
**Kauko-ohjattavan ilma-aluksen hyödyntäminen viheralan
prosesseissa**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Maisemasuunnittelu

Lepaa, kevät 2016

Joel Tefke



Lepaa
Maisemasuunnittelun koulutusohjelma
Viherrakentaminen

Tekijä	Joel Tefke	Vuosi 2016
Työn nimi	Kauko-ohjattavan ilma-aluksen hyödyntäminen viheralan prosesseissa	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten viheralan yrittäjä voi työssään hyödyntää kauko-ohjattavaa ilma-alusta. Aihe on ajankohtainen, koska tekniikan huima kehitys ja hintojen lasku ovat lyhyessä ajassa mahdollistaneet ilmakuvauksen kustannustehokkaan käytön monen alan töissä.

Teoriaosuudessa selvitettiin ilmakuvauksen historiaa, perusteita ja käyttökohteita viheralalla sekä aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä sekä määräyksiä. Ilmakuvaus kauko-ohjattavilla ilma-aluksilla on uusi aihealue, mistä johtuen hyödyllisten kirjallisuuslähteiden puuttuessa työssä käytettiin lähinnä Internet-lähteitä. Lisäksi toteutettiin kaksi haastattelua ilmakuvaukseen erikoistuneille yrityksille.

Case-tutkimukset koostuivat kahdesta osasta; aineiston keräämisestä ja sen käsittelystä. Aineiston kerääminen toteutettiin DJI- yrityksen valmistamalla Phantom 2 Vision Plus multikopterilla Lepaan kampuksen alueella keväällä 2016. Kerätty aineisto käsiteltiin halutun lopputuloksen saavuttamiseksi tietokoneohjelmilla. Case-tutkimusten kohteet valittiin kuvaamaan mahdollisimman laaja-alaisesti eri käyttökohteita viheralan kentällä, kuten suunnitteluprosessissa ja rakentamisen valvonnassa.

Kauko-ohjattavat ilma-alukset tulevat osaksi usean viheralan yrityksen toimintaa tulevaisuudessa yrityksen tarpeista riippuen joko itsehankitun laitteiston ja osaamisen avulla tai tilattuna palveluna. Ilma-alukset ovat hyödyllisiä ja helposti lähestyttäviä työvälineitä viheralalla. Tulevaisuudessa ilma-alusten käyttökohteet ja -tavat tulevat laajentumaan entisestään tekniikan kehityksen myötä.

Uusi ala vaatiikin lisää kokeiluja kehittyäkseen ja lisätutkimukset ilma-alusten hyödyntämisestä viheralan töissä olisi koko alalle eduksi.

Avainsanat Ilmakuvaus, viherala, maisemasuunnittelu, viherrakentaminen, rakennusvalvonta

Sivut 25 s. + liitteet 6 s.

Lepaa
Degree Programme in Landscape Design
Landscape construction

Author Joel Tefke **Year** 2016

Subject of Bachelor's thesis Utilizing an Aerial Drone in the Green Sector

ABSTRACT

The object of this thesis was to find out how a green sector entrepreneur could use aerial drones in their field of work. The subject is timely, because the vast development of technology and the decline in prices have made in a short time cost-effective use of aerial photography possible in many fields of work.

The theoretical part of the thesis examined the history of aerial photography, fundamentals and applications in the green sector, as well as on the subject of legislation and regulations. Aerial photography with drones is a new field in which there are almost no useful literary sources, and therefore mainly Internet sources were used in the thesis. In addition, two interviews were carried out to companies specialized in aerial photography.

The case studies consisted of two parts; the collection of data and processing it. Data collection was carried out using DJI-company made Phantom 2 Vision Plus multicopter in Lepaa campus in the spring of 2016. The collected data was processed with computer programmes in order to achieve the desired results. The applications in the case studies were selected to illustrate the different uses in the green sector in the broadest possible way, such as in the design process and construction supervision.

Remotely-controlled aerial drones will become part of many companies' work in the green sector in the future with either their own equipment and expertise or as ordered service, depending on the company's needs. Aerial drones are useful and easily accessible tools for the green sector. In the future, applications and methods of use of aerial drones will expand even further with the development of technology.

Developing the new field will require more experiments, and further research on utilizing aerial drones in the green sector field of work would benefit the whole industry.

Keywords Aerial photography, green sector, landscape design, urban landscaping, building control

Pages 25 p. + appendices 6 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ILMAKUVAUS	2
2.1	Ilmakuvauksen historia	2
2.2	Ilmakuvatyytit	3
2.2.1	Viistokuva.....	3
2.2.2	Pystykuva	3
2.2.3	Ortokuva	4
2.2.4	Pistepilvi.....	4
3	ILMAKUVAUKSEN NYKYTILANNE	5
3.1	Käytetty laitteisto	5
3.1.1	Multikopterit.....	6
3.1.2	Kiinteäsiipiset ilma-alukset	8
3.1.3	Sensorit	9
3.2	Käyttökohteet	9
3.2.1	Kartoitus	10
3.2.2	3D-mallinnus	10
3.2.3	Videodata.....	11
3.2.4	Markkinointi	11
3.2.5	Osallistaminen	12
3.2.6	Viljely	12
3.2.7	Metsätalous	13
3.2.8	Lainsäädökset kuvauksesta.....	13
4	ESIMERKKEJÄ VIHERALAN KÄYTÖSTÄ.....	14
4.1	Ilmakuvauksen ohjeet, valmistautumiset, huomioonotettavat asiat.....	14
4.1.1	Kuvauksen suunnittelu	14
4.1.2	Lennätyspaikka.....	15
4.1.3	Olosuhteet.....	15
4.2	Case-tutkimukset.....	15
4.2.1	Havainnekuva ilmakuvasta.....	16
	17	
4.2.2	Ortokuvan ja korkeusmallin tekeminen.....	18
4.2.3	Datan keruu valvonnassa	19
4.2.4	Osallistaminen projektiin.....	21
5	TULOKSET JA POHDINTA.....	22
	LÄHTEET	24

Liite 1	Trafin määräys OPS M1-32 Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen
---------	--

Fotogrammetria – yksi maan mittausopin osa-alueista, kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilta kuvilta

GIS, Geographical Information System – paikkatietojärjestelmä

Kauko-ohjattu ilma-alus – Trafin määrittämä termi, sama kuin RPA; ks. alla

LiDAR, Light Detection and Ranging - optinen kaukokartoituslaite, laserkeilain

Lennot – lentämään tarkoitettu laite, jonka mukana ei ole ohjaajaa ja jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen pois lukien ensisijaisesti lapsille suunnatut laitteet ja kauko-ohjatut ilma-alukset

RPA, Remotely Piloted Aircraft - kauko-ohjattu ilma-alus; miehittämätön ilma-alus, jota ohjataan kauko-ohjauspaikasta ja käytetään lentotyöhön

RPAS, Remotely Piloted Aircraft System - kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä, johon sisältyy: kauko-ohjattu ilma-alus, sen kauko-ohjauspaikat, tarvittavat ohjaus- ja seurantayhteydet ja muut erikseen määrätyt käytön edellyttämät järjestelmän osat.

UA, Unmanned Aircraft - miehittämätön ilma-alus; ilma-alus, joka on tarkoitettu lentämään ilman ilma-aluksessa mukana olevaa ohjaajaa; tällä ei tarkoiteta lennokkia

UAS, Unmanned Aircraft System - miehittämättömän ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä; miehittämätön ilma-alus ja sen käytön edellyttämät järjestelmän osat.

UAV, Unmanned Aerial Vehicle - vanhentunut lyhenne/termi, vastaava nykyinen on UA (ks. edellä)

Väärävärikuva – kuva, jossa esitetään tietoa, jota ihmissilmä ei näe (sähkömagneettisen spektrin alueella, kuten infrapunasäteily)

1 JOHDANTO

Ilmakuvaus kauko-ohjattavilla ilma-aluksilla on uusi ja nopeasti kehittyvä ala, joka tarjoaa täysin uudenlaisia mahdollisuuksia useille tahoille. Alati kehittyvä ja huokeneva tekniikka on mahdollistanut jo yksityishenkilöiden ostopotentiaalin, mutta edelleen harva yritys on ottanut ilmakuvausta osaksi toimintaansa. Erityisesti viheralalla voitaisiin hyötyä uusista mahdollisuuksista ilmakuvauksessa.

Kiinnostuin ilmakuvauksesta muutama vuosi sitten, kun tein töitä ilmakuvausta ammatillisesti tarjoavan yrityksen kanssa. Aihe tuli vastaan yhä uudelleen uutisissa, artikkeleissa sekä luennoilla. Kun koulu hankki lennokin yleiseen käyttöön, aiheen valinta varmistui ja opinnäytetyöni muoto alkoi hahmottua. Mahdollisuus tehdä itse jotain konkreettista antoi ajatuksen tarpeellisesta selvityksestä, jossa käsiteltäisiin viheralan yrittäjän mahdollisuuksia hyödyntää ilmakuvausta työssään.

Tämän työn tarkoituksena on case-esimerkkien avulla antaa käsitys siitä, mitä viime vuosien lennokkien valtava teknologinen kehitys on mahdollistanut viheralalla. Tutkimuksissa pyrin luomaan kattavan käsityksen siitä, minkälaista osaamista ja harjoittelua kauko-ohjattava ilma-alus käyttäjältään vaatii ja miten sitä voi käyttää viheralan töissä. Työssä perehdyn myös lennokkeja koskevaan lainsäädäntöön sekä tulevaisuuden kehityksen tuomiin mahdollisuuksiin.

2 ILMAKUVAUS

2.1 Ilmakuvauksen historia

Ilmakuvauksen ensimmäiset askeleet otti jo vuonna 1858 Gaspar Félix Nadar kuvaamalla Pariisista viistokuvia kuumailmapallosta käsin. Brittiläinen meteorologi E.D. Archibald oli yksi ensimmäisistä pioneereista, jotka vuonna 1882 kehittivät leijakuvauksen, jota on käytetty nykypäiviin saakka. Myös kyyhkysiä käytettiin ilmakuvauksessa kiinnittämällä kamera kyyhkyyntä. Ensimmäisinä ilmakuvausta ilmaa raskaammassa aluksessa teki Wilbur Wright vuonna 1909. Myös Alfred Nobel kehitti raketilla ilmaan nostettavia kameroita, mutta raketikuvauksen ala ei ehtinyt juurikaan kehittyä, kun lentokoneiden huomattiin olevan tehokkaampia ilmakuvauksessa. (PAPA International 2016: History of Aerial Photography.)

Lentokoneesta otetut ilmakuvat yleistyivät nopeasti ensimmäisen maailmansodan aikaan, kun rintamalinjojen karttoja tehtiin lentokoneesta kuvattujen kuvien avulla. Sodan jälkeen ilmakuvaukselle löytyi myös siviilikäyttöä, kun Sherman Fairchild teki fotogrammetrisen kartoituksen Manhattanista. Fotogrammetria on maanmittausopin osa-alue, josta kerron lisää kohdassa 3.2.1. Fairchildin kartat olivat menestys ja erityisesti fotogrammetrisessä kartoituksessa käytetty sarjakuvaus kehittyi nopeasti ilmakuvakarttojen suosion myötä. (PAPA International 2016: History of Aerial Photography.)

Suomen valtakunnallinen peruskartoitus tehtiin vuosina 1947-1975 lentokoneesta otettujen pystykuvien avulla. Mittakaava oli tuolloin 1:20 000. (Haggrén 2003, 1-2.) Ilmavalokuvaus mahdollisti myös maastoltaan vaikeapääsyisten kohteiden kartoituksen, nopeutti kartoitusta ja toi kustannussäästöjä intensiiviseen työhön (Maanmittauslaitos 2016).

Kuvien digitalisoituminen, satelliittien ja tietokoneiden kehitys 1960-luvulta eteenpäin olivat seuraavia suuria harppauksia ilmakuvauksessa, erityisesti fotogrammetrian saralla. Kuvat digitalisoituivat, kuvista tehty mitaaminen tarkentui ja nopeutui ja ilmakuvakarttojen sijaan ryhdyttiin tuottamaan dynaamisia 3D-malleja. (Haggrén, 2011, 12-17.)

2.2 Ilmakuvatyytit

2.2.1 Viistokuva

Viistokuva on yleisin ilmakuvatyyppi, jonka tarkoituksena on havainnollistaa haluttua kohdetta maanpinnalla. Viistokuvia ovat kuvat, jotka on otettu ilmasta alle 90 asteen kulmassa. Laajoja alueita sekä erityisesti rakennuksia on helppo havainnollistaa viistokuvalla. Viistokuva soveltuu hyvin markkinointitarkoituksiin. (Poutanen 2014.)



Kuva 1. Viistokuva Lepaan keskeisistä rakennuksista (Tefke 2016)

2.2.2 Pystykuva

Pystykuva on ilmasta suoraan tai lähes suoraan maata kohden otettu kuva. Pystykuvien pääkäyttötarkoitus on kartoitus ja niitä käytetään ortokuvien aineistona. Pystykuvassa ei ole korjattu kameran perspektiivin tai maan geometrian aiheuttamaa häiriötä, eikä se siis käy mittatarkaksi ilmakuvaksi. (Poutanen 2014.)



Kuva 2. Pystykuva samasta alueesta, kuvassa näkyy hyvin kameran ja kuvakulman tuottama vääristys (Tefke 2016)

2.2.3 Ortokuva

Pystykuvista voidaan tietokoneohjelmien avulla kehittää mittatarkkoja ilmakuvia eli ortokuvia. Ortokuvan geometria vastaa karttaa, eli siitä voidaan luotettavasti mitata etäisyyksiä ja pinta-aloja. Ortokuvat ovat yleisesti käytössä kartoituksessa, kaavoituksessa sekä ympäristön suunnittelussa. (Maanmittauslaitos, 2016.)



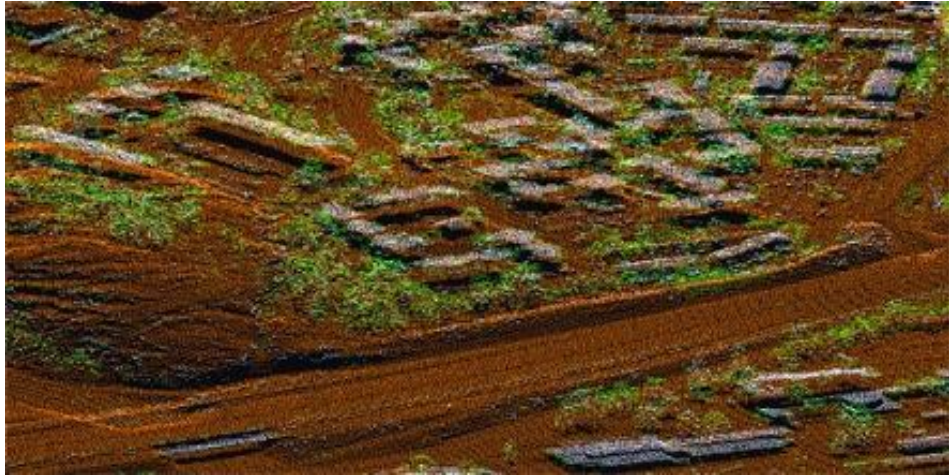
Kuva 3. Ortokuva tehdasalueesta (Falcam Aerial 2016)

2.2.4 Pistepilvi

Pistepilviaineistoa tuotetaan laserkeilauksella, joka perustuu ilma-aluksessa sijaitsevan keilaimen lähettämiin laserpulsseihin. Optinen kaukokartoituslaite eli Lidar – Light Detection and Ranging, mittaa etäisyyttä kohteeseen tutkan tavoin laserpulsseilla. (Oesch 2015). Käyttämällä GPS- koordinaatteja sekä ilmakuvauksen kallistuskulmien tietoa saadaan tarkkaa paikannustietoa kuvattavasta kohteesta. (Maanmittauslaitos, 2016.)

Laserpulssien osumat saadaan myöhemmin syötettyä kolmiulotteiseen koordinaatistoon tietokoneohjelmiston avulla. Pulssi- sekä koordinaattitiedot ovat tallennettuna pistepilveen (Kuva 4), joka on alueesta tuotettu 3D-malli. (Maanmittauslaitos, 2016.)

Laserkeilaimen säteet ovat tiheitä ja niistä osa läpäisee metsäisimmänkin alueen oksiston, jolloin saadaan tarkkaa tietoa alueilla, jotka ovat peittoisia. Tämä on laserkeilauksen etu verrattuna esimerkiksi ilmakuvatulkintaan, kun halutaan tuottaa korkeustietoa. (Maanmittauslaitos, 2016.)



Kuva 4. Pistepilviaineistoa Helsingin Viikistä (Maanmittauslaitos 2016)

3 ILMAKUVAUKSEN NYKYTILANNE

Teknologian kehitys on tuonut uusia mahdollisuuksia monelle eri alalle, kun miehittämättömien ilma-alusten käyttö ei enää ole rajoitunut sotilaskäyttöön. Alun perin miehittämättömiä ilma-aluksia alettiin kehittää sotilaskäyttöön 1950-luvulla ja nykyään niitä on käytössä yli 50 maalla. Teknologian kehitys ja hintojen lasku ovat mahdollistaneet kauko-ohjattavien ilma-alusten käytön myös siviileille. Tällä hetkellä lähinnä huvi- ja harrastuskäytössä olevien lennokkien oletetaan tulevan pian osaksi monen viranomaistahon sekä yritysten toimintaa. (Tieteen kuvalehti, 2016.)

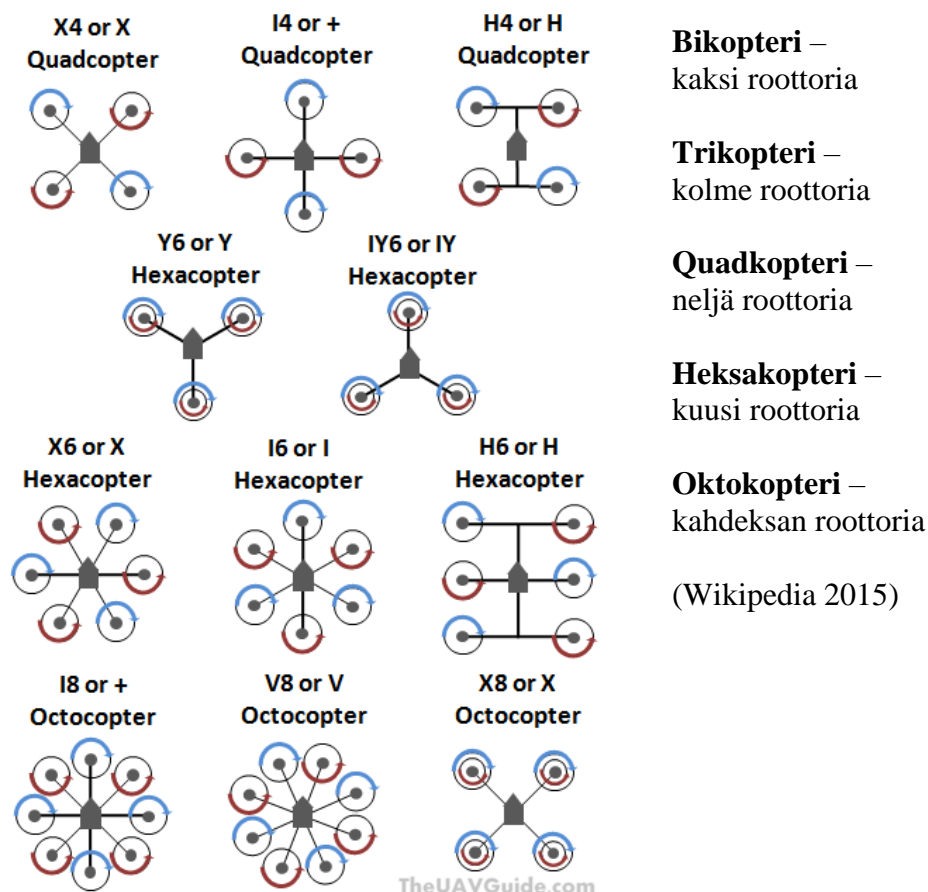
Ilmakuvausta lennokilla on tähän mennessä hyödyntänyt vain murto-osa maailman yrityksistä, mutta monia positiivisia esimerkkejä sen käytöstä on nähty jo useita.

3.1 Käytetty laitteisto

UAS (Unmanned Aerial System) – ilmakuvausjärjestelmät koostuvat tyypillisesti kuvauksen suunnitteluohjelmistosta, multikopteri- tai kiinteäsiipisestä kameralla varustetusta ilma-aluksesta, autopilotista ja maa-asemasta, josta ilma-alusta ohjataan radio-ohjaimella. (Sippo 2013.) Trafi käyttää järjestelmistä termiä RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) eli kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä (Trafi 2015).

3.1.1 Multikopterit

Multikopteri on yksi suosituimmista ja yleisimmistä UA-järjestelmistä. Multikopterit pysyvät helikoptereiden tapaan moottorisoidun propellin eli roottorin avulla ilmassa, mutta yhden roottorin sijaan multikoptereilla on kolmesta kahdeksaan roottoria. Multikopteri hallitsee sen liikkuvuutta kontrolloimalla jokaista roottoria toisistaan erillisinä, jolloin niiden kierrosnopeutta säätelemällä kopteri voi liikkua ketterästi eri kallistuskulmissa. Multikopterit luokitellaan useisiin eri tyypeihin niiden roottorien lukumäärän ja järjestelyn mukaan. (The UAV Guide 2014.)



Kuva 5. Eri multikopterityyppejä (The UAV Guide 2016)

Suurin hyöty multikoptereiden tekniikassa on sen kyky lähteä vertikaalisesti liikkeelle kuten helikopteri ilman helikopterissa vaadittavaa teknisesti monimutkaista roottorimekaniikkaa. Nykyinen teknologian kehitys ja hintojen lasku ovat tehneet multikoptereista harrastajien suosikkeja niiden hinta-laatusuhteen ansiosta (The UAV Guide 2014). Roottorien mekaniikan yksinkertaisuudesta huolimatta ilman minkäänlaista lennonvakautusta multikopterit ovat hyvin epävakaita ja ne tarvitsevat kunnollista lentoa varten vähintään neljä gyroskooppia, joita käytetään asennon vakauttamiseen. Vakaaseen lentoon tarvitaan myös kiihtyvyyssanturia ja lennonohjainta, jotka nykyään löytyvät useimmista tarjolla olevista kaupallisista multikoptereista. Ammattikäyttöön suunnatuissa lennokeissa on yleensä myös GPS, painesensori sekä kompassi tarkentamassa lennolta saatua dataa. (Wikipedia 2015.)

GeoDrone X4L on suomalaisen VideoDrone-yhtiön kehittämä ja valmistama quadkopteri, jota Geotrim myy. 4 kilon kopteri on painoluokassaan edustava sille luvatus pitkä, 38 minuutin lentoajan ansiosta. Yleisesti multikoptereiden lentoaika on noin 10 minuutista puoleen tuntiin. GeoDronea voi operoida hyvälaatuisen kuvan saamiseksi, kun tuulen nopeus on enimmillään 8 metriä sekunnissa ja sen lentonopeus on korkeimmillaan 22 kilometriä tunnissa. GeoDronella saa tuotettua niin viisto- kuin ortokuvia ja digitaalisia maastomalleja (Kuva 7). (Geotrim 2016.)



Kuva 6. Geotrimmin myymä quadkopteri, GeoDrone X4L (Tefke 2016)



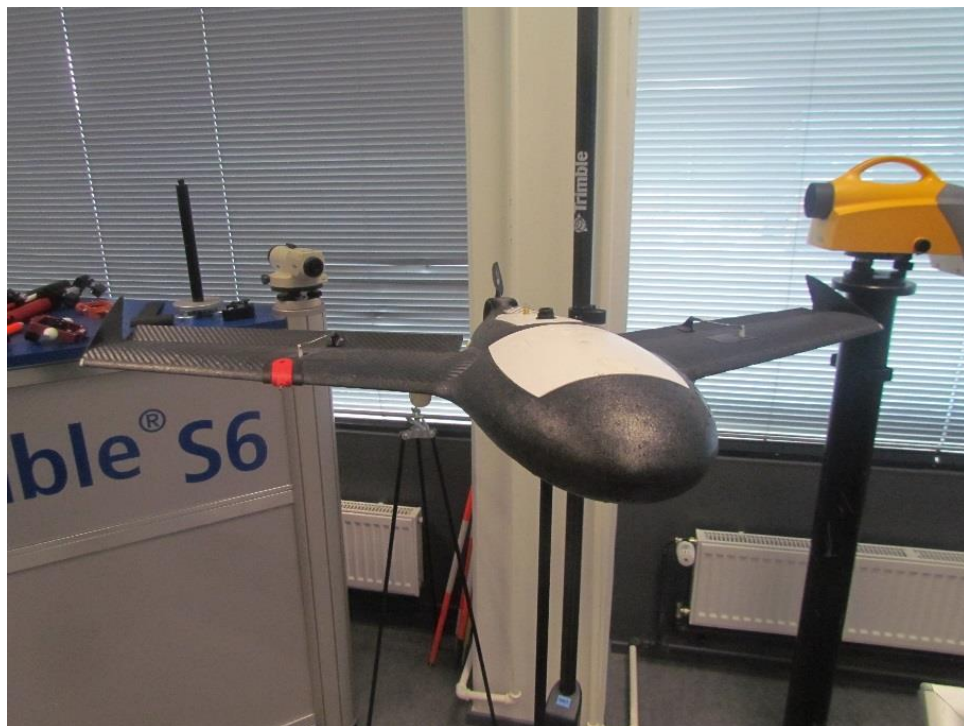
Kuva 7. Digitaalinen maastomalli (Geotrim 2016)

3.1.2 Kiinteäsiipiset ilma-alukset

Lentokoneen toimintaperiaatteet omaavat kiinteäsiipiset ilma-alukset (delta-siipi- ja liidokkityyppiset) ovat olleet multikoptereita pidempään ilmakuvauksikäytössä niin harrastajien kuin ammattilaistenkin keskuudessa.

Kiinteäsiipisten ilma-alusten käyttökohteet poikkeavat multikoptereista niiden ominaisuuksien takia. Kiinteäsiipiset lähetetään matkaan, lennokin koosta riippuen, joko kädestä heittämällä tai yleisemmin katapultilla. (Sippo 2013). Siipiväliltään alle kaksimetriset lennokit ovat lähes poikkeuksetta sähkökäyttöisiä. Kiinteäsiipiset sopivat paremmin laajempien alueiden kuvaukseen kuin multikopterit, koska ne ovat nopeampia, vakaampia ja niiden energiankulutus on huomattavasti pienempi, mikä mahdollistaa laajemmat kartoitusmahdollisuudet yhdellä kuvauskerralla. Siipiväliltään alle metrisellä ja alle kilon painoisella lennokilla voidaan yhdellä kuvauskerralla kuvata jopa 200 hehtaarin alue. (Oesch 2015.)

Esimerkiksi Geotrimmin myymän UX5-Kartoituslennokin mainostetaan yltävän 80 kilometrin tuntivauhtiin ja 50 minuutin lentoaikaan. UX5-lennokille tuulen enimmäisnopeus lennättämiseen on 18m/s, mikä on varsin korkea lennoki-ilmakuvauksessa. Geotrim sanoo UX5:sen pystyvän tekemään kartoituslentoja myös vesisateessa, tuulisessa säässä, helteellä tai lumisessa maastossa. Lennokissa ei ole viistokuvaukseen mahdollisuutta. Lennokilla saa tuotettua ortokuvaa, pistepilviä sekä digitaalisia maastomalleja. (Geotrim 2016.)



Kuva 8. Trimblen kiinteäsiipinen ilma-alus, UX5-Kartoituslennokki (Tefke 2016)

3.1.3 Sensorit

Kauko-ohjattaviin ilma-aluksiin on mahdollista saada useita erityyppisiä sensoreita riippuen halutusta datasta. Digitaalisten kameroiden yleistymisen on johtanut erilaisten kuvaussensoreiden nopeaan kehittymiseen. Esimerkiksi multi- ja hyperspektrikamerat keräävät kuvattua dataa eri taajuuksilla sähkömagneettisen spektrin alueella. Tämä mahdollistaa sellaisten aallonpituuksien kuvaamisen, joita ihmissilmä ei erota. Multi- ja hyperspektrikamerat soveltuvat hyvin kasvillisuuden kuvaamiseen. Muita kuvaussensoreita on NIR-kamera, lämpökamera sekä LiDAR eli laserkeilain. (Oesch 2015.)

Kuvaussensoreiden lisäksi lennokeiden on mahdollista kiinnittää muitakin sensoreita tarpeen vaatiessa. Esimerkiksi elävän ihmisen hengitys- ja ruumiin hajoamiskaasujen analysointitekniikan kehitys helpottavat ja nopeuttavat viranomaisen työtä kohteen etsinnässä, mikäli tämä teknologia yhdistetään ilma-aluksiin. (Tieteen kuvalehti, 3/2016.)

Tulevaisuudessa kuvaustekniikkaa tullaan täydentämään muun muassa kehittyneemmällä tunnistusjärjestelmällä, joka kykenee erottamaan haluttuja asioita, kuten muotoja, värejä ja kuvioita. (Tieteen kuvalehti, 3/2016.) Tämä voi mahdollistaa tulevaisuudessa laskennan ja datan keruun automaation esimerkiksi sadon seurannassa.

3.2 Käyttökohteet

Kauko-ohjattavia ilma-aluksia on käytetty useisiin eri tarkoituksiin monella alalla. Viranomaiskäytössä lennokit ovat olleet muun muassa kadonneiden etsinnässä lämpökameran avulla. Ilma-aluksia käytetään laajalti teollisuuden alan tarkastuksissa, esimerkiksi Kiinassa lennokeilla valvotaan suurjännitelinjoja ja Shell käyttää lennokkeja tehtaintensa kuntotarkastuksissa. Turvallisuuden ja järjestyksen puolesta lennokeilla on voitu seurata tehokkaasti suuria ulkoilmatilaisuuksia, kuten festivaaleja sekä mielenosoituksia. Yhdysvalloissa poliisin on spekuloitu pystyvän korvaamaan jopa kolmasosan sen vuotuisesta helikopterin käytöstä lennokeilla, mikä voi tarkoittaa miljoonasäästöjä. Yhdysvaltojen poliisi on käyttänyt kauko-ohjattavia ilma-aluksia myös rikospaikkojen kolmiulotteiseen mallinnukseen (Tieteen kuvalehti, 2016.)

Tieteen ja tutkimuksen alat ovat olleet kiitollisia kauko-ohjattaville ilma-aluksille, kun lennokkeja on nyt voitu käyttää ympäristöissä ja olosuhteissa, jotka ovat aiemmin olleet lähes mahdottomia ilmakuvaukselle. Useat tieteen alat ovat saaneet täysin uusia tapoja nähdä ympäristön ja se on johtanut edistyksellisiin löytöihin muun muassa arkeologiassa, vaarallisten luonnonilmiöiden tutkimuksessa ja seuraamisessa, metsän hiilimäärän ja kunnan mittauksessa sekä merien tutkimuksissa. (Microdrone 2016.)

Suomessa kauko-ohjattuja ilma-aluksia on käytetty eniten maa-ainesvarastojen tai maamassojen tilavuuden laskennassa sekä ortokuvien tuotannossa. Muita mainittavia sovellusalueita Suomessa ovat infrarakentaminen, kai-

vosteollisuus, energiateollisuus, kaupunkisuunnittelu sekä erilaiset ympäristösovellukset. (Sippo 2013, 16-18.) Myös viher- ja ympäristöala ovat saaneet osansa teknologian kehityksestä ja ilmakehän hyödynnettyä alallamme useaan eri tarkoitukseen.

3.2.1 Kartoitus

Suurimpia käyttökohteita ilmakehän kuvaukselle on ollut fotogrammetrinen kartoitus. Fotogrammetria on maanmittausopin osa-alue, jossa harjoitetaan kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuista kuvista. Kohteena olevasta alueesta otetaan riittävästi toisiinsa osittain peittäviä ilmakehän kuvia, jotta jokainen kohta maastossa on löydettävissä vähintään kahdelta eri kuvasta. Kohteen sijainti voidaan määrittää kolmiulotteisesti kartalle, kun tiedetään kuvien väliset suhteet ja miten ne esiintyvät maastossa. Näin kuvista tuotetaan ortokuvia. Ennen mittaukset tehtiin analogisesti ja työ oli erityisen hidasta mutta digitaalisena aikakautena mittaukset ovat tehty automaattisesti tietokoneohjelmilla. (Wikipedia, 2016.)

Lennokeilla tehdyt kartoitukset noudattavat fotogrammetrian periaatteita eli kartoituslento tehdään kartoitusjonoina. Kartoituslennot suunnitellaan ennen lentoa tietokoneohjelmistolla ja hyvällä autopilotilla saadaan kuville 60 – 80 % peittävyys toisiinsa nähden, mikä on fotogrammetriassa huomattavan suuri luku, ja se parantaa saatavan datan laatua. Näin tuotetaan halutusta alueesta toisensa osittain peittäviä kuvia, joista saadaan kehittyneen jälkilaskentaohjelmiston avulla korkealaatuisia dataa, kuten 3D-pintamalli ja ortokuva. Ortokuva sidotaan karttakoordinaatistoon signaloitujen lähtöpisteiden avulla, jotka mitataan tarkasti paikalleen GPS-tekniikalla. Kartoitus kauko-ohjattavalla ilma-aluksella on kustannustehokkainta, kun kartoitettava alue on liian pieni helikopterista tai lentokoneesta tehtävälle ilmakehän kuvaukselle tai laserkeilaukselle, mutta liian suuri maastokartoitukselle. (Sippo 2013, 16-18.)

Tätä dataa voi taas hyödyntää luonnonilmiöiden hallinnassa, kuten vesitalouden tasaamisella pellolla topografiaa muokaten ja hulevesien ohjaamisessa yhä kasvavassa kaupunkiympäristössä.

3.2.2 3D-mallinnus

Kohteiden 3D-mallinnus on nykyään tarkkaa ja vaivatonta fotogrammetrisesti tai laserkeilauksen avulla ilma-aluksella tuotetusta datasta. Menetelmillä on saavutettavissa kolmiulotteisia malleja, joiden tarkkuus myös korkeussuunnassa on senttimetriluokkaa (Sippo, 2013, 16-18). On valtava etu suunnittelijalle saada lähes mittatarkka kolmiulotteinen malli suunniteltavasta alueesta. Eri ohjelmistoilla voidaan simuloida esimerkiksi varjojen liike ja valon suunta minäkin aikana päivästä mihin vuodenaikaan tahansa. Yhdistettynä yleistyvään 3D-tulostukseen saa ilmakehän kuvauksella tuotetusta aineistosta vaivatta edelleen tuotettua tarkan pienoismallin kohteesta. Ilmakehän kuvausjärjestelmiä ammattikäyttöön myyvä Geotrim-yritys uskoo, että tu-

levaisuudessa suunnittelijat tulevat vaatimaan lähtökohtatietoina ilmakeuhajärjestelmillä tuotettua kolmiulotteista dataa alueesta. (Laine, haastattelu 28.2.2016.)

Useat Euroopan kaupungit tänä päivänä pitävät yllä 3D-tietomallia. Perimmäisenä ajatuksena on, että kaikki kaupungin kartat ja tietovarannot ovat yhtenä 3D-mallina, sisältäen myös toiminnat ja palvelut. Kolmiulotteisuuden ansiosta päästään suunnittelemaan ennen vain jälkihavaintoina huomattuja asioita, kuten melun tasoa ikkunakohtaisesti rakennuksissa eri tilanteissa. Kolmiulotteinen malli on kaikille helppolukuinen, mikä voi helpottaa kaavoittajan työtä ja erityisesti viestintää eri tahojen välillä. Kaikille yhteinen ja alati päivittyvä tietokanta myös helpottaa suunnittelua jatkossa. Kolmiulotteista kaupunkimallia voidaan hyödyntää myös energian- ja maankäytön suunnittelussa, tulvakartoituksissa, ilmansaaste-ennusteissa, turvallisuussovelluksissa, eri toimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa, kiinteistönhallinnassa, viranomaistoiminnan hallinnassa, sijaintianalyysissä, liikenteen simuloinnissa ja ohjaamisessa sekä navigoinnissa. (FCG 2014.)

3.2.3 Videodata

Pelkällä videokuvauksella saadaan myös arvokasta dataa alueesta, jota voidaan käyttää suunnittelussa hyödyksi. Yksi kuvauslento riittää esimerkiksi kuvaamaan uuden suunniteltavan asutusalueen ja datan saa käyttöönsä jo muutaman tunnin kuluttua kuvauksesta. Videolta voi tarkastella paikallista kasvillisuutta, pinnan muotoja sekä maisemaa niin pysty- kuin viistokuvana. Jälkilaskentaohjelmistoja ei tarvita, joka näkyy myös datan halvassa hinnassa. Antere näkeekin, että nopeasti ja huokeasti saatavilla oleva data suunniteltavasta alueesta onkin suurimpia etuja, mitä maisemasuunnittelija voi ilmakeuhauksen avulla saada. (Antere, haastattelu 29.2.2016.)

Videokuvaa voidaan käyttää myös rakennusprojektien seurannassa, kuten Töölönlahden puiston rakennusprojektissa tehtiin. Antere kävi kuvaamassa projektin edistymistä kuusi kertaa urakan aikana. Samankaltaista seuranta tehdään nyt Pasilan aseman sekä Kivikon rakennusprojekteissa. Antereen minimiveloitus tunnilta on 350 euroa, jolla saadaan kymmenkunta hyvälaatuista kuvaa yrityksen omaan käyttöön (Antere, haastattelu 29.2.2016). Rakennusprojektien budjettien suuruuteen nähden tämä on todella pieni kulu, josta voi olla valtavaa hyötyä jo niin suunnittelu- kuin rakennusvaiheessakin.

3.2.4 Markkinointi

Useiden viherrakennusyritysten kotisivuilla nähdään nykyään ilmasta otettuja kuvia rakennetuista kohteista. Ilmasta käsin alueesta ja työn jäljestä saa paremman käsityksen kuin maasta kuvattuna. Mainosvideoiden kuvaamiseen kopterilla saa ainutlaatuisia kuvia mistä kuvakulmasta tahansa, mikä mahdollistaa yritysten itse tekemän materiaalin tuottamisen.

Helsingin rakennusvirasto tilasi ilmakeuhavun esittelyvideon Eiranrannanpuistosta Jouko Antereen Puutarhavideot-yritykseltä ja lisäsi sen Youtube-

videopalveluun. Videolla voi Eiranrannan nähdä lintuperspektiivistä ja siinä havainnoidaan puiston eri osien toimintoja.

Eiranrannan videon voi katsoa [tästä](#). Viitattu 3.5.2016.

3.2.5 Osallistaminen

Ympäristön suunnittelussa yhä kasvava trendi on asukkaiden ja suunnittelemaan vaikuttavien ihmisten osallistaminen suunnitteluprosessiin. Vuorovaikutteinen suunnittelu on keskeinen tavoite maankäyttö- ja rakennuslaissa ja kaavoitusvaiheessa suunnittelijat järjestävätkin asukkaille yleisötilaisuuksia mutta osallistaminen viheralueiden suunnittelussa on vielä vasta alullaan. (Sanaksenaho 2011, 13.)

Osallistaminen erityisesti julkisten alueiden suunnittelussa edistää alueen arvostusta ja parhaimmillaan suojelee rakennettua ympäristöä, kun asukkaat tuntevat enemmän olevansa osa sitä ja haluavat pitää yllä hyvää tasoa. Kyky vaikuttaa ympäristön kehitykseen lisää asukkaiden ymmärrystä rakennustarpeesta ja asukkaiden on todettu vastustavan projekteja vähemmän, kun he ovat saaneet osallistua suunnitteluprosessiin. Osallistamisen kautta saadaan parempia näkökantoja alueen ongelmista ja ratkaisuista juuri alueen asukkailta. (Meyer, J. 2011, 21.)

Ilmakuvauksella voidaan tuottaa materiaalia suunniteltavasta alueesta, jota voidaan muokata tarpeen mukaan yleisön ymmärrettäväksi. Ilmakuvavideoille voidaan havainnoida tietokoneohjelmilla rakentamisen tarkoituksiperiä ja suunnitteluprosesseja alueesta. Näin asukkaat voivat ymmärtää syvemmin, miten heidän ympäristönsä kehittyy ja täten rohkaisee aktiivisempaan palautteeseen suunnitteluprojekteissa. (The Dirt, ASLA 2015). Videoita on helppo jakaa sosiaalisen median kautta ja videota on helpompi lähestyä kuin tekstiä. Päivittyvällä kaupungin 3D-mallilla voidaan osallistaminen viedä uudelle tasolle, kun kuka tahansa voisi käydä katsomassa nyt suunnitteilla olevia projekteja kolmiulotteiseksi mallinnettuina.

3.2.6 Viljely

Peltoviljelyssä ilmakestä on hyödynnetty jo pitkään. Jo vuonna 1977 Neuvostoliiton vehnäsato saatiin ennustettua tarkasti kuusi viikkoa ennen korjuuta käyttäen multispektrikameralla varustettua satelliittia. Nykyisin menetelmät ilmakestä hyödyntämisessä peltoviljelyssä ovat käytännölläheisempiä, vaikkakin sadon laskentaa tehdään väärävärillä edelleen. (Oesch 2015)

Ilmakestä voidaan saada nopeasti käyttöön suuri määrä arvokasta dataa peltoviljelyssä. Multispektri, hyperspektri ja NIR-kameralla voidaan tuottaa NVI-kasvillisuusindeksi, jonka avulla voidaan taas päättää tarvittavista lisälannoituksista aluekohtaisesti. Rikkakasvien levinneisyyttä pelloilla voidaan tehokkaasti havainnoida hyperspektrikameralla ja kasvitautit voidaan todeta NDVI-indeksistä tai lämpökameralla. Maalajivaihtelut pelloissa selviävät multi- ja hyperspektrikameralla, mikä helpottaa mahdollista

vesitalouden suunnittelua ja Infrapuna-alueella kuvattaessa saadaan lisää dataa maanpinnan kosteuseroista. (Oesch 2015.)

Ilmakuvauksella saatavaa dataa voidaan käyttää viljelyn ennakkosuunnittelussa tai saatu data voidaan syöttää työkonetta ohjaavaan ajo-opastimeen. Ajo-opastimien avulla voidaan tehdä peltotoimenpiteitä aluekohtaisesti. Näin voidaan esimerkiksi kasvinsuojeluaineita käyttää vain niillä pellon alueilla, joilla niille on tarvetta tai tehdä täsmälannoitusta juuri siellä, missä kasvit lisätyn tarvitsevat. Tällä hetkellä valmiuksia ohjaukseen löytyy vain harvojen konevalmistajien työkoneista. (Oesch 2015.)

3.2.7 Metsätalous

Laserkeilauksen avulla voidaan merkittävästi vähentää maastossa suoritettavan mittaustyön määrää ja saada metsästä monipuolista dataa. Laserkeilauksella saadaan selville puiden korkeus ja tiheys sekä maan pinnanmuodot, joista voidaan edelleen laskea puustotilavuutta. Tiheäpulsisesta laserkeilausaineistosta voidaan määrittellä 90 – 95 prosentin tarkkuudella, onko kyseessä kuusi-, mänty- tai lehtipuu. Metsikkökuvointi voidaan tulkita laserkeilausaineistosta suoraan, eikä perinteiselle aikaa vievälle ilmakuvatulkinnalle ole enää tarvetta. Laserkeilauksella saadaan nopeasti kattavaa metsäsuunnitelmätietoa, joka on myös perinteisesti kerätty manuaalisesti mittaamalla puustoa paikan päällä. Parhaimmillaan maastomittaukset voidaan jättää kokonaan tekemättä. (Kallioinen, Laaksonen 2016).

3.2.8 Lainsäädökset kuvauksesta

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on antanut 9.10.2015 määräyksen OPS M1-32, joka luo yhteiset pelisäännöt kauko-ohjattavien ilma-alusten ja lennokkien käyttöön. Trafien määräys on eurooppalaisittain luonteeltaan hyvin liberaali ja se mahdollistaakin ilma-alusta työssään käyttävien toiminnan monessa paikassa. Määräyksessä on pyritty luomaan minimisääntely, jotta RPAS-toiminnalle olisi edulliset olosuhteet Suomessa. Näin on voitu tukea alan kilpailukykyä, kokeiluja ja liikenteen innovaatioita turvallisuudesta tinkimättä. (Trafi 2016.) Tarve yleiselle alan toiminnan säätelylle onkin kova, kun maailman miehittämättömien ilma-alusten määrän ennustetaan rikkovan kahdentoista miljoonan kappaleen rajan jo vuonna 2020 (Tieteen kuvalehti, 2016). Miehittämättömiin ilma-aluksiin pätee myös ilmailulaki mutta tarkimmat säädökset löytyvät Trafien määräyksestä. Lyhennettynä Trafi määrää miehittämättömistä ilma-aluksista ja lennokeista seuraavaa:

- Miehittämättömän ilma-aluksen lennättämiseen ei vaadita lentotyölupaa
- Lennättäjän on ilmoitettava Trafille tietoja ennen lentotoimintaa, ks. liite 1
- Ilma-aluksesta on käytävä ilmi sen käyttäjän nimi ja yhteystiedot
- Lennoista on tallennettava tietoa, ks. liite 1
- Ilma-aluksen lentoonlähtömassa saa olla enintään 25 kg
- Näköyhteys ilma-alukseen on pidettävä jatkuvasti koko lentotoiminnan ajan
- Lennätyskorkeuden on oltava alle 150 metriä maan tai veden pinnasta
- Lisäksi ilma-aluksen lennättäminen väkijoukon tai asutuskeskuksen tiheästi asutun osan yläpuolella on sallittua vain tietyissä puitteissa, ks. liite 1

4 ESIMERKKEJÄ VIHERALAN KÄYTÖSTÄ

Jo nykyisten käyttökohteiden valossa voidaan todeta, että ilmakuvausta kauko-ohjattavalla ilma-aluksella voidaan käyttää monessa eri työssä, myös viheralalla. Teknologian kehitys on tällä hetkellä hurjaa ja tulevaisuudessa voidaan olettaa sen vain ja ainoastaan kiihtyvän. Yhä hienovaraisempaa teknologiaa on mahdollisuus hankkia ja käyttää entistä helpommin hyödyksi yhä halvemmilla hinnoilla. Tämä tuo uusia, ennen kuvittelemattomia mahdollisuuksia käyttää ilmakuvausta eri tavoilla yhdistellen kauko-ohjattavia ilma-aluksia ja muuta teknologiaa, kuten tunnistus, automaatio- ja tekoälyn toimintaa.

Seuraavaksi aion käsitellä tämän hetken ilmakuvauksen mahdollisuuksia viheralan yrittäjälle eri case-tutkimuksissa.

4.1 Ilmakuvauksen ohjeet, valmistautumiset, huomioonotettavat asiat

4.1.1 Kuvauksen suunnittelu

Kuvauksen suunnittelulla on työn tavoitteesta riippuen suhteellisen suuri merkitys työn lopputulokseen. Kerätessä dataa ortokuvaa varten täytyy välttämättä lento suunnitella tietokoneohjelmalla valmiiksi, jotta autopilotti voi sitten ottaa tarpeeksi toisiaan peittäviä kuvia tuotosta varten.

Mikäli ilma-aluksella haluaa vain kerätä dataa alueesta, kannattaa suunnitella etukäteen, mitkä asiat alueella halutaan kuvata ja mitkä ovat suunnittelun kannalta tärkeitä kohteita.

Ilmakuvavideon kuvaaminen markkinointitarkoitukseen kannattaa suunnitella myöskin tarkasti. Vaikka nykyteknologian ansiosta aloittelijakin voi eri ilma-aluksilla tuottaa laadukasta ja tasaista kuvaa, vaatii hyvän ja järkevän mainosvideon tuottaminen ymmärrystä myös editoinnista.

Tärkeintä on, että kuvauksen suunnittelun avulla minimoidaan työ itse kohteessa ja taataan määrätietoisuus kuvausten aikana. Ilma-alusten akun kesto ei tässä vaiheessa kehitystä ole järin pitkä, joten työn tulee olla tehokasta. Multikoptereilla parhaimmillaan akun kesto kaupallisissa laitteissa on tällä hetkellä noin puoli tuntia, mikä tarkoittaa kahdella akulla noin 50 minuutin kuvausaikaa. Ilmakuvauksen multikopterilla on varsin tehokasta toimintaa ja muutaman viistokuvan nappaamiseen menee kokeneelta kuvaajalta vain muutama minuutti mukaan lukien laitteiston valmistelun ja pakkaamisen. Kuitenkin mikäli kuvauksen suunnittelu ei ole tehty huolella ja kuvausten jälkeisessä editointivaiheessa data todetaan riittämättömäksi, täytyy alueelle mennä uudestaan ja työn tehokkuus kärsii huomattavasti.

4.1.2 Lennätyspaikka

Ilmakuvauslaitteesta riippuen tulee lennätyspaikassa kiinnittää huomiota muutamiin eri asioihin. Yksisiipistä ilma-alusta käytettäessä tulee sille olla tarpeeksi pitkästä tilaa lentoonlähtöä varten. Multikopterilla lentoonlähtö tapahtuu vertikaalisesti, joten liikkeelle voidaan lähteä ahtaastakin paikasta.

Lennättäjän tulee valita lennätyspaikkansa huolella olosuhteiden ja laitteiston mukaan. Lentoonlähtöpaikan välittömässä läheisyydessä ei tulisi olla puita, rakennuksia tai ihmisiä. Lentoonlähtöpaikan tulee olla turvallinen muille ihmisille, jos ilma-aluksen täytyy tehdä pakkolasku autopilotin avulla esimerkiksi katkenneen yhteyden takia. Lennättäjän tulee myös olla aina näköyhteydessä ilma-alukseensa, joten lennätyspaikkakin täytyy valita sen mukaan.

4.1.3 Olosuhteet

Lennättäjän tulee tuntea oman ilma-aluksensa lennättämiseen sopivat olosuhteet. Yksisiipiset alukset ovat huomattavasti vähemmän tarkkoja olosuhteiden suhteen hyvän tuloksen aikaansaamiseksi. Multikopterit ovat herkkiä laitteita ja tuulisena päivänä voi olla erittäin vaikeaa saada riittävän tarkkaa kuvaa alueesta. Pahimmassa tapauksessa tuuli voi tempaista ilma-aluksen mukaansa ja ulkopuoliset voivat vaarantua. Useissa laitteissa on kuitenkin nykyään jäljittävä toiminto, jotta ilma-aluksen voi löytää mahdollisen hukkaamisen jälkeen.

Työn suunnittelussa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota sääennusteisiin. Sääennusteiden varaan ei kuitenkaan kannata kaikkea laittaa ja kuvauspäivälle pitääkin miettiä vaihtoehtoinen suunnitelma, mikäli olosuhteet kuvaukselle ovat mahdottomat.

4.2 Case-tutkimukset

Käytin opinnäytteeni toiminnallisessa osuudessa koulumme omistamaa multikopteria, joka on DJI:n valmistama Phantom 2 Vision Plus. Tutkimuksissani siis käytän DJI:n tarjoamaa laitteistoa sekä ohjelmistoa vaikka tarjolla on suuri määrä muidenkin laite- ja ohjelmistovalmistajien tuotteita. DJI- Phantom sarjan multikopterit ovat RTF- paketteja (Ready to Fly) eli ne eivät vaadi juurikaan kasaamista ennen ensimmäistä lentoa, korkeintaan propellien paikalleen kiinnityksen. Phantomien voidaan sanoa olevan enemmän harraste- kuin ammattikäyttöön soveltuvia.

Ennen case-tutkimuksiani olin harjoitellut multikopterin käyttöä noin viiden tunnin verran. Vaikka tutkimuksia aloittaessani olin jo varma lentäjänä, oli tasaisen videokuvan saaminen haasteellista ja laadukkaan videomateriaalin kerääminen vaati useamman oton lähes jokainen kerta. Toisaalta koulun multikopteri oli jo vuoden jälkeen ostamisesta vanhentunutta mallia ja nykyään saman hintaluokan laitteilla saa paljon tasaisempaa kuvaa ilma-

aluksen vakauttamiseen liittyvän teknologian kehittymisen ansiosta. Viidettä kuvattessa täytyy myös ymmärtää kuvauksen periaatteita, kuvakulmia ja tapoja. Still-kuvat taas olivat helposti ja nopeasti hankittavissa omaamallani kokemuksella.

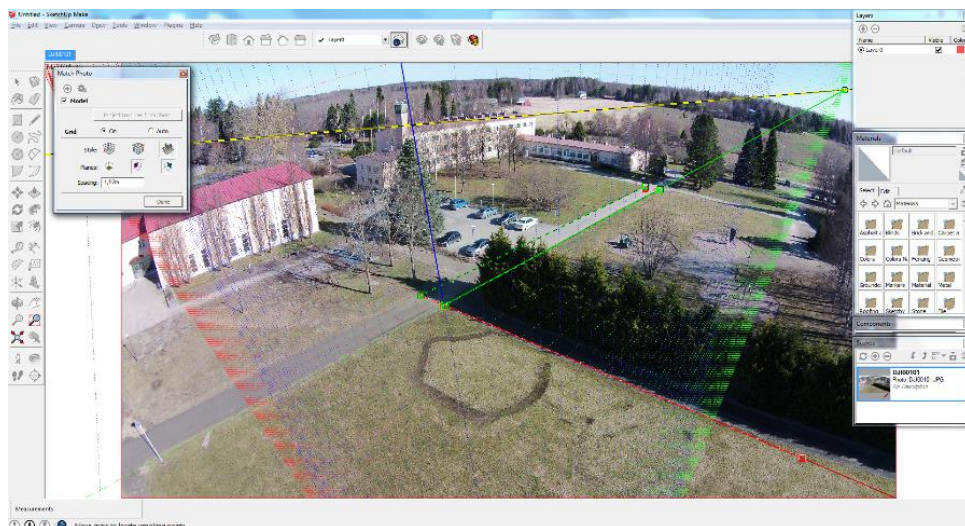
Käyttämäni ohjelmistot olivat ennestään tuttuja opiskeluistani enkä osaa arvioida niihin tutustumiseen liittyvää työmäärää. Kuitenkin ehdottomasti suurin osa oppimisesta ohjelmistojen käytöstä ilmakuvauksessa täytyi minun tehdä itseopiskeluna.

4.2.1 Havainnekuva ilmakuvasta

Kauko-ohjattavalla ilma-aluksella otettuun kuvaan on nykyisten tietokoneohjelmien avulla tehokasta havainnoida omia ajatuksiaan kuvattusta alueesta. Tähän osioon otin kuvan Lekan kampuksen keskeisestä alueesta, jota on viime aikoina kehitetty uuden ulkoliikuntapaikan rakentamisen myötä ja johon on tarkoitus tehdä lisää muutoksia tulevaisuudessa.

Kävin kuvaamassa havainnoitavan alueen kauko-ohjattavalla ilma-aluksella. Varusteiden purkamiseen ja aluksen saattamiseen lentokuntoon meni alle kolme minuuttia. Havainnekuvaan tarvitsin vain valokuvan, joten lentotyö oli ohi muutamassa minuutissa. Multikopterin sain pakattua takaisin kantokuntoon lähes minuutissa, joten kaikkiaan materiaalin hankkiminen havainnekuva varten kesti alle kymmenen minuuttia.

Syötin ilmakuvan Sketchup-mallinnusohjelmaan, jossa yhtenä ominaisuutena on perspektiivin asettelu kaksikulotteiseen kuvaan ja sille piirtäminen. (Kuva 9.)



Kuva 9. Perspektiivin asettelua (Tefke 2016)

Ohjeet kuvan työstämiseen perspektiivin kannalta mallinnettavaan muotoon löysin hakemalla internetistä ja metodin oppimiseen meni puoli tuntia. Jatkossa samaan työhön meni muutama minuutti.

Aikaisempien käytyjeni alueen tulevaisuutta koskeneiden keskustelujen perusteella hahmottelin kuvalle muutaman idean, jotka olivat tulleet esille. Piirsin kuvalle kaksi uutta kivituhkaväylää ja uusien istutusalueiden muotoa. (Kuva 10.) Kaikkiaan prosessissa meni noin vartti, kun asiaan oli ehtinyt perehtyä. Ilmakuville voi mallintaa tarvittaessa isompia ja tarkempiakin kokonaisuuksia, (Kuva 11). Tämän kaltaiseen ideoiden havainnointiin ilmakuvuus ja nykyiset mallinnusohjelmat sopivat toistensa tueksi hyvin ja tarvittaessa materiaalia saadaan tuotettua todella nopeasti. Kuvanmuokausohjelmien, kuten Photoshopin käyttäminen mallinnusohjelmien kanssa parantaa havainnekuvan laatua edelleen merkittävästi.



Kuva 10. Luonnostelmia uusista suunnitelmista (Tefke 2016)



Kuva 11. Sahkon alueesta havainnekuva, jossa mallintamista on yhdistelty ilmakuvaan (Alueviesti 2012)

4.2.2 Ortokuvan ja korkeusmallin tekeminen

En päässyt lopulta tekemään ortokuvaa enkä korkeusmallia työni aikataulun tiukkuuden takia. Eri ohjelmistoja ja prosesseja tutkittuani totesin tähän osuuteen kuluvan ajan määrän suureksi, sillä ohjelmistoja on tarjolla paljon ja niiden tehokas käyttö vaatisi suhteellisen paljon harjoittelua. Asiaan perehtyneet kommentoivat usein, että laitteiston ja ohjelmiston saattaminen yhteensopivaksi on hankalaa.

Suosituimpia saatavilla olevista fotogrammetrian ohjelmistoista ovat kaupalliset Agisoft Photoscan ja Pix4D sekä ilmainen Autodesk 123D. Agisoft Photoscan on näistä kahdesta tunnetumpi ja se soveltuu parhaiten ammattikäyttöön. Agisoftin ohjelmasta on tarjolla kaksi eri versiota, joiden hinta- ja ominaisuuserot ovat huimia. Standard-versiossa saa ilmakuviasta luotua kolmiulotteisia malleja, pistepilviä, ortokuvia sekä panoraamamalleja ja ohjelmiston hinta on 179 dollaria. Professional-versio tarjoaa käyttäjälleen paljon laajemman työkalupaketin ohjelmistoon ja se on suunniteltu tarkan paikkatiedon luomiseen. Professional-paketin hinta on 3499 dollaria ja sen ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa 3D-mallin kiinnittäminen paikkatiedotdataan sekä NDVI-kasvillisuusindeksidatan käsittely. Ohjelmiston käyttötarkoituksesta riippuen oikean ohjelmiston valinta on tärkeää. Standard-versio on täysin riittävä interaktiivisen sisällön tuottamiseen havainnointi- ja suunnittelutarkoituksia varten. Professional-version edut tulevat vastaan uskoakseni kaavoituksen ja tarkemman suunnittelun tasolla. Agisoftin käytön kokemuksista voi lukea lisää Evolla tehdystä V. Kallioisen ja L. Laakososen opinnäytetyöstä, Metsän UAV-ilmakuvaus.

Autodesk 123D tarjoaa ilmaisen ja helppokäyttöisen vaihtoehdon kolmiulotteisen sisällön tuottamiseen. Sen ominaisuudet ovat varsin suppeat mutta sillä on mahdollista tuottaa fotogrammetrista dataa, joka ei ole sidottu koordinaatistoon. Autodesk myös ilmoittaa, että kaikki sen ohjelmistolla luotu data on vapaasti heidän käytössään. Autodeskin ohjelmisto on hyvä tapa tutustua kolmiulotteisen datan tuottamiseen ja samalla nähdä, onko tuotettu sisältö hyödyksi työtä varten.

Pix4D on erikoistunut juuri multikoptereilla hankittujen kuvista tuotettuun dataan ja se tarjoaa samanlaisia toimintoja, kuten Agisoftin Photoscan. Mainittavina kolmiulotteinen mallinnus, pistepilvet, ortokuvat sekä vääräväriväri-kuvat. Hintaa rajattomalle käytölle tulee kuitenkin 6500 euroa.

Tärkeintä fotogrammetriassa on kuitenkin laadukas lähtökohta-aineisto eli hyvän lopputuloksen takaamiseksi käytettävässä ilma-aluksessa tulee olla riittävän hyvä kamera ja lentotyön tulee olla tasaista. Ohjelmiston tehokkuudella ei ole merkitystä, mikäli siihen syötettävät kuvat eivät ole riittävän tarkkoja. Ilma-aluksen lisäominaisuudet voivat myöskin tehdä mallintamisesta entistä tarkempaa, jos alus kerää esimerkiksi kuvien GPS-tietojen lisäksi myös dataa kameran kulmasta kuvanottohetkellä.

Ohjelmiston hankinnan sijaan voi kuvista tuottaa ortokuvia ja korkeusmalleja Internet-palveluissa, mikä on luultavasti useille yrityksille kannattava vaihtoehto. Yksi kuvauksen käsittely maksaa sadasta eurosta ylöspäin.

4.2.3 Datan keruu valvonnassa

Näin mahdollisuuden käyttää kauko-ohjattavaa ilma-alusta hyödyksi viheralueiden rakentamisvaiheen valvontatyössä. Ilma-aluksella rakennettavasta alueesta saa nopeasti ja vaivatta kattavaa dataa, jonka avulla voidaan esimerkiksi ratkaista riitatilanteita eri urakoitsijoiden välillä. Valvonnan kannalta on tärkeää, että kerätty data on jokaisella lentokerralla yhtä laadukasta ja koko työmaa tulee katettua kuvauslennon aikana. Käyttämäni multikopterin käyttöön vaadittavassa sovelluksessa on yhtenä ominaisuutena kartan kautta lentoreitin suunnittelu. Sovellus lataa Google Mapsin kautta kartan, jolle lennot voi suunnitella. Mahdollisuutena on käyttää satelliitti- tai tiekarttaa tai edellisten yhdistelmää.



Kuva 12. Kuvakaappaus DJI Phantom- sovelluksesta (Tefke 2016)

Aluksi en saanut sovelluksessa karttaa ollenkaan näkyviin mutta asian selvittämisen jälkeen löysin ratkaisun internetistä ja sain kartan sovellukseen näkyviin. Tiedon etsiminen vei työajastani kuitenkin noin tunnin. Sovelluksen käyttöliittymä on hyvin selkeä ja muutaman minuutin jälkeen ymmärsin sen toiminnot. Kartan kautta pystyi ilma-alukselle suunnitella 16 reittipistettä, jokaiselle reittipisteelle oman korkeutensa sekä lopulta kopterin lentonopeuden.



Kuva 13. Reitin suunnittelua sovelluksessa (Tefke 2016)

Reittipisteiden määrittämiseen minulta meni noin kolme minuuttia, jonka jälkeen sain laitettua kopterin matkaan nappia painamalla. Kopteri nousi itsestään ja lähti kiertämään valittua reittiä. Lennon ajan pystyin muuttamaan kameran kallistuskulmaa, mikä auttoi kattamaan alueen paremmin videolle. Lennon aikana pystyin keskeyttämään lennon missä vaiheessa tahansa ja seuraamaan lentokuvaa sovelluksen kautta. Valitsemani alue oli reilun hehtaarin kokoinen ja keskinopeudella multikopterilla meni sen kuvaamiseen neljä minuuttia. Laskeutumisen suoritin itse, vaikka valmistajan mukaan kopterin autopilottikin voi sen tehdä. Videosta tuli tasalaatuinen ja sen erittäin pehmeää ja tarkkaa lentokuvaa oli helppo tulkita.

Lennon pituudeksi tuli noin 400 metriä mutta kopteri kykenisi teoriassa yhdellä akulla suorittamaan noin 5 kilometrin lennon, eli tätä ominaisuutta voisi käyttää suurillakin rakennustyömailla. Valitettavasti sovelluksessani ei valittua reittiä voinut tallentaa, joten jokaisella kuvauskerralla pitäisi reitti suunnitella sovelluksen kautta uudelleen. Kuitenkin on tarjolla lukuisia sovelluksia, joiden avulla reitin voi myös tarvittaessa tallentaa. Esimerkiksi DJI-yritys myy pakettia, jonka avulla voi lennon samalla tavalla suunnitella etukäteen ja lisäksi myös tallentaa valitut reitit. Sovelluksessa on lukuisia muitakin ominaisuuksia, kuten 50 reittipisteen vaihtoehto, lennon suunnittelu kolmiulotteisella kartalla ja ortokuvan luominen saadusta datasta. Paketin hinta on noin 200 dollaria, mikä on pieni hinta saatavista ominaisuuksista. Samankaltaisia sovelluksia on tarjolla monia monessa eri hintaluokassa.

Reittipisteillä suoritetun lentovideon voit katsoa [tästä](#).

4.2.4 Osallistaminen projektiin

Tein tässä projektissa yhteistyötä toisen Lepaan opiskelijan, Teemu Vähä-Piikkiön kanssa. Vähä-Piikkiö teki samaan aikaan opinnäytettään Lepaalle suunnitellusta frisbeegolf- radasta ja saimme idean, että radan suunnittelu- vaiheessa olisi hienoa saada itse alan harrastajia mukaan prosessiin. Päädyimme kuvaamaan Lepaalle suunnitellulta radalta muutamia reittivaihtoehtoja tarkoituksena kysyä alan harrastajien mielipiteitä reiteistä sosiaalisessa mediassa.

Vähä-Piikkiö oli valinnut 9-maaliselta radaltaan kolme väylää, joiden reitit suunnitelmissa oli isoja väyläkohtaisia eroja. Suunnitelmamme oli tuottaa video, jossa esitettäisiin kauko-ohjattavalla ilma-aluksella lentämällä kolmelle eri väylälle kaksi toisistaan poikkeavaa vaihtoehtoa, joista alan harrastajat voisivat valita mieleisensä. Video oli tarkoitus jakaa sosiaalisessa mediassa muutamalla eri kanavalla. Ajatuksena oli harrastajien osallistaminen suunnitteluprosessiin, jonka suunnittelussa oli vielä liikkumavaraa. Näin saataisiin suunniteltua harrastajia parhaiten palveleva rata ja samalla herätettyä tietoisuutta sekä kiinnostusta Lepaan uutta rataa kohtaan.

Ongelmia kuvauksissa tuotti rikkonainen akku, jonka kanssa ei kuvaus onnistunut ollenkaan. Työaika siis rajoittui yhteen akulliseen kerrallaan eli noin puoleen tuntiin. Suunnittelimme etukäteen, missä järjestyksessä aikoisimme reitit kuvata ja mihin aikaan, kun yhden akun lataamiseen uutta kuvausta varten meni suunnilleen puolitoista tuntia. Kuvaukset tehtiin siis kolmessa osassa, jokainen väylä erikseen kuvattuna. Yhden väylän kuvaukseen meni varttitunnista puoleen tuntiin. Kahdella akulla olisi voinut olla mahdollista suorittaa väyliä kuvaukset peräkkäin. Yhteensä tunteja lento-työhön ja siirtymiseen meni noin kaksi tuntia.

Tärkeää projektissa oli saada hyvä kuva väylistä ja ideoista niiden takana. Väylältä tuli siis näkyä kiekon mahdollinen lentorata heittopisteeltä, esteet matkalla ja maalin sijainti. Käytimme maalin osoittamiseen siirrettävää frisbeegolf-maaliala. Tasaisen kuvan saaminen oli tapansa mukaan haastavaa ja jokaiseen väylävaihtoehtoon onnistuneeseen kuvaukseen meni muutama lento-otos. Lentokokemuksen myötä tämä työ nopeutuu huomattavasti, kun pääsee haluttuun lopputulokseen vähemmällä otoilla. Kokeneelta ammattilaiselta voisin olettaa näihin otoksiin kuluvan aikaa vain tunnin verran.

Videon editointiin käytin Windowsin Movie Makeria, jota olin käyttänyt aiemmin ainoastaan kerran. Movie Makerin käyttöliittymä on kuitenkin yksinkertainen ja ohjelman käyttö oli sujuvaa. Videon editointiin meni kaksi tuntia. Yhteensä työhön meni siis neljä tuntia. Tuotin videon sopivan laatuiseksi Facebook-palvelua varten ja videosta tuli omaan mieleen liian rakeinen ja epäselvä. Kun koetin tuottaa videosta parempilaatuista, olin jo ehtinyt poistaa editoitavat alkuperäiset kuvauspätkät. Meidän oli tyydyttävä jo valmiiksi tuotettuun versioon. Tämäkin kertoo kuvausalan kokemukseni pienuudesta ja jatkossa tämän tapaiset sattumat eivät välttämättä haittaisi työtä.

Katso kyselyssä käytetty video [tästä](#). Kyselyn tuloksista ja sen saamasta huomiosta voi lukea tarkemmin Vähä-Piikkiön opinnäytteestä.

5 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytteeni teko oli itselleni erittäin mielenkiintoista, kun pääsin itsenäisesti kokeilemaan ja soveltamaan uutta teknologiaa. Oli hienoa ja samalla pelottavaakin lähteä kokeilemaan alallamme täysin uutta menetelmää, sillä kyseessä oli kuitenkin koulun hankkima kallis laitteisto. Vaikka kokemusta ilmakuvauksesta ei itselläni aiemmin ollut, oli koulun järjestelmän käytön oppiminen minulle hyvin helppoa. Jo lyhyen lentoharjoittelun jälkeen pystyin keräämään töissäni tarvitsemani materiaalin. Toisaalta olen nuoruuteni aikana pelannut videopelejä ohjaimen avulla, joka varmasti on vaikuttanut positiivisesti myös ilma-aluksen ohjaimen käsittelyssä. Myös kopterimallista riippuu, kuinka helppoa järjestelmän käyttö tulee olemaan. Koulun käyttämän mallin voidaan sanoa olevan harrastekäyttöön mutta tekemiini töihin se oli täysin riittävä. DJI- Phantom multikoptereita on keuhuttu niiden käyttäjystävällisyydestä ja helppoudesta. Lentotaito on ilmakuvauksessa tietenkin ehdottoman tärkeää mutta nykyisillä autopiloteilla voidaan kuvaukset tarvittaessa suunnitella etukäteen varsin tarkasti ja helpoimmillaan lentotyö tapahtuu nappia painamalla.

Kauko-ohjattava ilma-alus mallista riippuen on tietenkin iso hankinta pienelle yritykselle ja sen kunnossa pitäminen mitä tärkeintä. Kun ammattikäyttöön tarkoitetut kopterit voivat maksaa 2000 – 60 000 euroa, voivat tapaturmat olla yrityksen kannalta hyvinkin kohtalokkaita. Vakuutus on melkein ehdoton edellytys ammattitoiminnassa. Omissa töissäni tapaturmilta onneksi vältyttiin täysin. Rikkinäinen akku tuotti muutaman kerran epävarmoja tilanteita, kuten kun ilma-alus joutui tekemään autopilotilla pakkolaskun mutta siitäkin tapauksesta selvittiin vahingoitta. Monesti asioita tutkiesani luin huonoista kokemuksista, kun alus on kontrollin menettämisen jälkeen tuhoutunut täysin. Kokemukseni perusteella sanoisin kuitenkin riittävän varovaisuuden ja harjoittelun estävän pahimmat tapaturmat. Kauko-ohjattavaa ilma-alusta hankittaessa tulee ostajan ottaa myös huomioon laitteen mukana tulevat huolto- ja korjauskulut sekä niihin kuluva aika. Lisäksi ilma-alusten elinkaari on lyhyt, kun teknologian kehitys on niin nopeaa. Jo kaksi vuotta vanhaan koneeseen voi olla hankalaa saada varaosia.

Ilma-alusten käyttöön ja turvallisuuteen liittyvien ongelmien voidaan olettaa helpottuvan tulevaisuudessa, kun käytetty teknologia ja ohjelmistot kehittyvät edelleen tehden ilmakuvauksesta yhä käyttäjystävällisempää. Teknologian hinta laskee jatkuvasti ja tulevaisuudessa eivät ammattikäyttöönkään tarkoitetut järjestelmät välttämättä ole pienellä yrittäjälle mahdollomia hankintoja, varsinkaan kun mietitään niiden tuomia etuja työssä.

Tutkimuksissa käyttämiini ohjelmistoihin ja kopterin ominaisuuksiin tutustumiseen sain käyttää hyvin paljon aikaa eri ohjeita ja nettifoorumeja selailen sekä opetusvideoita tulkiten. Hyvin tärkeää uuden teknologian käyttöönotossa ja erityisesti sen soveltamisessa on tiedonhaun sujuvuus. Näin uudella alalla ei lähdekirjallisuutta löydy paljoa, joten tiedon haku keskittyy lähinnä internethakuihin. Nettifoorumit ja Youtube-videot olivat itselleni tärkeitä välineitä työtapojen oppimisessa. Aiempaa kokemustani tietokoneiden ja käyttämäni ohjelmistojen kanssa on kuitenkin mahdotonta mitata ja sillä on varmasti ollut myönteinen vaikutus tekemissäni tutkimuksissa.

Yrittäjälle voi laitteiston hankkiminen olla iso päätös, ei vain sen hankintakustannusten takia vaan erityisesti sen tehokkaan käytön oppimiseen vaadittavan ajan takia. Jotta yritys voisi saada rahallisesti mitattavaa etua laitteiston käytöstä, täytyy järjestelmän toimintaan perehtyä tarkasti, mikä vaatii yrittäjältä oma-aloitteisuutta ja mielenkiintoa ilmakehuvausta kohtaan. Itse koin aiheen kuitenkin erittäin mielenkiintoiseksi ja opiskelu eri työvaiheita varten oli antoisaa.

Koinkin tekemäni tutkimukset todella sujuviksi ja olin suorastaan yllättynyt, miten helpolta valitsemieni töiden teko tuntui muutaman Google-haun avustuksella. Tutkimuksiani varten siis käyttämäni laitteisto oli riittävä ja tarvittavat ohjelmat helposti opittavissa. Täyden potentiaalinen laitteesta saa irti vasta, kun ilmakehuista saa tuotettua edelleen paikkatietoa, siis koordinaatistoon sidottuja ortokuvia ja kolmeulotteisia malleja. Selvitettäviä mahdollisuuksia ilmakehujen käytöstä on runsaasti ja se on laitteiden käyttäjistä ja pioneereista kiinni, miten alallamme opitaan tätä teknologiaa hyödyntämään.

Ilmakehujen nykypotentiaali ei kuitenkaan rajoitu vain niille yrityksille, jotka hankkivat järjestelmän itselleen vaan alan kasvaessa yhä useampi yritys myy ilmakehuvauspalveluita. Antereen omistama Puutarhavidio- yritys on tarjonnut ilmakehuvauspalveluja vuodesta 2013 ja on tehnyt toimeksiantoja viheralalla muun muassa rakennusprojektien valvonnassa. Kun materiaali tulee vain yrityksen omaan käyttöön, ei yhdestä kuvauskerrasta tule suurta kuluerää. Myös Geotrimmillä uskotaan, että viheralalla tullaan lähinnä hyödyntämään ilmakehuvausta sitä tarjoavan yrityksen palveluina.

Tutkimukseni pohjalta voin todeta, että viheralan yrittäjä voi käyttää ilmakehuvausjärjestelmää hyödykseen työssään monin eri tavoin. Jatkotutkimuksissa kannattaisi selvittää, missä vaiheessa yrityksen kannattaa itse hankkia ilmakehuvausjärjestelmä ja milloin ilmakehuvaus kannattaa tilata palveluna. Tärkeää tämän kysymyksen tarkastelussa on myös, saako ilmakehuvausjärjestelmällä tuotettua suunnittelun kannalta arvokasta paikkatietoa kustannus- tehokkaasti.

LÄHTEET

FCG 2014. Tiedonhallinnan vallankumous, verkkojulkaisu 10.9.2016
<http://www.fcg.fi/lehti/arkisto/?id=94>

Geotrim 2016. Viitattu 1.4.2016
<http://shop.geotrim.fi/>

Haggrén, H. 2003. Luento 8/2003: ilmakuvaus.
http://foto.hut.fi/opetus/300/luennot/8/L8_print2004.pdf

Haggrén, H. 2011. 200 vuotta fotogrammetrian ja kaukokar-toituksen historiaa. Julkaistu 3/2011.
http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/pjf/pjf_e/2011/PJF2011_3_Haggren.pdf

Kallioinen, V., Laaksonen, L. 2016. Metsän UAV-ilmakuvaus. Toteutus ja pintamallien laatiminen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö

Lennokit tarttuvat toimeen. Tieteen kuvalehti 3/2016. 42-55

Maanmittauslaitos 2016. Viitattu 26.3.2016
<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus/ilmakuvat/ortokuva-mittatarkka-ilmakuva>

Microdrone 2016. Viitattu 4.4.2016
<https://www.microdrones.com/en/applications/>

Oesch, J. 2015. Ilmakuvauksen hyödyntäminen peltoviljelyssä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö

PAPA International 2016: History of Aerial Photography. Viitattu 21.3.2016
http://www.professionalaerialphotographers.com/content.aspx?page_id=22&club_id=808138&module_id=158950

Poutanen, M. 2014. Kauko-ohjattava ilmakuvausjärjestelmä. Lahden ammattikorkeakoulu. Mediatekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Sippo, M. Pistepilvi ja ortokuva lennokilla. Tierakennusmestari 1/2013. 16-18

Tefke, J. Omia ilmakuvia 2016

Wikipedia 2016. Aerial Photography. Viitattu 25.2.2016
https://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_photography

Wikipedia 2015. Multikopteri. Viitattu 31.3.2016
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Multikopteri>

HAASTATTELUT

Antere, J. 2016. Puutarhavideot. Toimitusjohtaja. Haastattelu 29.2.2016 Siipossa. Haastattelija Tefke, J.

Laine, H. 2016. Geotrim. Myynti-insinööri. Haastattelu 28.2.2016 Vantaalla. Haastattelija Tefke, J.

KUVAT

Kuva 1, 2, 6, 8 Tefke, J. 2016

Kuva 3 Falcam Aerial 2016.

http://www.falcam-aerial.fi/images/ortokuva_betoni1180x1035.jpg

Kuva 4 Maanmittauslaitos 2016.

<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus/laserkeilausaineistot/laserkeilaustekniikka>

Kuva 5 The UAV Guide.

<http://wiki.theuavguide.com/wiki/Multicopter>

Kuva 7 Geotrim 2016.

<http://shop.geotrim.fi/geospaatialinen-mittaus/lennokkikartoitus-uav>

Kuva 8, 9, 10 Tefke J. 2016

Kuva 11 Alueviesti 2012

<http://alueviesti.fi/2012/01/24/sahkon-kauppapaikalla-mittavat-tyollisyysvaikutukset/sahko-etelasta-havainnekuva/>

Kuva 12, 13 Tefke, J. 2016

Trafin määräys OPS M1-32 Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen



Liikenteen turvallisuusvirasto

Määräys

1 (6)

TRAFI/4482/03.04.00.00/2015

OPS M1-32

Antopäivä: 9.10.2015	Voimaantulopäivä: 9.10.2015	Voimassa: toistaiseksi
Säädösperusta: Ilmailulaki (864/2014) 9, 57, 70 §		
Täytäntöönpantava EU-lainsäädäntö: -		
Muutostiedot: -		

KAUKO-OHJATUN ILMA-ALUKSEN JA LENNOKIN LENNÄTTÄMINEN

1	SOVELTAMISALA	1
2	MÄÄRITELMÄT	1
3	KAUKO-OHJATUN ILMA-ALUSTOIMINNAN YLEISET VAATIMUKSET.....	2
4	YLEISISTÄ VAATIMUKSISTA POIKKEAVA TOIMINTA	5
5	LENNOKKITOIMINTAA KOSKEVAT VAATIMUKSET	5
6	POIKKEUKSET	6

1 SOVELTAMISALA

Tätä määräystä sovelletaan kauko-ohjattujen ilma-alusten ja lennokkien lennättämiseen Suomessa.

2 MÄÄRITELMÄT

Tässä määräyksessä tarkoitetaan:

asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella asutuskeskittymää, jossa asuu vähintään 200 asukasta ja asuinrakennusten etäisyys toisistaan on enintään 200 metriä;

ensivasteyksiköllä (first response) ensimmäisenä hätä-, onnettomuus-, pelastus- tai vastaavaan poikkeustilanteeseen paikalle saapuvaa viranomais- tai muuta vastaavaa yksikköä;

kauko-ohjaajalla kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttöön perehtynyttä henkilöä, joka käyttää ohjauslaitteita lennätyksen aikana;

kauko-ohjatulla ilma-aluksella (Remotely Piloted Aircraft, RPA) miehittämätöntä ilma-alusta, jota ohjataan kauko-ohjauspaikasta ja käytetään lentotyöhön;

kauko-ohjatun ilma-aluksen haltijalla luonnollista tai oikeushenkilöä, jonka käyttöön ilma-alus on luovutettu;

kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttäjällä luonnollista tai oikeushenkilöä, jonka käyttöön omistaja tai haltija on luovuttanut ilma-aluksen;

kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmällä (Remotely Piloted Aircraft System, RPAS) kauko-ohjattua ilma-alusta, sen kauko-ohjauspaikkoja, tarvittavia ohjaus- ja seuran-

Liikenteen turvallisuusvirasto • PL 320, 00101 Helsinki
puh. 029 534 5000, faksi 029 534 5095 • Y-tunnus 1031715-9

www.trafi.fi



Määräys
2 (6)
TRAFI/4482/03.04.00.00/2015
OPS M1-32

tayhteyksiä ja muita erikseen määrättyjä kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön edellyttämän järjestelmän osia;

kauko-ohjatun ilma-aluksen omistajalla luonnollista tai oikeushenkilöä, joka omistaa kauko-ohjatun ilma-aluksen;

kauko-ohjatun ilma-aluksen päälliköllä lentotoiminnanharjoittajan tai kauko-ohjatun ilma-aluksen omistajan nimittämää kauko-ohjaajaa tai kauko-ohjatusta lennosta vastaavaa henkilöä, jolla on lennon aikana käskyvalta ja vastuu turvallisuudesta;

kauko-ohjauspaikalla (Remote Pilot Station, RPS) kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmän osaa, johon kuuluu kauko-ohjatun ilma-aluksen ohjaamiseen käytettävä varustus;

kauko-ohjaustähystäjällä kauko-ohjaajan hyväksymää henkilöä, joka pitää näköyhteyttä kauko-ohjattuun ilma-alukseen ja avustaa kauko-ohjaajaa varmistamaan lennon turvallisuuden;

lennokilla lentämään tarkoitettua laitetta, jonka mukana ei ole ohjaajaa ja jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen pois lukien ensisijaisesti lapsille suunnatut laitteet ja kauko-ohjatut ilma-alukset;

lentoasemalla lentopaikkaa, jossa lentotiedotus-, hälytys-, ilmaliikenteen neuvonta- ja lennonjohtopalvelu on pysyvästi järjestetty;

lentoonlähtömassalla miehittämättömän ilma-aluksen kokonaismassaa lentoonlähdön alkaessa, mukaan luettuna kaikki mukana olevat tavarat;

lentotyöllä ilma-aluksen käyttämistä erikoistehtäviin;

lennättäjällä henkilöä, joka vastaa lennokin lennättämisestä;

miehittämättömällä ilma-aluksella (Unmanned Aircraft, UA) ilma-alusta, joka on tarkoitettu lentämään ilman ilma-aluksessa mukana olevaa ohjaajaa; tällä ei tarkoiteta lennokkia;

näköyhteyteen perustuvalla toiminnalla (Visual line-of-sight (VLOS) operation) toimintaa, jossa kauko-ohjaaja tai kauko-ohjaustähystäjä pitää ilman apuvälineitä yllä suoraa näköyhteyttä kauko-ohjattuun ilma-alukseen;

näköyhteyden ulkopuolella tapahtuvalla toiminnalla (Beyond visual line-of-sight (BVLOS) operation) toimintaa, jossa kauko-ohjaaja pitää apuvälineiden avulla yhteyttä kauko-ohjattuun ilma-alukseen; ja

vapaastilentävällä lennokilla lennokkia, jonka ohjaaminen ei ole mahdollista lennätyksen aikana.

3 KAUKO-OHJATUN ILMA-ALUSTOIMINNAN YLEISET VAATIMUKSET

3.1 Kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämiseen ilmailuun tämän määräyksen mukaisesti ei vaadita lentotyölupaa eikä kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämiseen ilmailuun sovelleta lentotyöstä annettua määräystä OPS M1-23.

3.2 Kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttäjän on ilmoitettava Liikenteen turvallisuusvirastolle seuraavat tiedot:



Määräys
3 (6)
TRAFI/4482/03.04.00.00/2015
OPS M1-32

- a) tiedot käyttäjästä,
 - b) tekniset perustiedot ilma-aluksesta,
 - c) aiotun toiminnan laatu ja laajuus,
 - d) tieto siitä, aiotaanko toimintaa harjoittaa asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella, ja
 - e) tieto siitä, aiotaanko toimintaa harjoittaa ulkosalle kokoontuneen väkijoukon yläpuolella.
- 3.3 Ilmoitus on annettava ennen kuin kauko-ohjattua ilma-alusta käytetään ilmailuun ensimmäisen kerran. Ilma-aluksen käyttäjän on ilmoitettava Liikenteen turvallisuusvirastolle ilmoittamissaan tiedoissa tapahtuvista muutoksista viipymättä. Ilmoitusmenettely ei koske valtion ilmailua.
- 3.4 Lennätykset on suoritettava siten, että niistä aiheutuva vaara ulkopuolisille ihmisille ja heidän omaisuudelleen sekä meluhaitta ovat mahdollisimman pienet.
- 3.5 Lennätykset on suoritettava siten, että ne eivät vaaranna, haittaa eivätkä estä viranomais- tai ensivasteyksikön toimintaa.
- 3.6 Kauko-ohjaajan on kyettävä käyttämään turvallisesti ilma-alusta ja hallittava hätätilanteiden edellyttämät toimenpiteet. Kauko-ohjatusta lennosta vastaavan on oltava vähintään 18-vuotias.
- 3.7 Kauko-ohjatussa ilma-aluksessa on oltava järjestelmä tai kauko-ohjaajalla menettely siltä varalta, että ohjaukseen tai valvontaan tarvittavat yhteydet katkeavat tai ilma-alus vikaantuu niin, että sen ohjaaminen estyy. Järjestelmän tai menettelyn on varmistettava, että ulkopuolisille ihmisille ja heidän omaisuudelleen aiheutuva vaara on mahdollisimman pieni.
- 3.8 Kauko-ohjatusta ilma-aluksesta on käytävä ilmi sen käyttäjän nimi ja yhteystiedot.
- 3.9 Kauko-ohjatuista lennoista on tallennettava seuraavat tiedot:
- a) lennätyksen päivämäärä,
 - b) lennätyspaikka,
 - c) ilma-aluksen päällikkö,
 - d) ilma-aluksen valmistaja ja malli,
 - e) lennätyksen tai lennätyssarjan alkamis- ja päättymisaika,
 - f) onko kyseessä:
 - 1) suoraan näköyhteyteen perustuva toiminta (VLOS) vai
 - 2) suoran näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva toiminta (BVLOS), ja
 - g) lennätystehtävän luonne sekä maininta mahdollisesta kauko-ohjaustähystäjän käytöstä.

- 3.10 Tiedot lennätyksistä tulee säilyttää kolmen vuoden ajan.
- 3.11 Käytettäessä kauko-ohjattua ilma-alusta alueella, jota ei ole rajoitettu muulta ilmailulta tai miehittämättömän ilma-aluksen lennättämistä varten erotettu, on noudatettava seuraavia ehtoja, ellei Liikenteen turvallisuusvirasto ole myöntänyt poikkeusta kohdan 6 mukaisesti:
- a) Kauko-ohjatun ilma-aluksen lentoonlähdomassa saa olla enintään 25 kg.
 - b) Käytön on oltava näköyhteyden perustuvaa toimintaa, kauko-ohjatun ilma-aluksen on oltava koko ajan ohjattavissa ja sitä on lennätettävä vallitsevan sään ja valoisuuden huomioon ottaen riittävän lähellä kauko-ohjaajaa tai kauko-ohjaustähystäjää niin, että muu ilmaliikenne ja esteet voidaan havaita ja kyetään arvioimaan väistämistarve luotettavasti suoran näköyhteyden perusteella ilman apuvälineitä.
 - c) Käytettäessä kauko-ohjaustähystäjää on kauko-ohjaajalla ja kauko-ohjaustähystäjällä oltava yhteydenpitoaan varten luotettava viestintäväline, mikäli suora puheyhteys ei ole mahdollinen.
 - d) Lennätyskorkeuden on oltava alle 150 metriä maan tai veden pinnasta. Lennättäminen alempana kuin tehtävän edellyttämällä korkeudella ei ole sallittu. Korkeusrajoitus ei koske kiinteän esteen (esimerkiksi radiomaston) tarkastustoimintaa kohteen omistajan toimeksiannosta silloin, kun pysytään sivusuunnassa enintään 15 metrin etäisyydellä tarkastettavasta kohteesta, eikä lennättämistä ilmailutiedotusjärjestelmässä julkaistuilla lennokkien lennätyspaikoilla.
- 3.12 Kauko-ohjatun ilma-aluksen lennättäminen lentoaseman läheisyydessä eli lähialueella (CTR, Control Zone), lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeellä (FIZ, Flight Information Zone) tai radiovyöhykkeellä (RMZ, Radio Mandatory Zone) on sallittua enintään 50 metrin korkeudella maan tai veden pinnasta, kun vaakasuora etäisyys kiitotiestä on vähintään viisi kilometriä. Mikäli on tarve lennättää lähempänä lentoasemaa tai korkeammalla kuin 50 metriä edellä luetelluilla alueilla, kauko-ohjaajan on otettava yhteyttä ilmaliikennepalvelun tarjoajaan ja sovittava lennätyksistä erikseen. Jyväskylän (EFJY) ja Utin (EFUT) lentoasemien lähialueella lennättämisestä on kuitenkin kaikissa tapauksissa sovittava erikseen ilmaliikennepalveluelimen kanssa.
- 3.13 Kauko-ohjatun ilma-aluksen lennättämisessä on kiinnitettävä erityistä huomiota valvomattomien lentopaikkojen ja helikopterilentopaikkojen läheisyydessä tapahtuvaan ilmaliikenteeseen sekä otettava soveltuvin osin huomioon mahdolliset paikalliset ohjeet.
- 3.14 Kauko-ohjatun ilma-aluksen on väistettävä kaikkia muita ilma-aluksia.
- 3.15 Kauko-ohjatun ilma-aluksen lennättäminen ulkosalle kokoontuneen väkijoukon tai asutuskeskuksen tiheästi asutun osan yläpuolella on sallittua vain kun:
- a) ilma-aluksen suurin lentoonlähdomassa on enintään 7 kg,
 - b) käytetään sellaista lentokorkeutta, että hätätilanteessa voidaan suorittaa lasku siten, että siitä aiheutuva vaara on ulkopuolisille ihmisille tai heidän omaisuudelleen mahdollisimman pieni, tai ilma-alus on varustettu siten tai on ominaisuuksiltaan sellainen, että ulkopuolisille ihmisille ja heidän omaisuudelleen aiheutuva vaara on mahdollisimman pieni,



Määräys
5 (6)
TRAFI/4482/03.04.00.00/2015
OPS M1-32

- c) ilma-aluksen käyttäjä on laatinut toimeksiantokohtaisen kirjallisen turvallisuusarvioinnin, joka sisältää vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arvioinnin ja riskien vähentämisen,
 - d) ilma-aluksen käyttäjä on laatinut kirjallisen toimintaohjeistuksen, joka sisältää kuvauksen normaalitoiminnasta sekä toiminnasta häiriötilanteissa, ja
 - e) edellä c) ja d) kohdissa tarkoitetut asiakirjat säilytetään vähintään kolmen kuukauden ajan toiminnan päättymisestä ja esitetään pyynnöstä valvontaviranomaiselle.
- 3.16 Kohdan 3.15 vaatimukset eivät koske kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämistä viranomaistehtäviin.
- 3.17 Kaikista kauko-ohjatuille ilma-aluksille tapahtuneista onnettomuuksista ja poikkeavista tilanteista tulee ilmoittaa Liikenteen turvallisuusvirastoon viraston antamien tarkempien ohjeiden mukaisesti.

4 YLEISISTÄ VAATIMUKSISTA POIKKEAVA TOIMINTA

Yleisistä vaatimuksista poikkeava toiminta, esimerkiksi näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva toiminta, on suoritettava tarkoitusta varten erikseen varatulla alueella ja lisäksi on noudatettava seuraavia ehtoja:

- a) ilma-aluksen käyttäjä on laatinut aiotusta toiminnasta kirjallisen turvallisuusarvioinnin, joka sisältää vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arvioinnin ja riskien vähentämisen,
- b) ilma-aluksen käyttäjä on laatinut kirjallisen toimintaohjeistuksen, joka sisältää kuvauksen normaalitoiminnasta sekä toiminnasta häiriötilanteissa, ja
- c) edellä a) ja b) kohdissa tarkoitetut asiakirjat säilytetään vähintään kolmen kuukauden ajan ko. toiminnasta ja esitetään pyynnöstä valvontaviranomaiselle.

5 LENNOKKITOIMINTAA KOSKEVAT VAATIMUKSET

- 5.1 Lennätykset on suoritettava siten, että niistä aiheutuva vaara ulkopuolisille ihmisille ja heidän omaisuudelleen sekä meluhaitta ovat mahdollisimman pienet.
- 5.2 Lennokin lennättäminen ulkosalle kokoontuneen väkijoukon yläpuolella ei ole sallittua.
- 5.3 Lentoonlähtömassaltaan enintään 3 kg lennokin lennättäminen asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella on sallittua, kun lennättäjä on tutustunut alueeseen, varmistunut laitteen teknisestä kunnosta ja arvioinut, että lennättäminen voidaan suorittaa turvallisesti. Lentoonlähtömassaltaan yli 3 kg lennokin lennättäminen asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella ei ole sallittua.
- 5.4 Lennätykset on suoritettava siten, että ne eivät vaaranna, haittaa eivätkä estä viranomais- tai ensivasteyksikön toimintaa.
- 5.5 Lennokista on käytävä ilmi sen käyttäjän nimi ja yhteystiedot.
- 5.6 Lennokin lennättämisen on oltava suoraan näköyhteyteen perustuvaa, lennokin on oltava koko ajan ohjattavissa ja sitä on lennätettävä vallitsevan sään ja valoisuuden huomioon ottaen riittävän lähellä lennättäjää niin, että muu ilmailiikenne voidaan ha-



Määräys
6 (6)
TRAFI/4482/03.04.00.00/2015
OPS M1-32

vaita ja kyetään arvioimaan väistämistarve luotettavasti suoran näköyhteyden perusteella ilman apuvälineitä.

- 5.7 Lennätyskorkeuden on oltava alle 150 metriä maan tai veden pinnasta pois lukien erikseen määritellyt, ilmailutiedotusjärjestelmässä julkaistut lennokkien lennätyspaikat.
- 5.8 Lennokin lennättäminen lentoaseman läheisyydessä eli lähialueella (CTR, Control Zone), lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeellä (FIZ, Flight Information Zone) tai radiovyöhykkeellä (RMZ, Radio Mandatory Zone) on sallittua enintään 50 metrin korkeudella maan tai veden pinnasta kun vaakasuora etäisyys kiitotiestä on vähintään viisi kilometriä. Mikäli on tarve lennättää lähempänä lentoasemaa tai korkeammalla kuin 50 metriä edellä mainituilla alueilla, lennättäjän on otettava yhteyttä ilmaliikennepalvelun tarjoajaan ja sovittava lennätysistä erikseen. Jyväskylän (EFJY) ja Utin (EFUT) lentoasemien lähialueella lennättämisestä on kuitenkin kaikissa tapauksissa sovittava erikseen ilmaliikennepalveluelimen kanssa.
- 5.9 Lennokin lennättämisessä on kiinnitettävä erityistä huomiota valvomattomien lentopaikkojen ja helikopterilentopaikkojen läheisyydessä tapahtuvaan ilmaliikenteeseen sekä otettava soveltuvin osin huomioon mahdolliset paikalliset ohjeet.
- 5.10 Lennokin on väistettävä kaikkia ilma-aluksia.
- 5.11 Kohtia 5.6, 5.7 ja 5.10 ei sovelleta vapaastilentäviin lennokkeihin.

6 POIKKEUKSET

- 6.1 Liikenteen turvallisuusvirasto voi hakemuksesta myöntää poikkeuksia tämän määräyksen kohtien 3.11 a), 3.11 d), 3.15 a), 5.6 ja 5.7 vaatimuksista yllättävissä ja kiireellisissä tilanteissa tai ajallisesti rajattujen toiminnallisten tarpeiden vuoksi, jos ne eivät vaaranna turvallisuutta.
- 6.2 Liikenteen turvallisuusvirasto voi hakemuksesta myöntää poikkeuksia tämän määräyksen vaatimuksista tilapäisesti testaus- ja tutkimustoimintaan, jos haetut poikkeukset eivät vaaranna turvallisuutta.
- 6.3 Hakijan on poikkeusta hakiessaan esitettävä:
- kirjallinen turvallisuusarviointi, joka sisältää vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arvioinnin ja riskien vähentämisen, sekä
 - Liikenteen turvallisuusviraston pyytäessä kirjallinen toimintaohjeistus, joka sisältää kuvauksen normaalitoiminnasta sekä toiminnasta häiriötilanteissa.

Pekka Henttu
ilmailujohtaja

Maija Mansikkaniemi
lakimies