

OPINNÄYTETYÖ

JASKA OJALA 2011

**MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTTÖ
ILMAKUVAUKSESSA**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences

MAANMITTAUSTEKNIikka

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTTÖ ILMAKUVAUKSESSA

Jaska Ojala

2011

Toimeksiantaja Rovaniemen kaupungin maanmittaus- ja
suunnittelupalvelukeskus

Ohjaaja Jaakko Lampinen

Hyväksytty _____ 2011 _____

Tekijä	Jaska Ojala	Vuosi	2011
Toimeksiantaja	Rovaniemen kaupungin maanmittaus ja suunnittelupalvelukeskus		
Työn nimi	Ilmakuvausten suorittaminen miehittämättömällä ilma-aluksella		
Sivu- ja liitemäärä	33		

Tämä opinnäytetyö on tehty Rovaniemen kaupungin maanmittaus- ja suunnittelupalvelukeskuksen toimeksiannosta. Opinnäytetyön tavoitteena oli ensisijaisesti selvittää, soveltuuko lennokkiharrastajan kalusto pienten viistokuvausten suorittamiseen. Koeilmakuvaukset suoritettiin kesällä 2010 Vaaralan asemakaavan suunnittelualueella.

Lisäksi tavoitteena oli selvittää radio-ohjattavien lennokkeja kehittyneempien ja monipuolisempien miehittämättömien ilma-alusten eli UAV-laitteiden tämänhetkistä lainsäädäntöä. UAV-laitteita on käytetty jo pitkään sotilasoperaatioissa ja siviilikäytössä laitteet ovat yleistymässä nopeasti.

Tavallisella radio-ohjattavalla lennokilla ja kompaktikameralla onnistuttiin ottamaan viistokuvia ranta-alueen visuaalista tutkimista varten. Tutkimuksessa käytetyllä kalustolla voitiin kuvata pienialaisia kohteita, mutta isompien alueiden kuvaamiseen se on liian tehoton menetelmä.

Opinnäytetyötä tehtäessä tuli ilmi että, UAV-laitteita koskeva lainsäädäntö on vielä erittäin puutteellista ja kansainvälisiä ja kansallisia säädöksiä ollaan vasta laatimassa. UAV-laitteet eivät korvaa perinteisiä ilmakuvauksimenetelmiä kokonaan, vaan mahdollistavat joustavan tavan suorittaa ilmakuvauksia. Tulevaisuudessa laitteiden vielä kehittyessä ja lainsäädännön tarkentuessa UAV-laitteilla on mahdollista suorittaa ilmakuvauksia nykyistä laajemmille alueille.

Author	Jaska Ojala	Year	2011
Commissioned by	Municipality of Rovaniemi		
Subject of thesis	Aerial Photographing Using Unmanned Aerial Vehicles		
Number of pages	33		

This thesis was commissioned by the municipality of Rovaniemi. The main objective of this thesis was to examine whether a radio-controlled aircraft can be used to take oblique aerial photographs. The second objective of this thesis was to investigate the legislation concerning unmanned aerial vehicles.

The first part of theory section consists of an overview of remote sensing and aerial photography. The second part consists of planning the test flights as well as introducing the used equipment.

The empirical part consists of carrying out the test flights in the summer of 2010 in the Vaarala area planning zone.

The results of this thesis show that a compact camera fastened to a radio-controlled aircraft can be used to take oblique aerial photographs. The photographs can be used to visually examine the area planning zone. The equipment used was found suitable for photographing small areas but ineffective for larger areas.

The research for this thesis also revealed that the legislation concerning unmanned aerial vehicles is insufficient. Unmanned aerial vehicles will not replace the traditional aerial photographing techniques but they offer an adaptive alternative.

Key words remote sensing, aerial photography, UAS, UAV, model plan

SISÄLLYS

TERMIUETTELO	1
KUVIOLUETTELO	1
1 JOHDANTO	2
2 KAUKOKARTOITUS JA ILMAKUVAUS.....	4
2.1 KAUKOKARTOITUS.....	4
2.2 KAUKOKARTOITUKSEN HISTORIA	4
2.3 ILMAKUVIEN KÄYTTÖ.....	5
2.4 ILMAKUVAUSKAMERAT.....	5
2.5 PERINTEISET ILMAKUVAUS MENETELMÄT	6
2.6 UUDET ILMAKUVAUSMENETELMÄT.....	6
2.6.1 <i>Laserkeilaus</i>	6
2.6.2 <i>UAV- miehittämätön ilma-alus</i>	7
2.6.3 <i>Ilmakuvauslennokit ja järjestelmät</i>	7
2.6.4 <i>UAS-toiminnan säädökset</i>	12
2.7 ILMAKUVATUOTTEET.....	13
2.7.1 <i>Pystykuva</i>	13
2.7.2 <i>Ortokuva</i>	13
2.7.3 <i>Viistokuva</i>	14
3 TUTKIMUSKOHDDE	15
3.1 TIETOA VAARALASTA	15
3.2 VAARALAN KAAVOITUKSEN TAUSTAT	15
4 KOEKUVAUKSISSA KÄYTETTY KALUSTO.....	17
4.1 LENNOKKI.....	17
4.2 KAMERA.....	19
5 KUVAUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	20
5.1 KUVAUSTEN SUUNNITTELU.....	20
5.2 LENNÄTYSPIIKAT.....	20
5.3 OLOSUHTEET	21
5.4 TOIMENPITEET MAASTOSSA	21
6 KOEKUVAUKSISSA ILMENNEET HAASTEET JA NIIDEN RATKAISUT	23
7 TULOKSET	24
8 YHTEENVETO	25
8.1 VIISTOKUVAUS LENNOKILLA	25
8.2 KARTOITUSILMAKUVAUS UAV-LAITTEILLA.....	26
9 LÄHTEET	28
10 LIITTEET	30

TERMILUETTELO

EASA = European Aviation Safety Agency

EPP = Expanded Polypropylene

FCL = Flight Crew Licensing

ILO = Ilmailuteollisuuden ja lentotekniikan ohjelma

JARUS = Joint Authority for Rulemaking on Unmanned Systems

PAMS = Personal Aerial Mapping System

PIA = Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys

Trafi = Liikenteen turvallisuusvirasto

UAS = Unmanned Aircraft System

UAV = Unmanned Aerial Vehicle

KUVIOLUETTELO

KUVIO 1. KARTOITUSILMAKUVAUKSEN PERIAATE UAV-LAITTEELLA. (GATEWING 2011) ..8	
KUVIO 2. TYYPILLINEN UAV-LAITTEEN LENTOREITTI KUVATTAVAN ALUEEN PÄÄLLÄ. (SMARTPLANES 2011)	9
KUVIO 3. SMARTONE ILMAKUVAUSLENNOKKI JA MAA-ASEMA. (SMARTPLANES 2011) ..10	
KUVIO 4. CROPCAM ILMAKUVAUSLENNOKKI. (HASSINEN 2008, 36)	11
KUVIO 5. GATEWING X100 LÄHTÖVALMIINA KATAPULTIN PÄÄLLÄ. (GATEWING 2011) ...12	
KUVIO 6. VOIMASSAOLEVA VAARALAN YLEISKAAVA JA ASEMAKAAVOITETTAVA ALUE. (ROVANIEMEN KAUPUNKI 2010, 3)	16
KUVIO 7. KOEKUVUKSISSA KÄYTETTY LENNOKKI, RADIO-OHJAIN JA TARVIKESALKKU.	18

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Rovaniemen kaupungin maanmittaus- ja suunnittelupalvelukeskuksen toimeksiannosta. Aiheen valintaan vaikutti oma kiinnostukseni radio-ohjattaviin lennokkeihin sekä niillä tapahtuvaan ilmakuvaukseen. Olen harrastanut radio-ohjattavien lennokkien rakentamista ja lennättämistä yli kymmenen vuotta. Lennokkikäyttöön sopivan elektroniikan voimakkaan kehittymisen myötä tavallisella harrastajalla on mahdollisuus hankkia ilmakuvaukseen sopivaa kalustoa.

Työn tavoitteena oli tutkia, soveltuuko lennokkiharrastajan kalusto pienten viistokuvausten suorittamiseen. Lisäksi halusin selvittää, voidaanko lennokilla otetuista viistokuvista saada lisäarvoa esimerkiksi kaavoitukseen tai ympäristön suunnitteluun.

Olin kesän 2010 Rovaniemen kaupungilla kesätöissä. Samalla tein koeilmakuvauksia Vaaralan tulevalle asemakaava-alueella. Tutkimuskohteeksi valitsimme kaupungin edustajan kanssa Kemijoen rantavyöhykkeen Vaaralan eteläreunalla. Ranta-alueesta päätettiin kuvata radio-ohjattavalla lennokilla viistokuvia, joita voitaisiin käyttää apuna Vaaralan asemakaavan suunnittelussa.

Koska viistokuvaus on vain pieni osa-alue lennokki-ilmakuvauksessa, käsitelen opinnäytetyössäni myös kartoitusilmakuvaukseen soveltuvia uusia lennokkipohjaisia menetelmiä. UAV-laitteet ovat yleistymässä sotilaskäytön lisäksi myös siviilikäytössä. Miehitettömiä lentolaitteita on jo pitkään käytetty sotilastiedustelun apuna, ja ne ovat yleistymässä erilaisissa valvonta- ja seurantatehtävissä. Maanmittausalalle on myös odotettavissa muutoksia UAV-laitteiden yleistymisen myötä erityisesti erilaisissa ilmakuvauksensovelluksissa.

Opinnäytetyön alkuosassa käsitellään kaukokartoituksen ja ilmakuvauksen historiaa sekä ilmakuvien käyttömahdollisuuksia. Sen jälkeen kerrotaan ilmakuvien tuottamisesta erilaisilla menetelmillä, keskittyen miehittämättömillä ilma-aluksilla tapahtuvaan ilmakuvaukseen. Seuraavaksi käsitellään pystykuvan, ortokuvan ja viistokuvan ominaisuuksia. Kappaleissa 3-6 selostetaan tämän

opinnäytetyön lähtökohtana olleen koeilmakuvauksen vaiheet suunnittelusta toteutukseen. Samalla esitellään koekuvauksissa käytetty kalusto ja esitellään kuvauksen kohteena oleva Vaaralan asuinalue. Opinnäytetyön lopuksi pohditaan sekä tavallisen radio-ohjattavan lennokin käyttöä viistokuvauksessa että UAV-laitteiden käyttöä kartoitusilmakuvauksessa.

2 KAUKOKARTOITUS JA ILMAKUVAUS

2.1 Kaukokartoitus

Kaukokartoitus tarkoittaa informaation hankkimista kohdetta koskematta ja sähkömagneettista säteilyä hyödyntäen. Kaukokartoituksessa käytetään pääasiassa kuvamuotoista tietoa, jota tulkitsemalla ja mittaamalla voidaan määrittää kuvilla näkyvien kohteiden ominaisuuksia. (Laurila 2008,1)

Ilmakuvaus on yksi kaukokartoituksen osa-alue. Muita menetelmiä ovat erilaiset tutkat ja laserkeilaimet. Laserkeilaus poikkeaa muista kaukokartoituksen havaintolaitteista, koska se ei muodosta kohteesta kuvaa vaan mittaa kohdetta kuvaavan, koordinaattien määrittämän pistepilven. (Laurila 2008, 15-16)

Tyypillisimmin ilmakuvia tuotetaan satelliittien, pienkoneiden sekä helikopterien avulla. Yleistymässä ovat miehittämättömien ilma-alusten eli radio-ohjattavien lennokkien ja helikoptereiden käyttö ilmakuvauksessa.

2.2 Kaukokartoituksen historia

Valokuvauksen synty ajoittuu vuoteen 1839. Ensimmäiset ilmakuvat otettiin ilmapallostasta käsin Ranskassa jo vuonna 1858. Ensimmäiset lentokoneesta otetut ilmakuvaukset suoritettiin viime vuosisadan alussa, vuonna 1909. Ensimmäisessä maailmansodassa hyödynnettiin ilmakuvatulkintaa. Varsinainen ilmakuvamittaus kehittyi ensimmäisen maailmansodan jälkeen. Toisen maailmansodan aikana kuvattiin jo väri- ja infrapunakuvia. Satelliittikaukokartoituksen voimakas kehitys alkoi luonnonvarojen ja ympäristön tilan seurantaan tarkoitetun Landsat-1 -tutkimussatelliitin laukaisun jälkeen, vuonna 1972. (Salmenperä 2004, 4-5)

Suomessa ilmakuvia on käytetty valtakunnallisissa kartoitustöissä 1930-luvulta lähtien. Toisen maailmansodan jälkeen 1947-1977 toteutettu Suomen peruskartoitus oli teknisesti mahdollista vain ilmakuvausten avulla. Nykyäänkin useimmat valtakunnalliset ja kunnalliset kartoitushankkeet tehdään ilmakuvilta. (Laurila 2008, 39)

2.3 Ilmakuvien käyttö

Ilmakuvia voidaan käyttää hyvin moniin eri tarkoituksiin, monessa tilanteessa on ensiarvoisen tärkeää nähdä esimerkiksi suunnittelualue ilmasta käsin kokonaisuuden hahmottamiseksi.

Pienkoneesta ja helikopterista kuvattuja viisto- ja pystykuvia on käytetty esimerkiksi vesikasvien ja levien kartoitukseen, sähkölinjojen lumivaurioiden, tulva- ja myrskytuhojen selvittämiseen sekä infrarakentamisen seurantaan. Maanmittausalan toimijoille ilmakuvia tuotetaan erityisesti maankäytön suunnitteluun, kaavoitukseen ja kartoitukseen tarpeisiin. (Lentokuva Vallas 2011)

Kartoitusmittausten lisäksi ilmakuvia käytetään myös kuvatulkinnassa, jolloin selvitetään kohteiden laadullisia ominaisuuksia. Muun muassa maa- ja kallioperän kartoitusta ja metsätaloussuunnittelua tehdään ilmakuvien ja muiden kaukokartoituskuviin avulla. (Laurila 2008, 1)

2.4 Ilmakuvauskamerat

Perinteisesti ilmakuvauksessa käytetty kuvan tallennusmuoto on valokuva, joka on tuotettu ilmakuvauskameralla. Nykyisin on kuitenkin siirrytty hyvin laajasti käyttämään digitaalisia kuvia. Digitaalinen valokuva tuotetaan skannaamalla valokuva tai kuvaamalla digitaalisella kameralla. (Laurila 2008, 18)

Pienkoneista tehtävissä kartoitusilmakuvauksissa on siirrytty käyttämään digitaalisia ilmakuvauskameroita. Maanmittauslaitoksen tuottamat ilmakuvaukset on tehty filmikameralla vuoteen 2008 asti ja digitaalikameralla vuodesta 2009 eteenpäin. (Maanmittauslaitos 2011)

Ilmakuvauksessa käytettävät kamerat on kalibroitava säännöllisesti, koska myöhempiä fotogrammetrisia mittauksia varten tarvitaan tarkat tiedot kameran kuvanmuodostuksen geometriasta. Kuvaajat toimittavat tilaajalle kuvien yhteydessä kalibroitodistuksen. (Laurila 2008, 23)

Mittakaava ei enää ole ainoa digitaalisten kuvien tarkkuuden määrittäjä, vaan ratkaisevampi ominaisuus on kuvien pikselikoko, joka kertoo minkä kokoinen yksi digitaalisen kuvan kuvapiste eli pikseli on maastossa. Maanmittauslaitoksen tuottamissa ortokuvissa tyypillinen pikselikoko on 50cm (Maanmittauslaitos 2011). UAV- laitteilla tyypillinen pikselikoko 150m lentokorkeudelta on 5cm (Nykänen 2011). Pienkoneilla suoritetuissa pystykuvauksissa käytetyin pikselikoko on 20 cm, mutta pikselikoko vaihtelee tarpeen mukaan 5-40 cm välillä. (Lentokuva Vallas 2011)

2.5 Perinteiset ilmakeiäusmenetelmät

Ilmakeiäuskamera on asennettu lentokoneeseen, jolla pyritään lentämään kuvien laatua heikentävän kuvaliikkeen vuoksi mahdollisimman hitaasti. Sopiva lentonopeus on noin 200 km/h. Siviilikäytössä olevilla kameroilla voidaan kuvata pystykuvia alimmillaan noin 500 metrin korkeudesta. Sotilaskäytössä olevat tehokkaammat kamerat mahdollistavat alhaisempien lentokorkeuksien käytön. Nykyisin kaikissa ilmakeiäuskoneissa on käytössä satelliittipaikannin, jonka avulla kuvat voidaan ottaa täsmälleen halutusta paikasta. Samalla kuvanottoaikan koordinaatit tallentuvat myöhempää käyttöä varten. (Laurila 2008, 23)

2.6 Uudet ilmakeiäusmenetelmät

2.6.1 Laserkeilaus

Laserkeilaus on uusi lentokoneesta tai helikopterista tehtävä tiedonhankintamenetelmä. Menetelmä on tavallaan keilain- ja tutkakuvauksen yhdistelmä. Laserkeilain lähettää laserpulsseja, joiden edestakaiseen kulkuun kuluva aika mitataan. Näin saadaan selville jokaisen pulssin suunnan ja maanpinnan leikkauskohdan kolmiulotteiset koordinaatit laitteen suhteen. Jokaiselle pisteelle saadaan koordinaatit maaston koordinaatistossa, määrittämällä lentokoneen tai helikopterin GPS-paikannusjärjestelmän avulla laitteen paikka ja inertiamittauksella laitteen kiertoasento. Laserkeilauksen tuloksena saadaan pistepilvi, jota ei yleensä voida suoraan hyödyntää, vaan

ohjelmistotyökalujen avulla siitä erotellaan tarpeelliset asiat. (Salmenperä 2004, 29)

2.6.2 UAV- miehittämätön ilma-alus

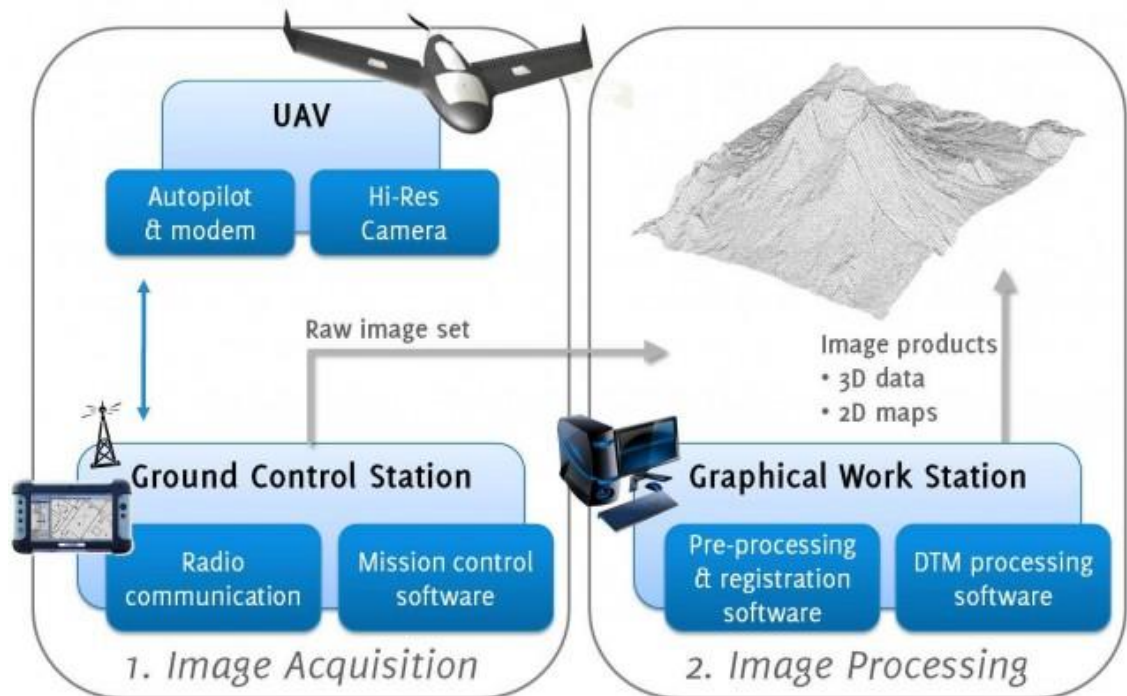
Miehittämättömät ilma-alusjärjestelmät (UAS) ja miehittämättömät ilma-alukset (UAV) ovat yksi ilmailun osa-alue, jota voidaan käyttää moniin erilaisiin sovelluksiin. Maailmalla on meneillään satoja mitä erilaisimpia innovatiivisia siviili- ja sotilasilmailuun liittyviä kehityshankkeita. Monessa mielessä UAV-toiminta on vielä pioneerivaiheessa, koska teknisiä ja operatiivisia vaatimuksia ja määräyksiä ollaan vasta laatimassa. Järjestelmien siviilikäyttö on toistaiseksi vähäistä ja tyypillisesti kokeiluluontoista. UAV:n ja UAS:n käytön ennustetaan kasvavan hyvin voimakkaasti kansainvälisten miehittämättömiä ilma-aluksia koskevien ilmailusäädösten tultua voimaan. (Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry (PIA) Ilmailuryhmä 2008, 11-12)

2.6.3 Ilmakuvauslennokit ja järjestelmät

Lennokipohjaiset kartoitusjärjestelmät soveltuvat parhaiten tarvepohjaisten kartoitusten tekemiseen sekä tilanteisiin, joissa halutaan pystykuva tai pintamalli erityisellä tarkkuudella. Kartoitukseen sopivia ilmakuvia voidaan tuottaa perinteisten menetelmien lisäksi myös radio-ohjattavaan lennokkiin pohjautuvalla järjestelmällä. Pitkälle kehitetyissä järjestelmissä lennokkia ei lennätetä koko ajan käsin ohjaamalla, vaan se pysyy ohjelmoidulla reitillä ja korkeudella autopilotin avulla. (Pieneering, 2011)

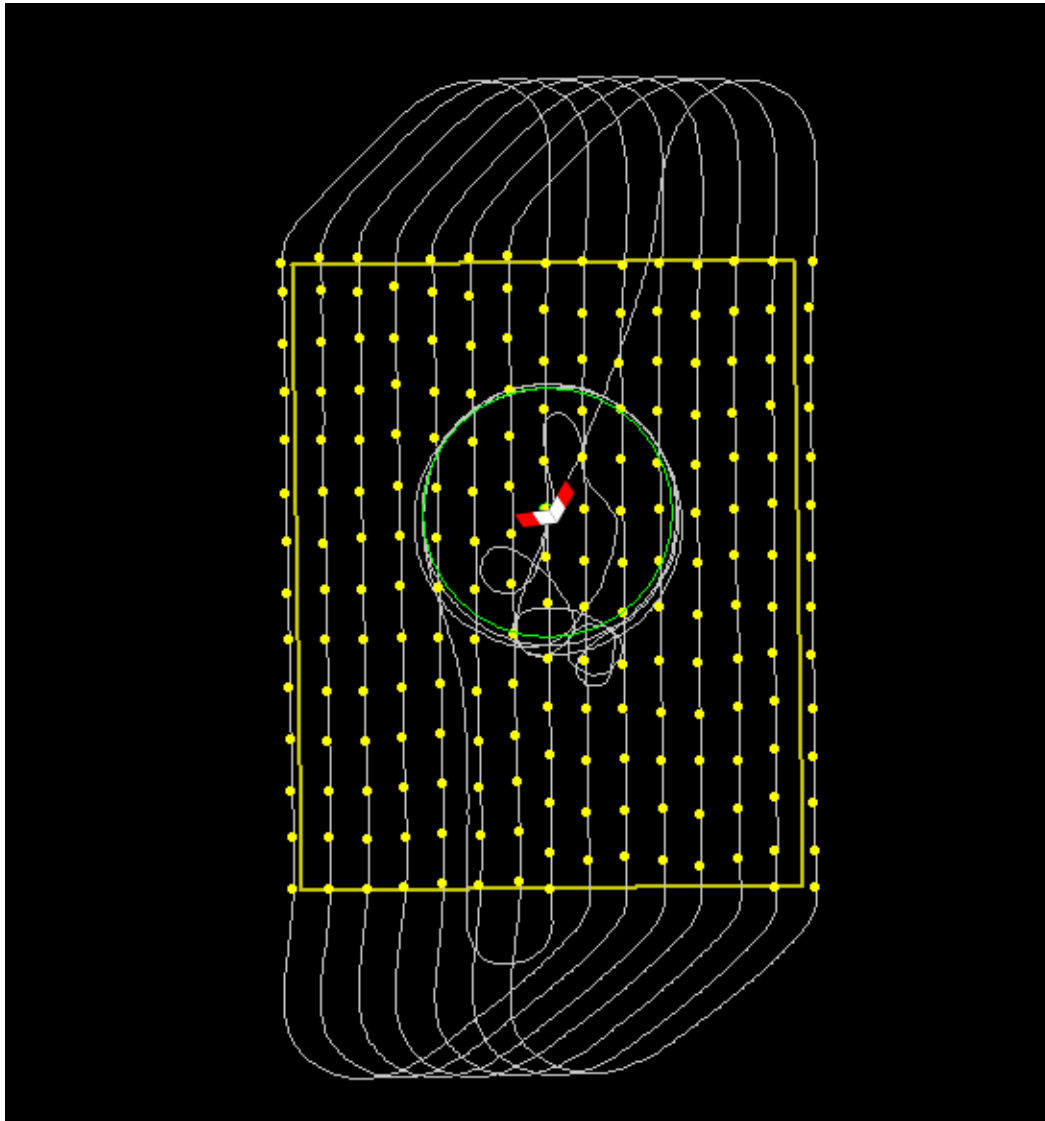
Ilmakuvauslennokit ovat olleet vasta vähän aikaa laajemmin käytössä, joten niitä koskevia säädöksiä ei vielä juuri ole. Suomalaiset ilmailumääräykset eivät tällä hetkellä määrittele tarkkoja rajoja lennokitoiminnan ja UAV-toiminnan välillä. Radio-ohjattavan ilmakuvauslennokin pysyessä lennättäjänsä näköpiirissä, toiminta ei vaadi viranomaisen hyväksyntää. Tarvittaessa ohjaajan on pystyttävä välittömästi vaikuttamaan lennokin lentoon, mikäli muuta ilmaliikennettä ilmaantuu alueelle. Lentokorkeuden on kuitenkin oltava alle 150 metriä. Yleensä muu lentoliikenne lentää paikasta riippuen yli 150 metrin korkeudella, mutta

alempaanakin voi olla esimerkiksi helikoptereita, riippu- ja varjoliitimiä tai laskeutuvia ja nousevia ultrakevyitä koneita. Maksimi lennätyskäsitys on täysin kiinni lennättäjän näkökyvystä sillä lennokin on pysyttävä koko ajan ohjaajan näkyvissä. (Hassinen 2008, 40)



Kuvio 1. Kartoitusilmakuvauksen periaate UAV-laitteella. (Gatewing 2011)

Mikäli halutaan lennättää kuvauslennokkia näköpiirin ulkopuolella tai yli 150 metrin korkeudella, täytyy lentää vaara-alueeksi julistetussa suljetussa ilmatilassa. Tämäkin yleensä onnistuu, mutta hankaluutta aiheuttaa se, että varaus on tehtävä jo noin 10 viikkoa aikaisemmin. Kyseinen sääntö käytännössä estää lennokin tehokkaan käytön yllättävän tarpeen tullen, esimerkiksi myrskytuhojen kartoituksessa. Tarkastettava alue pienenee oleellisesti, kun lennokin on oltava koko ajan näkyvissä. Kuvauslennokkia saa lennättää myös asutuksen päällä vaaraa aiheuttamatta, kunhan korkeus esteistä on yli 30 metriä ja lentokorkeus alle 150 metriä. (Hassinen 2008, 40-41)



Kuvio 2. Tyypillinen UAV-laitteen lentoreitti kuvattavan alueen päällä. (SmartPlanes 2011)

Markkinoilla on useita ilmakuvaukseen sopivia UAV-laitetta, joita on myös Suomessa käytetty ilmakuvauksessa. Tässä opinnäytetyössä esitellään lyhyesti kolme erilaista UAV-laitetta. Kaikki kolme lennokkia on suunniteltu siten, että yksi henkilö voi suorittaa ilmakuvaustehtävän. Ilmakuvauslennokkeja käytetään erittäin vaativissa olosuhteissa, joten yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on lennokin rakenteellinen kestävyys. Erityisesti laskeutuminen hankalaan maastoon voi aiheuttaa ongelmia. Monet valmistajat ovat pyrkineet valmistamaan yksinkertaisen lennokin kestävästä ja joustavasta EPP-materiaalista. Yksi esiteltävistä ilmakuvauslennokeista on rakennettu valmiista

sähköliidokista lisäämällä siihen ilmakuvauksessa tarvittavat komponentit. Kaksi muuta esiteltävää lennokkia on erityisesti ilmakuvaukseen suunniteltuja lentäväsiipi mallisia lennokkeja. Lentäväsiipi on lennokkimalli, jossa ei ole yleensä lainkaan varsinaista runkoa ja peräsiipiä. Kaikissa kolmessa järjestelmässä lentoreitti ohjelmoidaan etukäteen ja lennokka lentää itsenäisesti autopilotin ohjaamana. Kaikki kolme lennokkia ovat sähkömoottorikäyttöisiä ja niissä käytetään kalibroitua kompaktikameraa. (Nykänen 2011)

SmartOne

Personal Aerial Mapping System (PAMS) on ruotsalaisen SmartPlanes yrityksen kehittämä automaattinen ilmakuvauksjärjestelmä. Järjestelmässä lennokka toimii saman yrityksen valmistama SmartOne. Lennokka on muovista ja EPP-materiaalista valmistettu sähkötoiminen lentäväsiipi, jonka kärkiväli on 120 cm ja paino lentovalmiina 1,1kg. SmartOne-lennokka lähetetään kuvauslennolle kädestä, eikä erillistä katapulttia tarvita. (SmartPlanes 2011)



Kuvio 3. SmartOne ilmakuvaukslennokka ja maa-asema. (SmartPlanes 2011)

Cropcam

Amerikkalainen Micropilot yhtiö on rakentanut oman ilmakuvaukoneensa Cropcamin, tsekkiläisen TopModel Electra Pro-lennokin runkoon. Cropcam lennokissa on lasikuidusta valmistettu runko ja siivessä on styrox-ydin lasikuitupinnoitteella. Siipien kärkiväli on 256 cm ja paino kuvauskunnossa noin 2,7 kg. (Hassinen 2008, 36-41)



Kuvio 4. Cropcam ilmakuvauksenlennokki. (Hassinen 2008, 36)

Gatewing X100

Gatewing X100 on belgialaisen Gatewing-yrityksen valmistama ilmakuvauksenjärjestelmä. Lennokkina toimii EPP materiaalista valmistettu lentäväsiipi, jossa moottori on sijoitettu lennokin takaosaan. Kone painaa 1,7 kg ja kärkiväli on 100 cm. Yhdellä lennolla voidaan kuvata jopa 3km² kokoinen alue. Lennokki laukaistaan ilmaan katapultin avustamana. (Nykänen 2011)



Kuvio 5. Gatewing X100 lähtövalmiina katapultin päällä. (Gatewing 2011)

2.6.4 UAS-toiminnan säädökset

UAS-toiminnan erittäin nopean kasvun vuoksi Euroopan Unioni on asettanut EASA: n laatimaan Euroopan kattavat säädökset yli 150 kg:n painoisilla UAV-laitteilla operoinnille. Alle 150 kg:n painoisille laitteille on kunkin valtion laadittava omat säädöksensä. Päällekkäisten säädösten välttämiseksi valtioiden välillä on perustettu JARUS-työryhmä, joka tavoitteena on selvittää alle 150 kg:n painoisten UAV-laitteiden lupa- ja toimintavaatimuksia. Yhteistyö auttaa alalla työskenteleviä tekemään yhteistyötä eri maiden välillä. Laitteille suunnitellaan luokitukset käyttötarkoituksen, fyysisen koon ja teknisten ominaisuuksien mukaan. JARUS-työryhmässä on mukana monia Euroopan maita, kuten Saksa, Englanti, Hollanti, Tsekki, Ranska ja Italia. Suomi ei toistaiseksi ole mukana virallisesti kehittämässä yhteisiä säädöksiä. (Nykänen 2011)

Kemijärven kaupungin ja puolustus- ja ilmailuteollisuusyhdistyksen (PIA) ilmailuryhmän edustajat ovat tehneet liikenneministeri Anu Vehviläiselle esityksen Suomen ilmailulain muuttamisesta. Esityksessä ehdotetaan ilmailulakiin mainintaa miehittämättömistä lentolaitteista ja niillä operoimisesta lentotyössä. Lisäksi esitetään, että Trafi-ilmailu ohjeistettaisiin laatimaan

lentosäännöt alle 20 kg:n painoisille UAV-laitteille. Lakialoitteessa esitetään liikenne- ja viestintäministeriötä ohjeistamaan Trafi-ilmailua liittymään Eurooppalaisten ilmailusäädösten laatimista valmisteleviin työryhmiin. (Holkeri, Luoma-Aho ja Nykänen 2010)

2.7 Ilmakuvatuotteet

2.7.1 Pystykuva

Pystykuvauksessa kuvan kattama alue kasvaa neliöllisesti kuvauskorkeuden kasvaessa. Samalla kuvan mittakaava pienenee verrannollisesti kuvauskorkeuteen nähden. (Salmenperä 2004, 16)

Kartoitusilmakuvaukset suoritetaan aina pystykuvauksena. Myös kuvatulkintaan tarkoitettut kuvaukset tehdään yleensä pystykuvauksena, sillä kohteiden paikantaminen on helpompaa pystykuvalta kuin viistokuvalta. (Laurila 2008, 42)

Täydelliseksi pystykuvaksi kutsutaan ilmakuvaa, jossa kuvataso on täysin vaakasuorassa. Yleensä ilmakuvat ovat kallistuneita vaakatason suhteen, tällöin ilmakehän muutos täydelliseksi pystykuvaksi, jolloin puhutaan oikaistusta ilmakehän kuvasta. (Laurila 2008,74)

2.7.2 Ortokuva

Ortokuva on karttaprojektioon oikaistu ilmakehän kuva tai ilmakehän mosaiikki. Ortokuvan tuottamisen yhteydessä ilmakehän kuvataso oikaistaan vaakatasoon, samalla kuvalta poistetaan maastovirheen vaikutukset ja kuva orientoidaan maaston koordinaatistoon. Edellytyksenä ortokuvan valmistukselle on, että kuvausalueelta on olemassa korkeusmalli. Ortokuvia voidaan valmistaa sekä ilma- että satelliittikuvista. (Laurila 2008,72)

Ortokuvien käyttö perustuu niiden havainnollisuuteen ja nopeaan valmistusprosessiin. Erityisesti digitaalisten kuvien muuntaminen ortokuviksi on melko yksinkertainen toimenpide. Ortokuvien käytön etu muihin ilmakehän kuviin verrattuna on se, että niiden avulla voidaan hyödyntää ja mitata ilmakehän kuvia ilman fotogrammetrian erikoisohjelmia. (Laurila 2008, 72)

Ortokuvilla on useita erilaisia käyttökohteita, jotka voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin ryhmiin: mittaus-, analysointi-, suunnittelu-, visualisointi-, sekä katselukäyttö. Maa- ja metsätalousministeriö on käyttänyt ortokuvia valtakunnallisen peltolohkotietokannan valmistamiseen. Metsätaloudessa ortokuvia käytetään laajasti, esimerkiksi kuvioiden rajaamisessa ja puulajisuhteiden arvioinnissa. (Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen seura 2005, 17)

Ortokuvia hyödynnetään karttojen ajantasaistuksessa, koska niiltä voidaan mitata kohteiden koordinaatteja. Kaavan pohjakartta voidaan valmistaa ortokuvan ja viivapiirroksen yhdistelmänä eli ilmakuvakarttana. (Laurila 2008, 72)

2.7.3 Viistokuva

Viistokuva on lentokoneesta tai muusta ilma-aluksesta viistosti alaspäin otettu kuva, jossa ei yleensä näy horisonttia. Perinteisesti viistokuvaukset tehdään koneen lentosuuntaan nähden sivulle. Tie- ja sähkölinjoilla on kuitenkin usein tehokkaampaa kuvata etuviistokuvia koneen lentosuuntaan. Kuvaus suunnitellaan laskennallisesti ja lennetään linjan mukaisesti mutkitellen suunniteltujen GPS-pisteiden kautta. (Lentokuva Vallas 2011)

Viistokuvat peittävät laajemman alueen kuin pystykuvat ja ovat niitä havainnollisempia. Toisaalta niiden mittakaava pienenee nopeasti kuvan takaosaan mentäessä, jolloin yksityiskohtien tunnistettavuus vaikeutuu. Korkeat pystysuorat maastonkohteet kuten korkeat puut ja rakennukset aiheuttavat katvealueita, jotka voivat vähentää maaston näkyvyyttä. (Kilpelä 1978, 131)

3 TUTKIMUSKOHDE

3.1 Tietoa Vaaralasta

Vaarala sijaitsee Rovaniemen kaupungissa Kemijoen pohjoisrannalla, Kuusamontien varrella. Vaarala on pitkän ja kapean muotoinen asuinpientaloalue, jossa on yli 100 asuinrakennusta ja lähes 400 asukasta. Vaaralan yleiskaava-alueen alku sijoittuu kolmen kilometrin päähän Suutarinkorvan sillasta ja jatkuu noin 5 kilometrin matkan Kuusamon suuntaan, alue rajoittuu pohjoisessa rautatiehen ja etelässä Kemijokeen. (Rovaniemen kaupunki 2010, 2 ja 5)

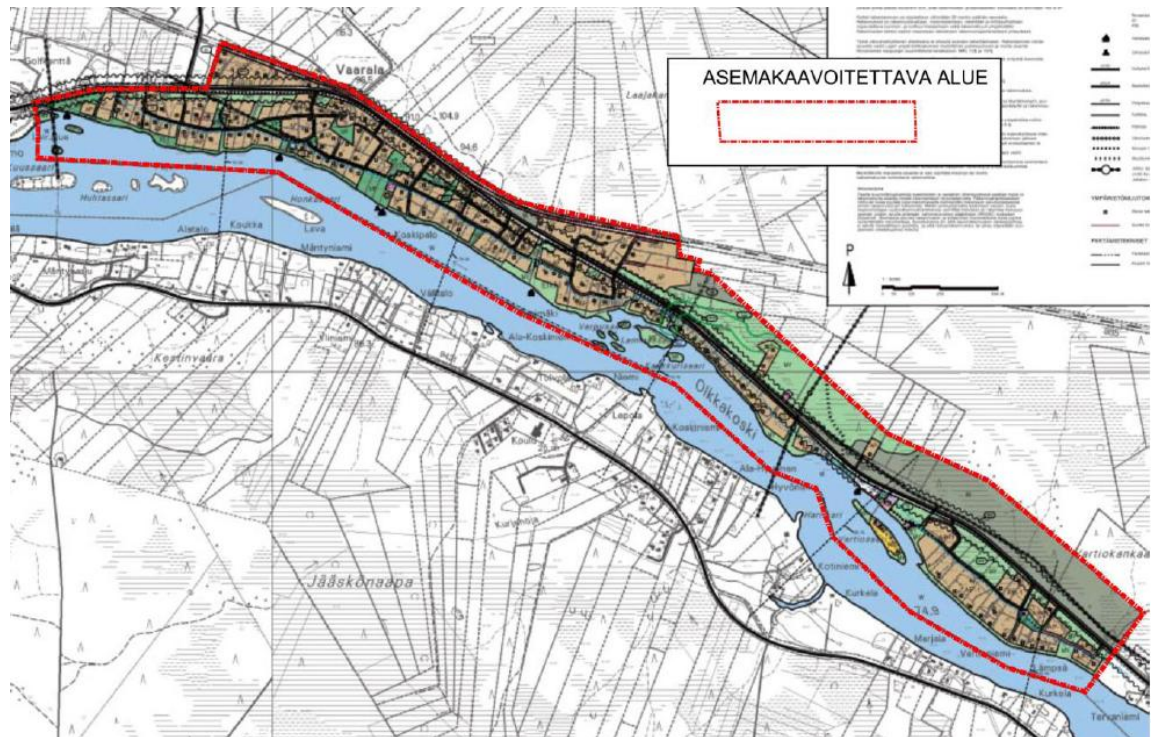
3.2 Vaaralan kaavoituksen taustat

Vaaralan alueen asemakaavoitus kuuluu Rovaniemen kaupunginvaltuuston valtuustokauden 2009-2012 hyväksytyyn kaavoitusohjelmaan. Kaavoitusohjelmassa Vaaralan asemakaavoittaminen on määritelty asuintonttivarannon turvaamiseksi valtuustokauden aikana ja sen jälkeen. (Rovaniemen kaupunki 2010, 4)

Asemakaavan suunnittelualue on Vaaralan yleiskaava-alue kokonaisuudessaan. Suunnittelualue liittyy lännessä Saarenkylän asemakaava-alueeseen ja pohjoisessa Nivavaaran asemakaavoitettuun alueeseen. Kaavan suunnittelualue on pääasiassa yksityisomistuksessa. Kaupunki laatii tarvittaessa maanomistajien kanssa maankäytösopimuksia tai määrää kehittämiskorvauksen. (Rovaniemen kaupunki 2010, 2)

Rovaniemen kaupunginhallitus on päätöksessään 8.2.2010 todennut muun muassa sen, että asutuksen lisääminen Vaaralan alueelle voidaan ratkaista vain asemakaavalla. Rovaniemen kaupungin tekninen lautakunta on 23.2.2010 päättänyt, että Vaaralan asemakaava saatetaan vireille kaupunginhallituksen päätöksen mukaisesti. 25.2.2010 tekninen lautakunta laajensi asemakaavoitettavan alueen koskemaan koko Vaaralan hyväksyttyä yleiskaava aluetta. (Rovaniemen kaupunki 2010, 4)

Vaaralan asemakaavoituksessa selvitetään muun muassa pysyvän asutuksen sijoittaminen ja uusien rakennuspaikkojen rakennuskelpoisuus, tulva huomioon ottaen. Kaavoituksessa käsitellään myös liikenneyhteyksien toimivuus ja mahdollinen uudelleen järjestely sekä teknisen huollon järjestäminen. Vaaralan asemakaavan laatii kokonaisuudessaan Rovaniemen kaupunki. (Rovaniemen kaupunki 2010, 5-6)



Kuvio 6. Voimassaoleva Vaaralan yleiskaava ja asemakaavoitettava alue. (Rovaniemen kaupunki 2010, 3)

4 KOEKUVAUKSISSA KÄYTETTY KALUSTO

4.1 Lennokki

Kuvauksissa käytetty kalusto valikoitui minulla jo olleista ja hyväksi havaituista laitteista. Käytin kuvauksissa lennokkina sähköliidokkia. Liidokki soveltuu ilmakuvaukseen hyvin, pienen nopeuden ja vakaiden lento-ominaisuuksiensa ansiosta. Liidokkia ohjataan radio-ohjauslaitteella, jossa on myös laukaisin kameralle. Kaikki tässä tutkimuksessa käytetty kalusto on kaikkien saatavilla olevaa lennokkiharrastajille tarkoitettua välineistöä.

Kuvauskone on Precedentin valmistama Super Electra Fly -sähköliidokki, joka on rakennettu rakennussarjasta. Materiaaleina on käytetty balsaa ja kevyttä vaneria. Lennokki painaa lentovalmiudessa noin yhden kilogramman. Siiven kärkiväli on 220 cm ja rungon pituus noin 100 cm. Lennokki on päällystetty neonvärisillä kalvoilla näkyvyyden parantamiseksi. Voimanlähteenä toimii nykyaikainen, tehokas ja äänetön hiiliharjaton sähkömoottori. Moottori on sijoitettu lennokin keulaan, ja siinä on kiinni taittuvalapainen potkuri. Taittolapapotkurin lavat kääntyvät lennokin kylkiä vasten kun moottori sammutetaan liitovaiheessa, eikä se aiheuta ylimääräistä ilmanvastusta. Laskeutumisessa moottori sammutetaan ja lavat kääntyvät eikä potkuri rikkoudu maakosketuksessa niin kuin kiinteälapainen potkuri tekisi. Lentoaika yhdellä latauksella on helposti 20-30 minuuttia riippuen olosuhteista. Tuulisella kelillä moottoria joutuu käyttämään enemmän kuin tyyneellä säällä, joten lentoaika voi olla hiukan lyhempi. Kuvaushetkellä moottori pyritään sammuttamaan ylimääräisten tärinöiden estämiseksi, koska mahdollinen tärinä voi heikentää kuvien laatua.

Lennokin voi koota helposti ja nopeasti kuljetusasennosta lennätysvalmiiksi ja käytön jälkeen taas lentovalmiudesta kuljetusasentoon. Kuljetusasennossa lennokki mahtuu kaksiosaisen siiven ansiosta pieneen tilaan ja kaikki muut tarvittavat välineet sopivat salkkuun.



Kuvio 7. Koekuvauksissa käytetty lennokka, radio-ohjain ja tarvikesalkku.

Radio-ohjauksessa käytin lentäville pienoismalleille varattua taajuusalueetta 35 MHz. Toinen vaihtoehto taajuudeksi olisi 2.4 GHz, joka on yleistynyt häiriöttömyytensä vuoksi. 35 MHz:n taajuusalueella voi esiintyä satunnaisia häiriöitä, jotka kokemukseni mukaan usein johtuvat huolimattomasta laiteasennuksesta. Häiriöt voidaan minimoida radiovastaanottimen ja muiden sähkölaitteiden oikeaoppisella sijoittelulla lennokin sisälle.

Lennokkiharrastajien yleisesti hyväksi havaitsema kantomatkatesti suoritetaan kävelemällä lähettimen antenni sisään painettuna lennokista poispäin. Laitteiden ollessa kunnossa ja oikein asennettu, pitäisi ohjauksen toimia antenni sisään painettuna vielä vähintään 30-50 metrin etäisyydellä. Kantomatkatesti on tarkoitettu ainoastaan 35 MHz:n taajuusalueelle. Radio-ohjauksessa ei esiintynyt koekuvauslentojen aikana minkäänlaisia häiriöitä.

Käyttämäni lennokki on lennon aikana jatkuvasti lennättäjän näkyvissä. En käyttänyt lennokissa autopilottia, johon olisi ohjelmoitu valmiiksi haluttuja lentoreittejä, vaan lennätin lennokkia ainoastaan silmän ja käden yhteistyönä.

4.2 Kamera

Kameraksi kuvauskokeiluun valikoitui Canon Digital Ixus 30 -kompaktikamera, lähinnä pienen kokonsa ja helpon saatavuuden vuoksi. Käytin kamerassa kahden gigatavun muistikorttia, johon mahtuu useita satoja kuvia. Kuvauslennon jälkeen siirsin kuvat kamerasta tietokoneen avulla ulkoiselle kovalevylle muistiin. Kameralle rakennettiin mekaaninen laukaisija, jota voidaan ohjata lennokin ohjaimen kytkimestä. Laukaisija toimii samanlaisella servolla, jotka liikuttavat lennokin ohjainpintoja. Ohjaimesta voi laukaista kameran halutussa kohdassa tai sen voi kytkeä ottamaan kuvia sarjana. Kuvaus nopeana sarjana osoittautui käyttökelpoiseksi tavaksi joen rantaa kuvatessa. Menetelmän ansiosta lähes samasta kohdasta saadaan useita kuvia, joita voidaan tarvittaessa yhdistää isommiksi kuviksi. Tällä menetelmällä yleensä saadaan onnistunut rajaus, vaikka lennokki heilahtelisikin hieman. Yksittäisiä kuvia otettaessa lennokki voi heilahtaa juuri kuvaushetkellä ja kuva tulee väärästä paikasta.

Kamera on sijoitettu kuvauskoneessa siiven alapuolelle rungon sisälle suojaan kolhuilta. Kuvaussuuntana käytin lennokin kulkusuunnassa katsottuna siiven suuntaisesti vasemmalle ja hiukan alaviistoon. Tällä menetelmällä lennokin siipeä käytetään apuna tähtäämään kamera haluttuun suuntaan ja samalla siipi toimii vastavalosuojana.

5 KUVAUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

5.1 Kuvausten suunnittelu

Kuvausten suunnittelu aloitettiin etsimällä sopiva kohde lennokilla tehtävän ilmakuvauksen suorittamiseen. Halusimme kokeilla ilmakuvausta jossain meneillään olevassa projektissa. Kohteeksi valitsimme Vaaralan asemakaavan suunnittelualueen. Seuraavaksi mietimme millaisia kuvia alueelta pitäisi saada otettua. Yhdessä toimeksiantajan kanssa päädyimme kokeilemaan viistokuvien ottamista ranta-alueesta, koska kyseisille kuville olisi tarvetta asema kaava-alueen rannan ja tulvarajojen suunnittelussa. Alueena joen rantavyöhyke on melko selkeä kuvauksen kannalta.

5.2 Lennätyspaikat

Käyttämäni lennokka vaatii tilaa lento-olentoonlähtöön ja laskeutumiseen. Vapaata tilaa pitäisi olla noin 100 metriä laskeutumista varten. Lyhyempikin tasainen, noin 30 metrin, alusta riittää, jos ympärillä ei ole korkeita reunaesteitä, kuten puita tai rakennuksia.

Sopivien lennätyspaikkojen etsinnässä käytin apuna karttoja sekä maastokäyntejä. Ongelmia tuotti Kemijoen rantavyöhykkeellä kasvavat suuret koivut. Joen vesirajassa kasvavat suuret puut estävät tehokkaasti sopivan lennätyspaikan ja lennätyssektorin löytämisen. Rantapenkassa kasvavien puiden juuret sitovat maa-aineksen ja estävät näin penkkojen sortumisen jokeen.

Löysin Vaaralan alueelta kuusi sopivaa lennätyspaikkaa. Kaksi niistä oli peltoja rannan läheisyydessä, kaksi avaraa asuintalon takapihaa, yksi lennätyspaikka sijaitti Vaaralasta katsottuna Kemijoen vastarannalla pienessä puuttomassa niemessä ja yhtenä lennätyspaikkana käytin Vaaralassa sijaitsevaa uimarantaa. Tärkeintä oli löytää rantaviivaltaan avoin alue, sillä tällaiselle paikalle laskeutumisen voi suorittaa joelta lähestyen pienellekin alueelle.

5.3 Olosuhteet

lhanteelliset olosuhteet lennätyksen ja kuvauksen kannalta olisivat lähes tyyni ja puolipilvinen sää. Tärkeintä laadukkaiden kuvien kannalta on riittävä valon määrä. Kullekin kameralle parhaiten sopiva valaistus selviää kokeilemalla. Jos aurinko paistaa pilvettömältä taivaalta voi ongelmana olla liiallisten varjojen muodostuminen esimerkiksi puiden ja rakennusten läheisyyteen.

Mitä tasaisempi tuuli, sitä paremmin lennokka pysyy halutussa suunnassa ja kuvaaminen on helpompaa. Myös tuulen suunta vaikuttaa, esimerkiksi kova sivutuuli haluttuun lentosuuntaan nähden hankaloittaa halutun lennätyslinjan pitämistä. Lennätystä haittaavia säätiloja ovat sade, sumu, kova tuuli, ukkonen ja erittäin pilvinen taivas. Vuorokauden aika on myös otettava huomioon kuvauslentoa suunniteltaessa. Matalalta paistava aamu- tai ilta-aurinko haittaa lennokin havainnointia taivaalla, eikä kuvaaminen aurinkoa vasten onnistu.

5.4 Toimenpiteet maastossa

Valitulle lennätyspaikalle tultaessa aluksi varmistettiin, että suunnitellulla nousu- ja laskeutumisaikalla ei ole esteitä, esimerkiksi autoja tai ihmisiä. Tuulen suunta ja voimakkuus pitää ottaa huomioon, koska lennokka pyritään aina lähettämään ja laskeutumaan vastatuuleen. Osa lennätyspaikoista oli niin ahtaita, että kuvauslennot olivat mahdollisia vain tietyllä tuulen suunnalla, koska turvallisia laskeutumissuuntia oli vain yksi.

Olosuhteiden ollessa kunnossa lennokka kasataan lennätyskuntoon ja varmistetaan, että lähettimen, lennokin ja kamerasäädin akuissa on riittävästi virtaa. Kamerasäädin asetukset tarkistetaan ja varmistetaan, että kaikki lennokin ohjaintoiminnot toimivat oikein. Samalla tehdään silmämääräinen teknisen kunnan tarkastus. Lennokin kasaaminen lennätyskuntoon vie aikaa 5-10 minuuttia.

Lennokka lähetetään ilmaan kädestä heittämällä mielellään vastatuuleen. Aluksi lennokka ohjataan haluttuun korkeuteen ja halutulle kuvauslinjalle. Kamera kytketään halutussa kohdassa sarjalaukaisutilaan tai otetaan yksittäisiä kuvia

ohjaimen kytkimestä laukaisemalla. Yhdeltä lennätyspaikalta pyritään saamaan kuvia mahdollisimman suurelta alueelta.

Kun haluttu kohde tai alue on kuvattu tai maksimi lentoaika on tullut täyteen, suoritetaan laskeutuminen vastatuuleen. Lennokin akun vaihto sujuu nopeasti ja uuden kuvauslennon voi suorittaa saman tien. Lopuksi lennokka puretaan kuljetus kuntoon, akut ladataan seuraavaa lennätystä varten valmiiksi ja kuvat siirretään kamerasta tietokoneen muistiin.

6 KOEKUVAUKSISSA ILMENNEET HAASTEET JA NIIDEN RATKAISUT

Koekuvauksissa ilmeni jotakin ongelmia jotka hankaloittivat kuvausta ja kuvauslennokin lennättämistä. Yksi haastava tekijä oli kohteelle sopivan kuvauskorkeuden ja -etäisyyden löytäminen. Koekuvauksissa käytetyssä laitteistossa ei ollut mitään lentoa vakauttavaa järjestelmää eikä videolinkkiä, jonka avulla näkisi kuvan rajauksen, joten oikean lentolinjan arviointi jäi täysin lennättäjän harkinnan ja lennätystaidon varaan. Sopiva lentokorkeus ja etäisyys, esimerkiksi rantaviivasta selvisi kokeilemalla ja tutkimalla lennolta saatuja kuvia.

Pienet laskeutumisalueet aiheuttivat myös lisähaastetta lennätyksiin. Tämä ongelma ratkaistiin rakentamalla kuvauslennokkiin laskeutumislaihat. Laippojen avulla lennokin nopeus saadaan riittävän pieneksi lyhyellä matkalla ja laskeutumistilaa tarvitaan huomattavasti aikaisempaa vähemmän.

Erilaiset sääolosuhteet lisäsivät omat haasteensa kuvauslennätyksiin. Tyynellä säällä ja tasaisella tuulella käyttämäni lennokka lentää erittäin vakaasti, mutta puuskainen tuuli aiheuttaa lennokille ylimääräisiä heilahduksia. Lennokin heilahdukset lisäävät epäonnistuneiden kuvien määrää, koska kuvista tulee helpommin heilahtaneita ja väärin rajattuja. Kuvauslennokkia pystyisi vakauttamaan siihen asennettavilla gyroilla, jotka rauhoittaisivat ja vakauttaisivat lentoa. Yhden tai useamman gyron käyttö lisäisi onnistuneiden kuvien määrää ja helpottaisi lennokin ohjaamista puuskaisessa tuulessa.

Kuvausten aikana tuli ilmi, että valitsimme koekuvakselle liian suuren alueen käytettävissä oleviin resursseihin nähden. Kuvauksia päätettiin kuitenkin jatkaa, painottaen löydettyjen lennätyspaikkojen lähialueita.

7 TULOKSET

Koekuvaukset suoritettiin Vaaralan asemakaavan suunnittelualueella kesän 2010 aikana. Olin Rovaniemen kaupungin maanmittaus- ja suunnittelupalvelukeskuksessa mittausharjoittelijana. Koekuvaukset suoritettiin sään salliessa muiden töiden ohessa. Suoritetuista kuvauslennätyksistä merkittiin muistiin kuvauspäivämäärä ja -aika, lennätyspaikka ja lentoaika. Kirjanpidon mukaan koekuvauksia suoritettiin kuutena eri päivänä 9.6.2010-7.9.2010 välisenä aikana. Lentoja oli yhteensä 15 ja yhteenlaskettu lentoaika oli 164 minuuttia. Koeilmakuvauksen tuloksena saatiin noin 2500 lennokilla otettua viistokuvaa Vaaralan asemakaavan suunnittelualueelta.

Koekuvauksissa ei saavutettu alkuperäistä tavoitetta kuvata koko Vaaralan asemakaavan suunnittelualueen rantaviiva, vaan otetut kuvat keskittyvät käytettyjen lennätyspaikkojen läheisyyteen.

Koekuvauksissa kertynyt kuvamateriaali luovutettiin muokkaamattomana Rovaniemen kaupungin käyttöön. Kuvia on mahdollisuus käyttää ranta-alueen visuaaliseen tutkimiseen, joko yksittäisiä kuvia tai kuvankäsittelyohjelmalla useammasta kuvasta yhdistettyjä kuvajonoja tutkimalla.

8 YHTEENVETO

8.1 Viistokuvaus lennokilla

Tämän opinnäytetyön johdannossa kirjoitin työn tarkoituksena olevan tutkia, soveltuuko lennokkiharrastajan kalusto pienten viistokuvausten suorittamiseen. Lisäksi halusin selvittää, voidaanko lennokilla otetuista viistokuvista saada lisäarvoa esimerkiksi kaavoitukseen tai ympäristön suunnitteluun.

Koeilmakuvauksen ja tämän opinnäytetyön raportin kirjoittamisen aikana sain vastauksia edellä esitettyihin kysymyksiin. Kesällä 2010 suoritettuna koeilmakuvauksen perusteella, jopa edullisella lennokkiharrastajan kalustolla voidaan ottaa viistokuvia. Käyttämäni kalusto sopii parhaiten pieniin, niin sanottuihin täsmäkuvauksiin, joissa halutaan nopeasti matalalta otettua viistokuvaa tietystä kohteesta tai alueesta. Käyttämäni kalusto sopii erityisesti tilanteisiin, joissa tiedetään esimerkiksi rantaviivasta jokin kohta joka haluttaisiin tutkia viistokuvalta. Kuvauslennot suoritetaan matalalta korkeudelta, jonka vuoksi pelkällä käsiohjauksella varustettua kuvauslennokkia joudutaan lennättämään melko lähellä ohjaajaa, joten yhdellä lennolla kuvattava alue jää melko pieneksi. Käsiohjatun lennokin kuvaustehokkuus on pienempi kuin autopilotin ohjaaman UAV-laitteen, joten lennokkiharrastajan kalustolla on syytä kuvata vain niitä kohteita joista varmasti kuvia tarvitaan.

Matalalta lentokorkeudelta eli 30–150 metristä otetut viistokuvat ovat havainnollisia ja niistä on helppo erottaa esimerkiksi ranta-alueen yksityiskohtia.

Nykyistä parempiin tuloksiin päästäisiin lisäämällä kuvauskoneeseen lentoa vakauttavat gyrot tai jokin valmis lennonvakautusjärjestelmä. Parempaan kuvanlaatuun päästäisiin käyttämällä laadukasta nykyaikaista kompaktikameraa, jossa on myös kuvanvakautustoiminto. UAV-laitteen käytöstä olisi apua myös viistokuvausten suorittamisessa. Haluttu lentoreitti ja -korkeus voitaisiin määrittää etukäteen autopilotin tietoihin toisin kuin pelkästään käsiohjauksessa olevalla lennokilla. UAV-laitteella päästäisiin kuvaamaan suurempia alueita. Vaikka UAV-laitteen ohjaajalla pitääkin olla kokoajan näköyhteys

kuvauskoneeseen, saavutetaan sillä silti isompi kuvausalue yhdeltä lennätyspaikalta.

8.2 Kartoitusilmakuvaus UAV-laitteilla

Tavoitteena oli myös selvittää UAV-laitteiden käyttömahdollisuuksia kartoitusilmakuvauksessa sekä UAV-laitteiden tämänhetkistä lainsäädäntöä. Suomen ilmailulaki ei vielä mahdollista kuvauslentoja lennokilla ilman näköyhteyttä. Lennokkipohjaisten ilmakuvauksjärjestelmien käyttäjät odottavat lakimuutosta, jossa ilmailulakiin lisättäisiin pykälä pienistä miehittämättömistä ilma-aluksista, joita saisi lennättää matalalla näköyhteyden ulkopuolella. Lakimuutos tehostaisi lennokkipohjaista ilmakuvaustoimintaa, koska sen jälkeen pystyttäisiin kuvaamaan isompia alueita kerralla. Lisäksi nykyiset, monimutkaiset ja aikaa vievät, lupamenettelyt jäisivät pois.

UAV-laitteista ei ole tällä hetkellä ollenkaan mainintaa Suomen ilmailulaissa. Alan toimijat ovat tehneet lakimuutosehdotuksen liikenneministeri Anu Vehviläiselle. Ehdotuksessa pyydetään lisäämään ilmailulakiin maininta UAV-laitteista ja niiden käytöstä. Euroopan Unioni on laatimassa yhteisiä säädöksiä yli 150 kg:n painoisille UAV-laitteille ja JARUS-työryhmä vastaa alle 150 kg:n painoisia laitteita koskevista kansainvälisistä säädöksistä. Tyypillisesti ilmakuvauksessa käytettävät UAV-laitteet painavat vain muutamia kiloja, joten ne kuuluvat alle 150 kg:n ryhmään. On todennäköistä, että säädösten laatiminen ja niiden käyttöönotto tulee kestämään vielä vuosia.

Kimmo Juusola tuli, vuonna 2007 valmistuneessa opinnäytetyössään, siihen tulokseen, että radio-ohjattavista laitteista miehittämätön helikopteri soveltuu parhaiten ilmakuvaukseen (Juusola 2007, 12). Mielestäni erityisesti kartoitusilmakuvaukseen soveltuvan lentolaitteen täytyy olla helposti pakattavissa ja kuljetettavissa, rakenteeltaan yksinkertainen ja kestävä. Laitteella on myös pystyttävä laskeutumaan myös erittäin hankalassa maastossa. Lisäksi kuvauskaluston pitäisi olla helposti korjattavissa maasto-olosuhteissa. Lentäväsiipi-mallinen kuvauslennokki täyttää edellä vaaditut ominaisuudet miehittämätöntä helikopteria paremmin. Monet valmistajat ovatkin

ottaneet tuotantoon juuri lentäväsiipi-mallisen ilmakuvaukoneen. Käytettävän UAV-laitteen malli ja muut tekniset ominaisuudet riippuvat kuitenkin aina siitä, minkälaiseen käyttöön se tulee ja minkälaisissa olosuhteissa sitä tullaan käyttämään.

UAV-laitteita kehitetään maailmalla jatkuvasti ja miehittämättömät ilma-alukset ovat sotilaskäytön lisäksi yleistymässä myös siviilikäytössä. Ilmakuvauksiin UAV-laitteilla saadaan lisää joustavuutta ja mahdollisuus myös pienten ja hankalien alueiden ilmakuvaaminen. UAV-laitteiden käyttö erilaisissa sovelluksissa, joista ilmakuvaukset eri muodoissa on yksi tärkeimmistä, tulee yleistymään huomattavasti ympäri maailmaa. Suomen pitäisikin olla aktiivisesti mukana yhteisten UAV-laitteita koskevien ilmailusäädösten laatimisessa ja tukemassa alaa.

9 LÄHTEET

- Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seura 2005. Ohjeita ortokuvien tuotannolle ja käytölle Suomessa. Julkaisu 1/2005. Osoitteessa <http://www.fgi.fi/standardit/ortokuva.pdf> (3.3.2011)
- Gatewing 2011. Osoitteessa <http://gatewing.com/> (9.3.2011)
- Hassinen, Alpo 2008. Harrastus poikii uuden ilmailubisneksen, ilmakuvaus lennokilla. Ilmailu 2/2008.
- Juusola, Kimmo 2007. Miehittämättömän helikopterin käyttö ilmakuvauksessa, opinnäytetyö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Kilpelä, Einari 1978. Fotogrammetrian perusteita, menetelmiä ja sovelluksia
- Laurila, Pasi 2008. Kaukokartoituksen perusteet – opetusmoniste. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Lentokuva Vallas 2011. Osoitteessa <http://www.lentokuva.fi/ilmakuvauspalvelut/> (21.2. 2011)
- Holkeri, Jukka – Luoma-Aho, Jari – Nykänen, Jari 2010. Esitys Suomen ilmailulain muuttamisesta huomioimaan miehittämättömät lentolaitteet
- Nykänen, Jari 2011, koulutustilaisuus UAS- alan yrittäjäksi aikoville Kemijärvellä 24.-25.2.2011.
- Piengineering 2011. Osoitteessa http://piengineering.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=55 (9.3.2011)
- Rovaniemen kaupunki 2010. Vaaralan osallistumis- ja arviointisuunnitelma. Osoitteessa <http://rovaniemi.fi/loader.aspx?id=fd6120b5-97bd-4f57-a21d-b56531c813e0> (9.3.2011)

Salmenperä Hannu, 2004. Kaukokartoituksen alkeet – opetusmoniste 1/2004
Rakennustekniikan osasto, Tampereen teknillinen yliopisto

SmartPlanes, 2011. Osoitteessa <http://www.smartplanes.se/> (9.3.2011)

Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry (PIA) Ilmailuryhmä 2008.
Ilmailuteollisuuden ja lentotekniikan ohjelman (ILO) perusteet.
Osoitteessa <http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/ajankohtaista-244.html> (3.3.2011)

10 LIITTEET

LIITE 1. KESÄLLÄ 2010 KOEKUVUKSISSA OTETTU VIISTOKUVA VAARALAN ASEMAKAAVAN SUUNNITTELUALUEEN LÄNSIREUNALTA.	31
LIITE 2. KESÄLLÄ 2010 KOEKUVUKSISSA OTETTU VIISTOKUVA VAARALAN ASEMAKAAVAN SUUNNITTELUALUEELTA. KUVASSA NÄKY YHTENÄ LENNÄTYS-PAIKKANA KÄYTETTY UIMARANTA.	31
LIITE 3. KESÄLLÄ 2010 KOEKUVUKSISSA OTETTU VIISTOKUVA VAARALAN ASEMAKAAVAN SUUNNITTELUALUEELTA, OLKKAKOSKEN KOHDALTA.	32
LIITE 4. KESÄLLÄ 2010 KOEKUVUKSISSA OTETTU VIISTOKUVA VAARALAN ASEMAKAAVAN SUUNNITTELUALUEELTA, VARTIOSAAREN KOHDALTA.	32
LIITE 5. KAHDESTA KESÄN 2010 KOEKUVUKSISSA VAARALAN ASEMAKAAVAN SUUNNITTELUALUEELTA OTETUSTA VIISTOKUVASTA YHDISTETTY KUVA.	33

Liite 1. Kesällä 2010 koekuvauksissa otettu viistokuva Vaaralan asemakaavan suunnittelualueen länsireunalta.



Liite 2. Kesällä 2010 koekuvauksissa otettu viistokuva Vaaralan asemakaavan suunnittelualueelta. Kuvassa näkyy yhtenä lennätyspaikkana käytetty uimaranta.



Liite 3. Kesällä 2010 koekuvauksissa otettu viistokuva Vaaralan asemakaavan suunnittelualueelta, Olkkakosken kohdalta.



Liite 4. Kesällä 2010 koekuvauksissa otettu viistokuva Vaaralan asemakaavan suunnittelualueelta, Vartiosaaren kohdalta.



Liite 5. Kahdesta kesän 2010 koekuvauksissa Vaaralan asemakaavan suunnittelualueelta otetusta viistokuvasta yhdistetty kuva.

