (Kuvio 1). Oston jälkeen laitteen nimeksi tuli Trimble Gatewing X100. Lennokki on kiinteäsiipinen, kartoitus- ja mittausammattilaisten suunnittelema miehittämätön ilma-alus. Se painaa noin 2200 grammaa ja sen siipien kärkiväli on sata senttimetriä. Siipien pinta-ala on 23 neliödesimetriä. Laite on 10 senttimetriä korkea ja 60 senttimetriä leveä. Rakenne koostuu kevyistä materiaaleista, kuten polypropeenivaahdosta ja hiilikuidusta. Voimanlähteenä toimii 250 Watin harjaton sähkömoottori, jonka lento-

aika on 45 minuuttia. Sen lentonopeus on 80 kilometriä tunnissa, lentomatka 53 kilometriä ja toimintasäde viisi kilometriä. Lisäksi lennokin maksimi lentokorkeus on 2500 metriä. Akun käyttöjännite 11.1 voltia ja teho 8000 milliampeerituntia. Lennokilla on hyvä tuulen sietokyky, jopa 17 metriä sekunnissa. (Trimble 2015c; Trimble 2015d.)



Kuvio 1. Trimble GatewingX100 (RemotePilot 2014.)

Nousu tapahtuu katapultin avulla 14 asteen kulmassa ja laskeutuminen 6 asteen kulmassa. Suositeltu lähtö- ja laskeutumisalue on 30 metriä leveä ja 150 metriä pitkä. Lennokki mahdollistaa nopean ja tiheän tiedonkeruun. 150 metrin korkeudelta suoritetun kuvauskartoituksen tasotarkkuus on 5 senttimetriä ja korkeustarkkuus 10 senttimetriä. 45 minuutin aikana on mahdollista kuvata 120 hehtaarin alue ja ottaa noin 800 kuvaa. Lennokkia käytetään suunnittelussa, kaivoksilla, maanrakennuksessa sekä maa- ja metsätaloudessa. (Trimble 2015d.)

X100 tarjoaa ratkaisun sellaisten paikkojen kartoitukseen, jotka ovat kaukana, vaikeissa ja vaarallisissa paikoissa. Lennokki on helppokäyttöinen ja sen lennot ovat täysin etukäteen ohjelmoidut lentoonlähdestä laskeutumiseen. UAV-laite ei vaadi käyttäjältään erikoisia lentotaitoja. Ennen lentoa rajataan haluttu kartoitettava alue ja osoitetaan lähtö- ja laskeutumispisteet. Lennonsuunnitteluun kuluu

aikaa noin 15 minuuttia ja suunnitelma voidaan tehdä vain yhdelle lennolle. (Trimble 2015d.)

Gatewing X100-laitteessa käy minkä tahansa valmistajan 10 megapikselin kompakti kamera. Kuvaa on mahdollista kerätä jopa 3,3 senttimetrin resoluutiolla maanpinnasta. Otetut kuvat voidaan käsitellä Trimblen omalla fotogrammetria moduulilla eli Trimble Business Centerillä. Ohjelmistolla on helppo luoda laadukasta paikkatietoa ilman fotogrammetrian tuntemusta. Sillä voidaan luoda automaattisesti 3D-pistepilvi sekä digitaaliset pintamallit ja ortokuvat. Myöhemmin X100-järjestelmän on korvannut suorituskykyisempi UX5-järjestelmä. (Trimble 2015c.)

**UX5** on Trimble Gatewing X100 -lennokkijärjestelmän seuraaja (Kuvio 2). Se on valmistunut vuonna 2013. Sen teknologiaa ja sovelluksia käytetään mittaus- ja kartoitustekniikassa, kaivoksilla, maanrakennuksessa sekä maa- ja metsätaloudessa. Kiinteäsiipisen lennokin rakenne muodostuu polypropeenivaahdosta, hiilikuidusta, iskunkestävästä muovista ja komposiittielementtien yhdistelmistä. Lennokin maksimi kantokyky on 500 grammaa ja kokonaispaino kaksi ja puoli kiloa. (Trimble 2015e.)



Kuvio 2. Trimble UX5 (Geotrim 2015.)



Akku painaa 600 grammaa ja sen käyttöjännite on 14,8 voltia ja teho 6000 milliampeerituntia. Siipien kärkiväli on sata senttimetriä eli sama kuin X100:ssa. Siipien pinta-ala on noussut 34 neliödesimetriin. Laitte lentää 700 wattisen harjattoman sähkömoottorin pyörittämän potkurin voimalla ja sen lentoaika on 50 minuuttia. UX5-järjestelmän lentonopeus on 80 kilometriä tunnissa, lentomatka 60 kilometriä ja toimintasäde viisi kilometriä. Lennokin tuulensietokyky on 18 metriä sekunnissa. Laitteen minimi toimintalämpötila on -20 astetta ja maksimi toimintalämpötila 48 astetta. Kartoituslennokki mukautuu muotoilunsa ansiosta vesisateeseen, tuuliseen säähän, kuumaan helteeseen ja lumiseen maastoon. (Geomatching 2015a; Trimble 2015e, 1-2.)

Lennokki ammutaan katapultilla taivaalle 30 asteen nousukulmassa ja se laskeutuu 14 asteen kulmassa. Suositeltu laskeutumisalue on 50 metriä pitkä ja 30 metriä leveä. Laitteen laskeutuminen on kehittyneen hallintamenetelmän vuoksi täsmällinen, joten se onnistuu laskeutumaan ahtaammalle alueelle. Laskeutumisen voi aloittaa 300 metriä laskeutumispaikasta. UX5 on yhteensopiva Trimble Access-ilmakuvaseovelluksen ja Trimble Tablet PC:n kanssa, joka toimii maa-asemana. Ilmakuvaseovelluksella voidaan tehdä lentosuunnitelma, suorittaa selkeiden työnkulkujen avulla tarkistukset ennen lentoa ja monitoroida itse lentoa. Digitaaliset tarkistuslistat ovat apuna ennen lentoa ja lennon jälkeen huomioiden lentojen kriittiset kohdat. Näillä tavoin turvallisuus ja tulosten luotettavuus paranee. UX5 on lentovalmis vain viidessä minuutissa. Lentotaitoja ei vaadita, mutta 15 tunnin harjoittelu tarjotaan. (Geotrim 2015; Trimble 2015d.)

UX5-järjestelmän päivitetty versio käyttää Sonyn a5000 peilitöntä 24 megapikselin APS-C sensorilla varustettua kameraa. Tiedonkeruu on mahdollista jopa kahden senttimetrin resoluutiolla maan pinnasta. UAS-järjestelmällä on hyvin korkeatasoinen kuvanlaatu ja datan tarkkuus. Myös UX5 sisältää Trimble Business Centerin fotogrammetriamoduulin, jolla ilmakuvista luodaan ortokuvat, äärikuvakartat, pistepilvet, digitaaliset maastomallit (DSM) ja ominaisuuskartat. Ilmakuvat sekä muilla laitteilla, kuten GNSS-vastaanottimella kerätty data voidaan yhdistää TBC:n avulla yhdeksi ratkaisuksi. (Geotrim 2015a; Trimble 2015f.)

Trimblen Suomen maahantuojan Geotrimin tuotepäällikkö Sakari Mäenpää kertoo hänelle tehdyssä sähköpostihaastattelussa, että laitekoonpano maksaa yli 40 000 euroa, sisältäen itse lennokin, kameran, laukaisualustan, Tablet PC:n Access Aerial Imaging -ohjelmistolla, Trimble Business Center -ohjelmiston fotogrammetriamoduulilla sekä muut vaadittavat perustarvikkeet. Kokonaishintaa kasvattavat mahdollinen vararunko, toinen kamera lähi-infra optiolla, koulutuksen määrä, hankittavat varaosat ja muut mahdolliset tekijät. (Mäenpää 2015.)

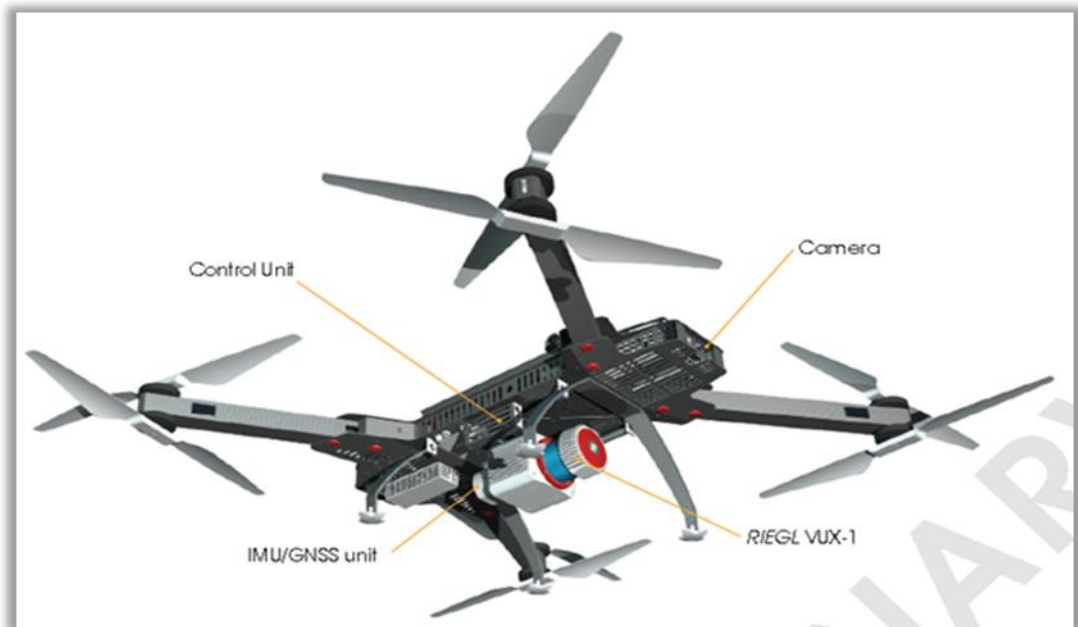
### 3.2 RIEGL

Johannes Riegl perusti RIEGL-yrityksen vuonna 1978. Riegl on johtava laserskannausjärjestelmien kehittäjä ja valmistaja 35 vuoden kokemuksella. Yritykseltä löytyy kattava valikoima 1D-, 2D- ja 3D -lasermittavälineitä mukaan lukien miehittämättömät laserskannaukset. Riegl on aina ollut tarkka siitä, että heidän tuotteensa ja palvelunsa vastaavat korkeinta suorituskykyä, laatua, luotettavuutta ja pitkäikäisyyttä kansainväliset standardit huomioon ottaen. Tavoitteena on täyttää asiakkaiden odotukset mittalaitteiden vaatimusten suhteen maailmanlaajuisesti. Yrityksen päämaja sijaitsee Hornissa, 85 kilometriä luoteeseen Itävallan pääkaupungista Wienistä. (RIEGL 2015a.)

Myyntikonttorit löytyvät Wienistä ja Salzburgista. Pääkonttoreita on sijoitettu Yhdysvaltoihin, Japaniin ja Kiinaan. Yrityksen myyntiedustajien verkosto kattaa Euroopan, Etelä- ja Pohjois-Amerikan, Aasian, Australian ja Afrikan. Päämajassa on tilaa yli 40 000 neliometriä tuotteiden suunnitteluun, kehittämiseen ja tuotantoon sekä myös markkinointiin, myyntiin, koulutukseen ja hallintoon. Lisäksi tuotteiden testaukseen on käytössä 350 000 neliometriä avointa ilmatilaa. Itävallassa työskentelee yli 160 korkeasti koulutettua ja motivoitunutta insinööriä, teknikkoo sekä muita päteviä työntekijöitä. (RIEGL 2015a.)

**RIEGL RiCopter with VUX-SYS** on vuonna 2014 valmistunut täydellinen UAS-kopteri sisältäen lidarin eli optisen kaukokartoituslaitteen VUX-1 skannerin kameroineen ja ilma-aluksen lennättämiseen (Kuvio 3). Toisin kuin Trimblen UAV-

laitteissa Riegl RiCopter suorittaa kameralla saatujen kuvien skannauksen lennon aikana. Alustassa on tilaa neljälle eri kameralle. Sen teknologiaa hyödynnetään muun muassa täsmäviljelyssä, arkeologisen ja kulttuurisen perinnön dokumentoinnissa, tulva-alueen kartoituksessa, maastokartoituksessa, avolouhoksilla, kaupunkiympäristön mittauksessa sekä junaradan kartoittamisessa. Laserkeilaus mahdollistaa kasvillisuuden peittämien alueiden kartoittamisen, kun taas kuvausjärjestelmillä kasvillisuuden sisään tai alle ei päästä. (RIEGL 2015b.)



Kuvio 3. RIEGL RiCopter with VUX-SYS (Nordic Geocenter 2015a.)

Kopterissa on kahdeksan roottoria, joiden varret kääntyvät sivulle. Roottorit sijaitsevat neljässä nurkassa kaksi päällekkäin parantaen kopterin vakautta. Laitteiston kokonaispaino on alle 25 kilogrammaa, UAV-kopterin paino 9 kilogrammaa, akun paino 8 kilogrammaa ja itse ilma-aluksen kantokyky 16 kilogrammaa. UAV-laitteen siipien kärkiväli on 192 senttimetriä, pituus 182 senttimetriä ja korkeus 47 senttimetriä. Järjestelmän maksimi lentonopeus on 60 kilometriä tunnissa ja lentoaika 30 minuuttia. Kopterin toimintalämpötila vaihtelee -5 ja +60 asteen välillä. Laitte sietää maksimissaan enimmillään 8 metriä sekunnissa tuulta. RIEGL RiCopter on kuljetuskoossa 62 senttimetriä pitkä ja 99 senttimetriä leveä. (Geomatching 2015b.)

UAV-kopteri sisältää RIEGL VUX-SYS järjestelmän, joka on pieneen tilaan mahtuva ilmalaserkeilainjärjestelmän miniatyyriversio. Järjestelmä on yhteensopiva kaikkiin keveisiin miehittämättömiin ja miehitettyihin ilma-aluksiin. VUX-SYS komponentteja ovat Riegl VUX-1 laserkeilain, IMU/GNSS- yksikkö, GNSS antenni, kontrolliyksikkö sekä kaksi Sony Alpha 6000 kameraa. Lisäksi asennuslustana on VP-1 pod. RIEGL VUX-1 on pieni ja kompakti kolmen ja puolen kilon skanneri. Sen mittausetäisyys on yli 900 metriä, mutta suositeltu maksimilentokorkeus on 350 metriä. Sen skannausnopeus on 200 poikkileikkausta sekunnissa ja pulssintoistotaajuus 550 kilohertsiä. (RIEGL 2014, 1-2; Nordic Geocenter 2015a.)

**VQ-480** on RIEGLin tuotevalikoimasta löytyvä kevyt ja nopea skanneri lentokoneisiin, helikoptereihin ja miehittämättömiin ilma-aluksiin (Kuvio 4). Sitä käytetään voimalinjojen tarkastuksiin, käytävämäisesti tehtävään kartoitukseen ja tarkkaan maanmuotojen mittaukseen kulttuuriperinnön etsimistä ja dokumentointia varten. Skannerista on olemassa useita eri versioita, joissa paino ja ominaisuudet vaihtelevat. ( RIEGL 2012, 1.)



Kuvio 4. RIEGL VQ-480 (GPS lands 2015.)

**LMS-Q160** on kevyt ja kompakti 2D-skanneri, joka havaitsee jopa sähköjohdot ja pienetkin oksat yhteentörmäyksen välttämiseksi (Kuvio 5). Miehittämättömien

UAV-laitteiden lisäksi skanneria käytetään myös ajoneuvoissa sekä valvontasovelluksissa. (RIEGL 2010, 1.)



Kuvio 5. RIEGL LMS-Q160 (RIEGL 2010, 1.)

### 3.3 Topcon/MAVinci

Japanilainen Topcon Corporation -konserni on perustettu vuonna 1932 ja sen pääkonttori sijaitsee Tokiossa. Yrityksen toimitusjohtaja toimii Satoshi Hirano. Yrityksellä on yli 300 patenttia pelkästään Yhdysvalloissa. Topconin vuosittainen liikevaihto on noin biljoona dollaria ja se työllistää yli 4000 työntekijää maailmassa. Konsernin jäsenenä on paikannus- ja mittausjärjestelmiin keskittynyt Kaliforniassa sijaitseva Topcon Positioning Systems. Yhtiö kuuluu mittaus- ja navigointilaitemarkkinoilla kolmen kärkeen. (Topcon 2015a.)

MAVinci on erikoistunut kehittämään UAS-teknologiaa, joka on suunniteltu erityisesti rakennustyömaille, katastrofialueille, kaivoksille ja louhoksille. Yritys sijaitsee Saksassa. Tuotteiden myynnin ja vuokrauksen lisäksi MAVinci tarjoaa kuvauspalvelua asiakkaiden tilauksesta. (MAVinci 2015.)

**Sirius Pro** on vuonna 2013 kehitetty kiinteäsiipinen lennokki, joka käyttää maailman ensimmäisenä GNSS-RTK teknologiaa (Kuvio 6). Se sisältää oman GNSS-tukiaseman, jonka avulla päästään tarkkuuteen 2-5 senttimetriä. Maastoon mitattavia tukipisteitä ei tarvita, joten aikaa säästyy. Kone heitetään kädestä ilmaan. Lennokin siipien kärkiväli on 1,6 metriä, pituus 1,2 metriä, korkeus 21

cm ja paino kameran kanssa 2,7 kilogrammaa. Se käyttää voimanlähteenä harjatonta 680 watin sähkömoottoria. (Topcon 2015b, 3-20.)



Kuvio 6. Sirius Pro (Geomatching 2015c.)

UAS lentää maksimissaan 65 kilometriä tunnissa ja sen tuulen sietokyky on 18 metriä sekunnissa. Pisin lentoaika on 50 minuuttia. Lisäksi Sirius Pro on pitkäikäinen. Sen on mahdollista suorittaa jopa 200 laskeutumista. Lennokki on mukautuvainen sääolosuhteisiin, sillä sitä voi käyttää -20 asteen pakkasilla ja vesisateella. Kone on rakennettu kevyestä vaahtomateriaalista ja se on helppo kuljettaa taittuvien propellien ansiosta. (Topcon 2015b, 19-20.)

Lennokilla on käytössä MAVinci Desktop lennonsuunnittelu- ja ohjaussovellus. Sen avulla lennon määränpäättä voi muuttaa vaikka kesken lennon. Siriuksen kamerana toimii 16 megapikselin Panasonic Lumix GX1 Micro Four Thirds -peilitön järjestelmäkamera. Sirius on Topconin ja MAVincin luoma yhteistuotos. (Topcon 2015b, 13-16.)

### 3.4 Camflight

Norjalainen Camflight- yritys kiinnostui multiroottorikoptereista vuonna 2009. Apurahaa yritys haki vuonna 2011 pystyäkseen kehittämään palveluja ortokuvia ja maastomalleja käyttämällä. Palvelut lanseerattiin vuonna 2012 ja samana vuonna he alkoivat kehittää omaa multiroottorirobottia. Tulokset yllättivät positiivisesti ja näin syntyi Camflight- konsepti. (Camflight 2015a.)

**Camflight X8**-kartoitusrobotissa on kahdeksan roottoria (Kuvio 7). Laitteistoa käytetään muun muassa ortokuvaan- ja maastomallinnuksiin, ilmakuviin ja -videoihin, yhdyskuntasuunnitteluun, maatalouteen, lumivyöry- ja onnettomuustutkintaan sekä tarkastus- ja pelastustehtäviin. Lentoaika on noin 45 minuuttia ja pattereiden lataus kestää 90 minuuttia. Lentoa seurataan PC:n kautta. Laite lentää vakaasti ja upealla tarkkuudella. Laitteen tuulensietokyky on 15 metriä sekunnissa. (Camflight 2015b; Camflight 2015c.)



Kuvio 7. Camflight X8 (Camflight 2015b.)

Robotti vakaannuttaa kameran automaattisesti ja tasapainottaa tuulen heilahte-  
lut. Robotissa voidaan käyttää mitä tahansa kameraa, mutta erityisesti suositel-  
laan käytettäväksi Olympus E-PM 2 -mallin järjestelmäkameraa, jolla saadaan

resoluutioksi 3,3 senttimetriä 120 metrin korkeudesta. Lentoa on mahdollista seurata reaaliajassa virtuaalisilmälaseilla tai näytöltä. Laskeutumiseen UAV-kopteri tarvitsee vain 3 metriä pitkän ja 3 metriä leveän alueen. (Camflight 2015d; Camflight 2015e.)

### 3.5 Aibotix

Aibotix on saksalainen vuonna 2010 perustettu yritys, joka kehittää ja tuottaa korkealaatuisia, älykkäitä ja helppokäyttöisiä lentolaitteita. Yritys työllistää 28 kokenutta yrittäjää, jotka ovat työskennelleet kuvankäsittelyn, anturitekniikan ja robottien parissa useita vuosia. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Saksan Kasselissa. (Press 2014)

**Aibot X6** on automaattisesti lentävä kuusiroottorinen kopteri, joka on suunniteltu erityisesti vaativiin mittaustehtäviin ja teollisuuskäyttöön (Kuvio 8). Roottorit on päällystetty niiden suojaamiseksi. Se on kehitetty vuonna 2011 ja laitetta on päivitetty tänä vuonna. (Aibotix 2015.)



Kuvio 8. Aibot X6 (Aibotix 2015.)

Kopteri painaa 3,4 kilogrammaa, sen siipien kärkiväli on 105 senttimetriä, pituus 105 senttimetriä ja korkeus 45 senttimetriä. Laitteella voidaan lentää sekä pysty- että vaakasuoraan. Kopteri liikkuu 50 kilometriä tunnissa, sen lentoaika on



30 minuuttia ja se voi nousta jopa tuhannen metrin korkeuteen hyvissä olosuhteissa. Laite sietää 10 metriä sekunnissa puhaltavaa tuulta ja soveltuu käytettäväksi myös -20 asteen pakkasilla. (Aibotix 2015.)

Aibotissa voidaan käyttää mitä tahansa tavanomaista kameratyyppiä, joka painaa alle 6,6 kilogrammaa. Siihen voidaan liittää tavanomaisen kameran sijaan myös videokamera, lämpökamera tai ultraäänikamera. UAV-laite toimii esimerkiksi Canon EOS 5D Mark II ja Nikon D5100-kameroiden kanssa. Lämpökameralla on helppo paikantaa lämpövuodot kaikenlaisista rakenteista. Kopteria on käytetty myös ympäri maailmaa maanjäristysalueiden vaurioiden selvittämiseen. 20 minuutissa on mahdollista mitata 50000 neliömetrin kokoinen alue. (Leica Geosystems 2014, 1-2.)

Kopteri on mahdollista ohjelmoida ennen lentoa tarkasti huolehtimaan kuvauksesta täysin automaattisesti. Lentosuunnitelma tehdään AirProFlight-ohjelmalla. Siinä on mahdollista määrittää esimerkiksi lentokorkeus, nopeus ja etäisyys, sekä turvarajat, joiden ulkopuolelle kone ei saa lentää. Kuvaussuunnitelmassa taas määritellään esimerkiksi kuvauspaikat ja haluttu resoluutio. Kopteria ja kameraa on mahdollista ohjata lennon aikana kaukosäätimeltä tai tietokoneelta. Kameran kuvauskulmaa on mahdollista säätää 90 asteesta 45 asteeseen, joka mahdollistaa esimerkiksi kaivosten seinämien täsmällisen kuvauksen. (Leica Geosystems 2014, 1-2.)

### 3.6 Trigger Composites

Trigger Composites on puolalainen vuonna 2006 perustettu erityisesti UAV-teknologian kehittämiseen ja valmistamiseen keskittynyt yritys. (Trigger Composites 2015a).

**Pteryx UAV** on vuonna 2010 kehitetty pitkään lentävä UAV-ratkaisu ja sitä on päivitetty vuonna 2014 (Kuvio 9). Laite sopii erityisesti maanviljelyssä täsmäviljelyyn ja laajan alueen kartoitukseen. Lennokilla on mahdollista ottaa ortokuvia, luoda digitaalisia pintamalleja (DSM) ja kartoittaa kasvillisuutta. Alkuperäiseen

laitteeseen verrattuna muutoksia on tehty muun muassa ohjelmistoihin, kame-  
roihin, propellijärjestelmään ja rakennemateriaaleihin. PTERYX on valmis rat-  
kaisu, joka sisältää lennokin, RC-ohjaimen, maastotietokoneen ohjelmistolla,  
kameran ja Pix4D- fotogrammetria -ohjelmiston. (Trigger Composites 2015a.)

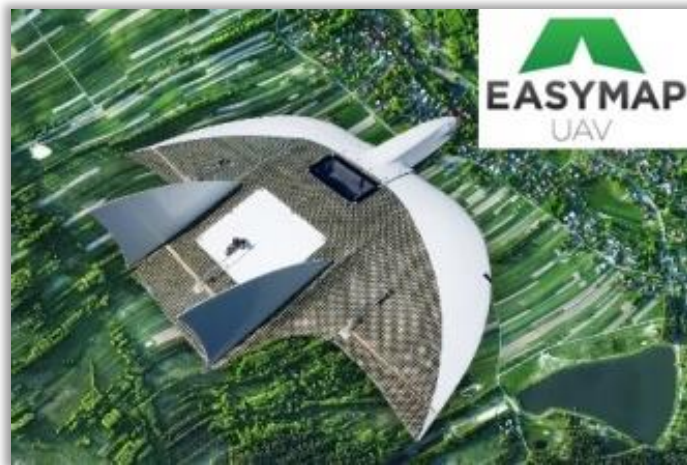


Kuvio 9. Pteryx UAV (Geomatching 2015d.)

UAV-laitteen siipien kärkiväli on 270 senttimetriä, pituus 140 senttimetriä, kor-  
keus 40 senttimetriä ja se painaa 3 kilogrammaa. Sen maksimi kantokyky on  
yhden kilon. Lennokkia mainostetaan pitkään lentävänä ratkaisuna; pienellä  
kantokuormalla se lentää jopa kaksi tuntia ja sen maksimi lentonopeus on 70  
kilometriä tunnissa. Laite on suunniteltu toimimaan vaihtelevissa sääoloissa;  
sekä -15 asteen pakkasessa että 45 asteen lämmössä. Se sietää hyvin lumi- ja  
vesisateen sekä 10 metriä sekunnissa tuulta. Lentoon lähtö tapahtuu katapultin  
avulla. Lentotaitoja vaaditaan ja harjoittelutunteja tarjotaan 32 kappaletta. Maa-  
asema ilmoittaa kaikki kriittiset lentotiedot, kuten UAV:n sijainnin, akun tilan ja  
tehtävän edistymisen. Laitteessa on vakiona 16 megapikselin Sony NEX -  
kamera. (Geomatching 2015d; Trigger Composites 2015a.)

**EasyMap UAV** on kehitetty vuonna 2012 ja siihen on tehty muutoksia vuonna  
2014 (Kuvio 10). Laitteen siipien kärkiväli on vain 90 senttimetriä, pituus 87  
senttimetriä ja korkeus 12 senttimetriä. Se painaa kaksi ja puoli kiloa ja lentää

jopa 45 minuuttia. Lennokki lentää 75-85 kilometriä tunnissa ja se kestää 15 metriä sekunnissa tuulta. Lentoon lähtö tapahtuu kädestä heittämällä. Laskeutumisnopeus on vain 35 kilometriä tunnissa ja lennokka on rakenteeltaan ”luodinkestävä”, joten se on melkein mahdotonta rikkoa. Maa-asemana toimii pitkäkantoinen lennonsuunnittelu-ohjelmiston sisältämä kannettava tietokone. Tämän avulla lennokille voidaan lähettää käskyjä jopa kesken lennon. Pilottitaitoja ei vaadita, mutta 16 tunnin harjoittelu tarjotaan. Kamerana toimii vaihdettavissa oleva 16 megapikselin Sony NEX -kamera. (Trigger Composites 2015b.)



Kuvio 10. EasyMap UAV (Geomatching 2015e.)

### 3.7 Smartplanes

Smartplanes on ruotsalainen vuonna 2005 perustettu RPAS-laitteita valmistava yritys. Toimitusjohtajana toimii Ola Friström. Yrityksen tavoitteena on valmistaa lennokkeja, jotka ovat monimutkaisia, mutta silti aloittelijoille sopivia helppokäyttöisyyden vuoksi. (Smartplanes 2015.)

**SmartOneC**-lennokki on kehitetty vuonna 2011 ja sitä on päivitetty tänä vuonna (Kuvio 11). SmartOneC-järjestelmä painaa lentoon noustessa 1,2 kilogrammaa ja sen maksimi kantokyky on 200 grammaa. Sen siipien kärkiväli on 118 senttimetriä ja korkeus 10 senttimetriä. Lennokki kootaan rungosta, kahdesta siiven puolikkaasta ja kahdesta siiven kärkivahvikkeesta. Sen matkanopeus kuvatussa on 43 kilometriä tunnissa ja maksiminopeus 90 kilometriä tunnissa. Lentoaika

on 45 minuuttia. Lennokki käyttää 200 watin moottoria ja 11,1 voltin litium-akkaa. Lentoon lähtö tapahtuu kädestä heittämällä. Kamerana toimii 16 megapikselin RGB-kamera tai 12 megapikselin NIR-kamera, joka painaa alle 245 grammaa. Maa-asemana toimii PC tai tabletti. Lentotaitoja ei vaadita, mutta neljän tunnin lentoharjoittelu tarjotaan. (GerMAP 2015a, 1)



Kuvio 11. SmartOneC (Geomatching 2015f.)

### 3.8 C-Astral

C-Astral on slovenialainen ilmailualan yritys, joka tuottaa valmiita UAV-ratkaisuja. Vuodesta 1994 yrityksen perustajat ovat kehittäneet uusiutuvan energian järjestelmiä. Ilmailuun yritys on alkanut keskittyä vuodesta 1999 alkaen. C-Astral lensi ensimmäisen testilentonsa UAV-laitteella Sloveniassa vuonna 2005. (C-Astral 2014a.)

**Bramor gEO** on kehitetty jo vuonna 2006 ja sitä on päivitetty vuonna 2014 (Kuvio 12). Uusimmassa versiossa siipien kärkiväli on 230 senttimetriä, korkeus 15 senttimetriä ja paino 4 kilogrammaa. Sen kantokyky on yksi kilogramma. Sen on mahdollista lentää jopa sata kilometriä tunnissa. Enimmillään lentoaika on sata minuuttia. Bramor gEO sopeutuu helposti vaihteleviin olosuhteisiin. Se kestää 21 metriä sekunnissa tuulta, -25 asteen pakkasen ja +50 asteen kuumuuden.

Lentoonlähtö tapahtuu katapultin avulla ja laskeutumista helpotetaan laskuvarjon avulla. Lennokkiin käy 24.3 megapikselin kamera varustettuna joko 19 millimetrin tai 30 millimetrin linssillä. Järjestelmään sisältyy RGB Sony APS-C kamera 30 millimetrin linssillä. Lentoharjoittelua tarjotaan 15 tuntia. Maastotietokoneena toimii Panasonic CF-19, jonka avulla lentoa on mahdollista seurata reaaliajassa. (C-Astral 2014b; Geomatching 2015g.)



Kuvio 12. Bramor gEO (C-Astral 2014c.)

## 4 MUITA UAV-PALVELUIDEN TUOTTAJIA

### 4.1 Maahantuoja ja jälleenmyyjä

**Nordic Geocenterin** perusti vuonna 2005 Hannu Heinonen. Yritys sijaitsee Helsingissä ja on keskittynyt 3D-laserskannereiden maahantuontiin, myyntiin ja käytön koulutukseen. Yritys maahantuo ja myy RIEGLin valmista ratkaisua RICOPTERIA sekä UAV-laitteisiin liitettäviä RIEGLin UAS-laserskannereita. Lisäksi yritys maahantuo Topconin Sirius Pro- lennokkia. (LinkedIn 2015.)

**Geotrim Oy** on perustettu vuonna 2001 ja se sijaitsee Vantaalla. Toimitusjohtajana toimii Timo Sääski. Yritys maahantuo Trimblen mittaus- ja paikannusjärjestelmiä ja jälleenmyy niitä. Laitteita on mahdollisuus myös vuokrata. Lisäksi Geotrim vastaa Suomessa Trimblen tuotteiden huoltopalvelusta, teknisestä tuuesta ja koulutuksesta. Lennokkikartoitukseen Geotrim myy Suomessa palvelupisteessä sekä verkkokaupassa Trimblen UX5- lennokkijärjestelmää. (Geotrim 2015b.)

**Leica Geosystems Oy** on Leica Geosystems AG:n omistama tytäryhtiö ja sen myyntikonttori sijaitsee Suomessa, Espoossa. Pohjois-Suomen alueen Myyntikonttori toimii Oulussa. Toimitusjohtajana toimii Esa Wikman. Leican laitteita on käytetty Suomessa jo vuosikymmeniä. UAV-ratkaisuista Leica myy Suomessa Aibotixin Aibot X6- järjestelmää. (Leica Geosystems 2015.)

**GerMAP** on vuonna 2006 Werner Mayerin toimesta perustettu RPAS-järjestelmien ja ilmasovellusten jälleenmyyjä. Sen toimipiste sijaitsee Saksassa, Welzheimissa. Yrityksen tuotteisiin kuuluu muun muassa ruotsalainen Smartplanes SmartOneC- lennokki. (GerMAP 2015b.)

### 4.2 Palveluita tarjoavia yrityksiä

**Destia Oy** on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyritys. Yrityksen toimitusjohtajana työskentelee Hannu Leinonen. Destia nimitys otettiin käyttöön

14.2.2007, kun Tieliikelaitos otti sen nimekseen. Yrityksen toiminta jakautuu neljään alueellisen tulosityksikköön sekä asiantuntijapalvelut-tulosityksikköön. Alueellisia yksiköitä ovat Etelä-Suomi, Länsi-Suomi, Itä-Suomi ja Pohjois-Suomi. Destian palveluihin kuuluu rakentaminen, ratarakentaminen, kiviainekset, kunnossapito, suunnittelu ja mittaus. Ilmakuvauksissa Destia käyttää Camflight X8-kopteria. (Destia 2015.)

**Mitta Oy** on vuonna 1989 perustettu oululainen mittaus-, kartoitus- ja laserkeilauspalveluja tarjoava yritys. Firman alaisuudessa työskentelee 80 työntekijää eri paikkakunnilla. Toimipisteet sijaitsevat Oulussa, Torniossa, Vantaalla ja Lahdessa. Ilmakuvauksissa Mitta Oy:n käytössä ovat slovenialainen C-Astralin Bramor gEO ja Trimblen Gatewing X100-lennokit. Lisäksi kuvauskalustona toimii SmartOneC- lennokkirobotti varustettuna 10 megapikselin Canon Powershot S95 -kompaktikameralla. (Mitta 2015.)

#### 4.3 Näkemyksiä ja kokemuksia

Geotrimin tuotepäällikkö Sakari Mäenpää kertoo hänelle osoitetussa sähköpostihaastattelussa mielteitään Trimblen laitteiden tulevaisuudennäkymistä sekä yleisesti UAV- ja UAS- järjestelmien tulevaisuuden kehityksestä. Trimblen laitteiden osalta hän kertoo tulevaisuudennäkymien olevan hyvät, sillä UAV-tekniikka on Trimblellä strategisesti merkittävä. Trimblellä on alan johtava digitaalisen fotogrammetrian ohjelmisto-osaaminen vuonna 2007 hankitun Inphon kautta. Inphon tekniikka on tuotu Trimble Business Centerin ja sen fotogrammetriamoduulin kautta kaikkien maanmittareiden ulottuville. Järjestelmä on erityisen helppokäyttöinen ja aineiston prosessointi on pitkälle automatisoitu. (Mäenpää 2015.)

Mäenpään mukaan tulevaisuudessa tulee tapahtumaan paljon kehitystä automaattiprosessoinnin tuotannossa muun muassa automaattinen piirteiden irrottamista kuvilta. Trimblen UAV on yhteensopiva muun mittausvälineistön kanssa ja se on suunniteltu ainoastaan maanmittauskäyttöön. (Mäenpää 2015.)

Lisäksi haastattelussa Mäenpää kuvailee yleisesti UAV- ja UAS-järjestelmien tulevaisuuden kehitystä. UAV ja UAS-teknologialla on suuri kasvupotentiaali maanmittauskäytössä. Hänen mukaansa lainsäädännön puuttuminen on varmasti aiheuttanut epävarmuutta ja vaikuttanut siihen ettei teknologiaa ole otettu käyttöön odotusten mukaisesti. Lainsäädännön valmistuessa tänä vuonna poistuu tärkeä este teknologian omaksumiselta. (Mäenpää 2015.)

Mäenpää kertoo UAV-teknologian olevan viiden vuoden sisällä laajasti mittauskonsulttien ja suurempien kuntien sekä muiden mittauksia tekevien organisaatioiden käytössä. Tämä kohottaa tuottavuutta vanhoihin työtapoihin verrattuna. UAV-teknologialla voidaan vähentää kallista maastomittausta. Menetelmä ei toki korvaa maastomittausta, mutta paikkaa aukon sen ja isolla kuvauskalustolla toteutettavien hankkeiden välissä ja mahdollistaa niiden hankkeiden toteuttamisen, jotka ovat aiemmin olleet ainoastaan isojen konsulttien toteutettavissa. Näin kustannukset pienenevät. (Mäenpää 2015.)

Positio-lehden artikkelissa ” Uusia asukkaita ilmakuvaukselle” Mitta Oy:n varatoimitusjohtaja Mikko Ilmonen kertoo yrityksen kokemuksista kahden kuukauden ajalta GatewingX100 UAV-laitteesta. Ilmonen kertoo kuvitelleensa, että lentoja voisi tehdä useita päivässä, mutta realistista on vain yksi tai kaksi lentoa päivässä”. Mitta Oy aloitti ensimmäisenä Suomessa maalaserkeilaimen käytön mittaamisessa ja täydensi keväällä 2011 kalustoaan miehittämättömällä lennokilla. Yritys on hyödyntänyt lennokkia muun muassa kaivosteollisuudessa ja soraurakoitsijoiden maa-ainesinvestoinneissa. (Isotalo 2011, 17-19.)

Myöhemmin Ilmonen on kirjoittanut arvostelun C-Astralin Bramor gEO-lennokista laitevertailusivustolle geomatching.com. Arvostelussa Ilmonen toteaa, että 2 vuoden käyttökokemuksen jälkeen voi sanoa Bramor gEO:n olevan ammattilaiskäyttöinen UAV. Laskuvarjolla laskeutuminen tukee kapeaa laskeutumista Suomen metsissä ja antaa itsevarmuutta ohjaajalle. Lisäksi lennon suunnittelu valtakunnallisilla taustakartoilla tekee sen helpoksi. (Geomatching 2015g.)



GIM INTERNATIONAL lehden artikkelissa ” Innovating Laser Scanning Technology” haastatellaan RIEGL yhtiön perustajaa ja toimitusjohtajaa Johannes Riegleä. Haastattelussa Riegl ennustaa, että tulevaisuudessa miehittämättömät lennokit on varustettu sekä laserskannerilla että kameroilla. Lisäksi hän uskoo, että moniaaltoisia ilmailuantureita asennetaan yleisesti kaiken tyyppisiin miehitettyihin ja miehittämättömiin lennokkeihin. Riegl kertoo, että UAV anturialustojen kysyntä ja saatavuus markkinoilla ovat nopeasti kehittymässä. (Pronk 2013, 16-19.)

## 5 POHDINTA

UAV-laitteiden kehityskaari ”kuumailmapallopommeista” itsenäisesti lentäviksi ilma-aluksiksi on ollut huikeaa. Viime vuosikymmeninä kehitys on ollut vauhdikkainta. Aluksi miehittämättömiä lennokkeja valmistettiin ainoastaan sotilaskäyttöön lähinnä tiedustelua varten. Myöhemmin lennokkeja alettiin valmistaa myös siviilipuolelle, jolloin niiden käyttötarkoitukset lähtivät monipuolisesti laajenemaan.

Kun lennokkien hyödyt huomattiin, niiden kysyntä lisääntyi voimakkaasti. Sen johdosta alalle tuli paljon uusia toimijoita, jotka kilpailevat keskenään ostajista ja palveluiden käyttäjistä. Aluksi laitteet olivat hintatasoltaan kalliita ja käytettävyydeltään kömpelöitä. Lennokkien ohjattavuus on tarkentunut ja laskeutumisalueiden koot pienentyneet. Aluksi lennokit oli tarkoitettu vain ulkokäyttöön, mutta nykyään monet rakennusmittaukset suoritetaan erittäin pienillä mini-uav lennokeilla. Laitteiden voimakkaasti lisääntynyt käyttö ja niiden käyttöalueiden laajentuminen kilpailun lisäksi ovat laskeneet laitteiden hintoja.

Nykyäänä UAS-järjestelmät ovat lähes kaikki sidoksissa johonkin tiettyyn kameratyyppiin ja tiettyihin ohjelmistosovelluksiin. Tulevaisuudessa laitteita tulaaan kehittämään yhä eteenpäin siten, että useat kameratypit ja eri ohjelmistoyritysten tekemät sovellukset voidaan yhdistää useisiin eri UAV-laitteisiin.

Ilmakuvien tarkkuutta pyritään parantamaan alhaisemmilla lentokorkeuksilla ja -nopeuksilla. Ongelmaksi tällöin muodostuvat tuulen ja ilmavirtausten aiheuttamat epävakaudet lennokille. Matalalla hiljaa lentäen saadaan tarkkaa ilmakuvaa, mutta kuvattava alue jää pieneksi koneen lentokapasiteetin vuoksi. Kone voi olla ilmassa vain minuutteja tuntien sijasta. Lennokki ottaa kuvia muutaman sekunnin välein ja kuvat yhdistetään limittäin ehyeksi kokonaiskuvaksi. Lennokkien koko ja paino pienenevät, jolloin koneiden hintataso laskee.

Opinnäytetyön haasteeksi muodostui laitevalmistajien määrä ja UAV-laitteiden suuri valikoima. Valitsin työhöni laitteita, joita Suomessa ja maailmalla yleisesti

käytetään. Alussa tekemäni päätöksen mukaisesti esittelin työssäni kymmenen valmista UAV-ratkaisua ja kaksi UAV-laitteisiin liitettävää laserskanneria. Lisäksi tiedonkeruun vaativuutta lisäsivät englannin-, ruotsin- ja saksankieliset lähdesivustot ja lehtiartikkelit. Näin ollen työ kehitti omaa kielitaitoani ja sanavarastoani. Aluksi jouduin keskittymään yleisesti käytettyjen lyhenteiden merkitysten selvittämiseen ja vierassanojen opetteluun.

Työlle asetetut tarkoitukset ja tavoitteet täyttyivät mielestäni osittain. Olisin toivonut löytäväni enemmän tietoa laitteiden hintaluokista. Lisäksi lähettämiini haastatteluihin vastasi vain yksi yritys. Tarkoituksena oli tehdä kattava yhteenvedo saatavilla ja käytössä olevista UAV-laitteista ja UAS-järjestelmistä. Mielestäni työ jäi kuitenkin hieman liian suppeaksi laitteiden esittelyn osalta, sillä muutama esittelemisen arvoinen laite jäi opinnäytetyön ulkopuolelle. Lisäksi muutamasta laitteesta tietoa oli saatavilla melko niukasti.

Opinnäytetyön lähdeviitteiden ja lähdeluettelon laatimiseen olisi pitänyt kiinnittää huomioita enemmän alusta alkaen. Kielenhuollonohjauksen tarkastuksessa todettiin selviä puutteita lähdemerkinnöissä. Jälkikäteen lähdesivustojen etsintä osoittautui työlääksi. Opinnäytetyön tekemiseen oli varattu aikaa noin kuusi viikkoa, joten aikataulu oli tiukka.

Laitteiden aleneva hintataso houkuttelee yhä useampia yrityksiä alalle. Lennokien pienempi koko vähentää maassa olevien katsojien sekä muiden ilmassa liikkuvien onnettomuusriskejä. Tänä vuonna ilma-aluksia koskevan lainsäädännön voimaantulo ja tulevat vuodet tulevat näyttämään uav-kartoituksen merkityksen maanmittauksessa tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Aibotix 2015. Aibot UAV. Viitattu 30.3.2015

<https://www.aibotix.com/en/technical-data-aibot-x6.html>.

Anuar, A.,Abdul,S. 2009. Aerial mapping using high resolution camera and unmanned aerial vehicle for Geographical Information System.

Viitattu 18.3.2015 [http://www.academia.edu/494092/Aerial\\_mapping\\_using\\_high\\_resolution\\_digital\\_camera\\_and\\_unmanned\\_aerial\\_vehicle\\_for\\_Geographical\\_Information\\_System](http://www.academia.edu/494092/Aerial_mapping_using_high_resolution_digital_camera_and_unmanned_aerial_vehicle_for_Geographical_Information_System).

Camflight 2015a. About us. Viitattu 27.3.2015

<http://www.camflight.no/en/aboutus>.

Camflight 2015b. Camflight aerial mapping robot. Viitattu 27.3.2015

<http://www.camflight.no/en/solutions/drone-en>.

Camflight 2015c. Technology. Viitattu 27.3.2015.

<http://www.camflight.no/en/solutions/drone-en/technology>.

Camflight 2015d. Camera. Viitattu 27.3.2015

<http://www.camflight.no/en/solutions/drone-en/camera>.

Camflight 2015e. Why. Viitattu 27.3.2015

<http://www.camflight.no/en/solutions/drone-en/why>.

C-Astral 2014a. About. Viitattu 31.3.2015

<http://www.c-astral.com/en/about>.

C-Astral 2014b. BRAMOR gEO. Viitattu 31.3.2015

<http://www.c-astral.com/en/products/bramor-geo>.

C-Astral 2014c. Products. Viitattu 31.3.2015

<http://www.c-astral.com/en/products>.

Destia 2015. Yritys. Viitattu 2.4.2015

<http://www.destia.fi/fi/yritys.html>.

Geomatching 2015a. Trimble UX5. Viitattu 31.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2192-trimble-ux5.html>.

Geomatching 2015b. RiCopter with VUX-SYS. Viitattu 24.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2524-riegl-ricopter-with-vux-sys.html>.

Geomatching 2015c. Sirius Pro. Viitattu 27.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2175-sirius-pro.html>.

Geomatching 2015d. Pteryx UAV. Viitattu 30.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2495-ptyeryx-uav-high-endurance-pro-mapping-uav.html>.

Geomatching 2015e. EasyMap UAV. Viitattu 30.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2191-easymap-uav.html>.

Geomatching 2015f. SmartOneC. Viitattu 31.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2188-smartone-c.html>.

Geomatching 2015g. Bramor gEO UAV. Viitattu 31.3.2015

<http://www.geo-matching.com/products/id2510-bramor-geo-uav.html>.

Geotrim 2015a. Trimble UX5. Viitattu 21.3.2015

<https://shop.geotrim.fi/trimble-ux5.html>.

Geotrim 2015b. Yritys. Viitattu 21.3.2015

<http://www.geotrim.fi/index.php/geotrim/yritys>.

GerMAP 2015a. Specification of SmartOneC. Viitattu 2.4.2015

[http://www.germap.com/pdfs/SmartOneC\\_TechSpec\\_EN\\_131029.pdf](http://www.germap.com/pdfs/SmartOneC_TechSpec_EN_131029.pdf).

GerMAP 2015b. Impressum. Viitattu 2.4.2015

<http://www.germap.com/kontakt/impressum.html>.

GPS lands 2015. RIEGL VQ-480. Viitattu 24.3.2015

[http://www.gpslands.com.my/v2/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&category\\_id=30&product\\_id=60&option=com\\_virtuemart&Itemid=29](http://www.gpslands.com.my/v2/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&category_id=30&product_id=60&option=com_virtuemart&Itemid=29).

Hassinen, A. 2013. UAV-lennokit kokemuksia laitteista. Itä-Suomen yliopisto. Mekrijärven tutkimusasema. Viitattu 16.3.2015

<http://mekri.uef.fi/uav/UAV-lennokit.pdf>.

Hyttinen, T. 2012. Miehitettävään ilma-alusjärjestelmiin perustuvat palvelukonseptit. Aalto-yliopisto. Sovelletun mekaniikan laitos. Diplomityö.

Isotalo, K. 2011. Uusia asiakkaita ilmakuvaukselle. Positio 3/2011

[http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio\\_3\\_2011\\_uusia\\_asiakkaita\\_ilmakuvaukselle](http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_3_2011_uusia_asiakkaita_ilmakuvaukselle).

Leica Geosystems 2014. Aibotix X6V2. Viitattu 30.3.2015.

[http://www.finnmateria.fi/cms/wp-content/uploads/2013/10/Leica\\_Aibotix-tiedote.pdf](http://www.finnmateria.fi/cms/wp-content/uploads/2013/10/Leica_Aibotix-tiedote.pdf).

Leica Geosystems 2015. Yritysinfo. Viitattu 30.3.2015

[http://www.leica-geosystems.fi/fi/Leica-Geosystems-Oy\\_89938.htm](http://www.leica-geosystems.fi/fi/Leica-Geosystems-Oy_89938.htm).

LinkedIn 2015. Nordic Geo Center Oy. Viitattu 30.3.2015  
<https://www.linkedin.com/company/nordic-geo-center-oy>.

MAVinci 2015. About us. Viitattu 27.3.2015 <http://www.mavinci.de/en/company>.

Mitta 2015. Yritys. Viitattu 2.4.2015 <http://www.mitta.fi/yritys.html>.

Mäenpää, S. 2015. Maanmittausinsinööriopiskelijan opinäytetyö. Email  
 Hanna- Mari.Granat@edu.lapinamk.fi 15.4.2015. Tulostettu 16.4.2015.

Nordic Geocenter 2013. Kuhnurit taivaallamme. Viitattu 16.3.2015  
<http://www.geocenter.fi/blogi/kuhnurit-taivaallamme/>.

Nordic Geocenter 2015a. RIEGL VUX-SYSin tiedot. Viitattu 1.4.2015  
<http://www.geocenter.fi/riegl/riegl-vux-sys/>.

Paju, S. 2014. Ostajan opas 2014 -2015:Aloittelijan ja harrastajan kamerat. Viitattu 8.5.2015 <http://raakakuva.fi/2014/11/ostajan-opas-2014-15/>.

Pellikka, I. 2012. Metsä- ja viljelyvarantojen estimointi miehittämättömästä lentolaitteesta. Jyväskylän yliopisto. Tietotekniikan laitos. Pro gradu-tutkielma.

Pitkänen, J. 2009. Lämpökuvauksen tilaajan laadunvarmistusmenetelmänä. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinäytetyö.

Press 2014. Leica Geosystems' UAV solution Aibotix now part of Hexagon. 25.2.2014. Viitattu 30.3.2015 <http://www.suasnews.com/2014/02/27686/leica-geosystems-uav-solution-aibotix-now-part-of-hexagon>.

Pronk, M. 2013. Innovating Laser Scanning Technology. GIM INTERNATIONAL 9/2013, 16-19.

RemotePilot 2014. Small RPAS Safety. Viitattu 21.3.2015  
<http://remotepilot.com.au/small-rpas-safety/>.

RIEGL 2010. LMS Q160. Viitattu 24.3.2015  
[http://www.riegl.com/uploads/tx\\_pxpriegl/downloads/10\\_DataSheet\\_LMS-Q160\\_28-07-2010\\_01.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/10_DataSheet_LMS-Q160_28-07-2010_01.pdf).

RIEGL 2012. RIEGL VQ-480. Viitattu 24.3.2015  
[http://www.riegl.com/uploads/tx\\_pxpriegl/downloads/10\\_DataSheet\\_VQ-480\\_02-04-2012.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/10_DataSheet_VQ-480_02-04-2012.pdf).

RIEGL 2014. NEW RIEGL VUX-1. Viitattu 24.3.2015  
[http://www.geocenter.fi/NGC/wp-content/uploads/2015/03/DataSheet\\_VUX-1\\_02-06-2014\\_PRELIMINARY\\_02.pdf](http://www.geocenter.fi/NGC/wp-content/uploads/2015/03/DataSheet_VUX-1_02-06-2014_PRELIMINARY_02.pdf).

RIEGL 2015a. About RIEGL. Viitattu 24.3.2015  
<http://www.riegl.com/company/about-iriegli/>.

RIEGL 2015b. NEW RIEGL RiCopter with VUX-SYS. Viitattu 24.3.2015  
<http://www.riegl.com/products/uasuav-scanning/new-riegl-ricopter-with-vux-%20sys/>.

Smartplanes 2015. About. Viitattu 31.3.2015 <http://smartplanes.se/about/>.  
 Topcon 2015a. About Topcon. Viitattu 26.3.2015  
<http://www.topconcareers.com/about-topcon>.

Topcon 2015b. Topcon Solutions. Viitattu 26.3.2015  
[http://www.geocenter.fi/wp-content/uploads/2015/02/UAS\\_Solutions\\_Catalog\\_7010\\_2162\\_RevA\\_sm\\_0.pdf](http://www.geocenter.fi/wp-content/uploads/2015/02/UAS_Solutions_Catalog_7010_2162_RevA_sm_0.pdf)

Trafi 2014. Käyttötarkoitus määrittää lennokin ja miehittämättömän ilma-aluksen eron. Viitattu 24.3.2015.  
[http://www.trafi.fi/tietoa\\_trafista/ajankohtaista/2903/kayttotarkoitus\\_maarittaa\\_lennokin\\_ja\\_miehittamattoman\\_ilma-aluksen\\_eron](http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/2903/kayttotarkoitus_maarittaa_lennokin_ja_miehittamattoman_ilma-aluksen_eron).

Trigger Composites 2015a. PTERYX UAV. Viitattu 30.3.2015  
<http://www.pteryx.eu/Pteryx-UAV.php?id=282>.

Trigger Composites 2015b. EasyMap UAV. Viitattu 30.3.2015  
<http://www.easymapuav.com/specification>.

Trimble 2015a. About Trimble: Positioning, Productivity and Innovation. Viitattu 21.3.2015 [http://www.trimble.com/Corporate/About\\_Trimble.aspx](http://www.trimble.com/Corporate/About_Trimble.aspx).

Trimble 2015b. About Trimble: Trimble at a Glance. Viitattu 21.3.2015  
[http://www.trimble.com/Corporate/About\\_at\\_Glance.aspx](http://www.trimble.com/Corporate/About_at_Glance.aspx).

Trimble 2015c. About us. Viitattu 21.3.2015 <http://uas.trimble.com/aboutus>.

Trimble 2015d. Specifications. Viitattu 21.3.2015.  
<http://uas.trimble.com/specifications>.

Trimble 2015e. Trimble UX5 unmanned aircraft system. Viitattu 21.3.2015  
[http://uas.trimble.com/sites/default/files/downloads/trimbleux5\\_datasheet\\_english.pdf](http://uas.trimble.com/sites/default/files/downloads/trimbleux5_datasheet_english.pdf).

Wassmann, M. 2012. UAV laitteet ja niiden tiedonsiirtomenetelmät. Laurea ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Opinnäytetyö.







