



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Petri Hölttä

UAS maanmittausalan konsulttiyrityksen käyttöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

5.5.2019

Tekijä Otsikko	Petri Hölttä UAS maanmittausalan konsulttiyrityksen käyttöön
Sivumäärä Aika	34 sivua + 1 liitettä 5.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	Ilkka Partonen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää Maanmittauspalvelu Puttonen Oy:lle soveltuva UA-järjestelmä, niin kaluston kuin ohjelmistojen kannalta. Lisäksi tarkoituksena oli pohtia sopivia käyttökohteita, joihin uutta kalustoa voitaisiin hyödyntää.</p> <p>Työn aikana suoritin testilentoja Kustavin ja Parikkalan kuntien alueilla selvittääkseni droonin käyttöä pohjakartan tuotannossa. Vertailin työn aikana eri lennon suunnitteluohjelmia sekä datan työstämiseen käytettäviä ohjelmia. Työn aikana seurasin droonialalla tapahtuvia muutoksia, niin kaluston kuin lain vaatimuksien muutoksia.</p> <p>Tehtyäni testilentoja ja tutustuttuani ohjelmiin syvällisemmin kykenin tekemään pohdintaa siitä, mihin kaikkeen kohdeyritys voisi kalustoa käyttää ja miten se muuttaisi tavallista mitausprosessia. Työn tuloksena pystyin suosittelemaan yritykselle soveltuvaa laitteistoa ja ohjelmistoa.</p>	
Avainsanat	UAS, UA-järjestelmä ja drooni

Author Title	Petri Hölttä UAS for the surveying consultancy company use
Number of Pages Date	34 sivua + 1 appendices 5 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Ilkka Partonen
<p>The purpose of this final year project was to find an unmanned aerial system with both suitable equipment and suitable software for a surveying consultancy company. In addition, the aim was to suggest tasks in which the new equipment could be used</p> <p>The final year project included experimental flights in the municipalities of Kustavi and Parikkala to determine the suitability of unmanned aerial vehicles, or drones, in the production of the base map. Various flight planning programs and data-processing programs were compared during the test flights. The final year project also monitored the changes in the drone industry and the field in general. Both equipment and juridical requirements were included.</p> <p>The test flights and the examination of the programmes were used as a basis for a recommendation for the company. The ways in which suggested hardware and software would change the standard measurement process was established, and equipment that would suit the needs of the company were found. The thesis will be used as a basis for decision making when purchasing an unmanned aerial system.</p>	
Keywords	UAS, UA-system and drone

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Droonit	2
2.1	Historia	2
2.2	Tekniikka	3
3	Lainsäädäntö	6
4	Maanmittauspalvelu Puttonen Oy	9
5	Käyttökohteet	11
5.1	Rakennustyömaiden seurantamittaukset	11
5.2	Turvetuotanto	11
5.3	Kiviainesvolyymien kartoitus	11
5.4	Pohjakarttatuotanto	12
5.5	Teollisuuden mittaukset	12
5.6	Metsämittaukset	12
5.7	Rakennusten kuntokartoitukset	13
5.8	Kaivosteollisuus	13
5.9	Historiallisesti merkittävät kohteet	13
6	Kaluston valinta	14
6.1	Quadro vai kopteri?	14
6.2	Koulutus- ja osaamisvaatimukset	14
6.3	Vahvuudet ja heikkoudet muihin mittaustapoihin nähden	15
7	Teoreettinen esimerkkimittaustapahtuma	16
8	Testikohteet	18
8.1	Kustavin pohjakartan päivitys	18
8.2	Parikkalan pohjakartan täydennys	20
9	Kone- ja ohjelmavertailua	23

9.1	Konevertailu	23
9.1.1	DJI Phantom 4	23
9.1.2	GeoDrone X4L	24
9.2	Lento-ohjelma	25
9.2.1	Pix4D	25
9.2.2	DroneDeploy	28
9.3	Käsittelyohjelma	31
9.3.1	Agisoft photoscan Pro	31
9.3.2	Pix4Dmapper	31
10	Droonien taloudellisuus	32
11	Kustannuslaskelmat	33
12	Päätelmät	34
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Kustavin ortomosaiikki	

Lyhenteet

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
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).

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää UAV:n toimivuus maanmittausalan konsulttiyrityksen Maanmittauspalvelu Puttonen Oy käyttötarkoituksiin. Työnäni oli selvittää erilaisten järjestelmien soveltuvuutta yrityksen toimintaan peilaten. Lisäksi pyrin löytämään laitteistolle hyvin soveltuvia uusia käyttökohteita, joihin yritys voisi laajentua. Huomioitavaa oli yrityksen omat tarpeet, jolloin en yrittänyt selvittää jokaiselle maanmittausalan yritykselle soveltuvaa yleisvaihtoehtoa vaan yhtä oikeaa ratkaisua kohdeyritykselle. Yhtenä tärkeimpänä tavoitteenani oli löytää kustannustehokkain ratkaisu, joka mahdollistaisi pienemmän kynnyksen yritykselle lähteä hyödyntämään UAV:tä toiminnassaan.

Opinnäytetyössäni esittelen UAV-kartoituksen perusteita, kaluston haluttuja ominaisuuksia, sitä mitä ohjelmat tekevät otetuille kuville ja UAS-kehityskaarta tähän päivään, sekä omia arvioitani tulevaisuuden näkymistä. Selvitän nykyisien lakien asettamat vaatimukset ja sen, miten ne tulee huomioida toiminnassa. Teen vertailuja laitteiden ja ohjelmien välillä, joita olen henkilökohtaisesti päässyt testaamaan.

2 Dronit

2.1 Historia

Droonien historia voidaan katsoa alkaneeksi noin 1840-luvulla ja se voidaan jaotella noin 50 vuoden pituisiksi jaksoiksi eri vaiheiden mukaan. Jokainen jakso alkaa oman aikansa tieteellisistä sekä teknisistä läpimurroista. Aivan aluksi kaikki alkoi maakuvauksesta, jolloin maakuvia käytettiin mittapöydällä karttaa tekevän topografin havaintokirjana. Sen jälkeen analogisen fotogrammetrian jakson aikana oivallettiin analogisten ilmakuvien otto ja niiden myötä oikaistut ilmakuvakartat. Analyttisen fotogrammetrian jaksossa sovellukset ohjelmoitiin tietokoneelle, ja menetelmät kehittyivät pistetihennykseksi tuottaen tarkkoja maastomalleja. Digitaalisen fotogrammetrian jakso alkoi 1960-luvulla ja jatkuu edelleen. Kuvat digitalisoituivat, valokuvauksen rinnalle tuli uusia kuvaustekniikoita sekä mittaukset tarkentuivat ja nopeutuivat. (1, s. 1.)

Niin kuin monet teknologian osa-alueet, myös UAV on hyötynyt suuresti sotilaspuolen hankkeiden ja tutkimusten ansiosta. Jo ennen ensimmäistä maailmansotaa oli jo kehitetty itsenäisesti lentäviä aluksia, jotka toimivat kuitenkin lähinnä vain maalitauluna harjoituksissa. Sodan eri aikoina edistivät itsenäisesti toimivan lennokin tarvitsemien ominaisuuksia, kuten gyroskooppia, GPS:sää, kameratekniikkaa, radiotekniikkaa ja eri voimälähteiden kehittymistä.

Suomessa ilmakuvia on käytetty valtakunnallisissa kartoitustöissä jo 1930-luvulta lähtien. Toisen maailmansodan jälkeen suoritettu Suomen peruskartoitus vuosina 1947–1977 oli teknisesti mahdollista vain ilmakuvausten avulla. Nykypäivänäkin useimmat kartoitustyöt valtakunnallisella sekä kunnallisella laajuudella tehdään ilmakuvien tai digitaalisten kuvauslaitteiden tuottamien kuvien pohjalta. Osa kuvauksista palvelee myös muita käyttötarkoituksia kuten ortokuvatuentantoa ja metsätaloussuunnittelua. Vuonna 2006 Suomessa tapahtui selkeä siirtyminen mittakameroilla tuotetuista kuvista digitaalikameroilla suoritettuihin kuvauksiin. Tämän ansiosta saadaan yhdellä kuvauskerralla tuotettua enemmän kuvia ja täten kuvattua laajempia alueita. (2, s. 39.)

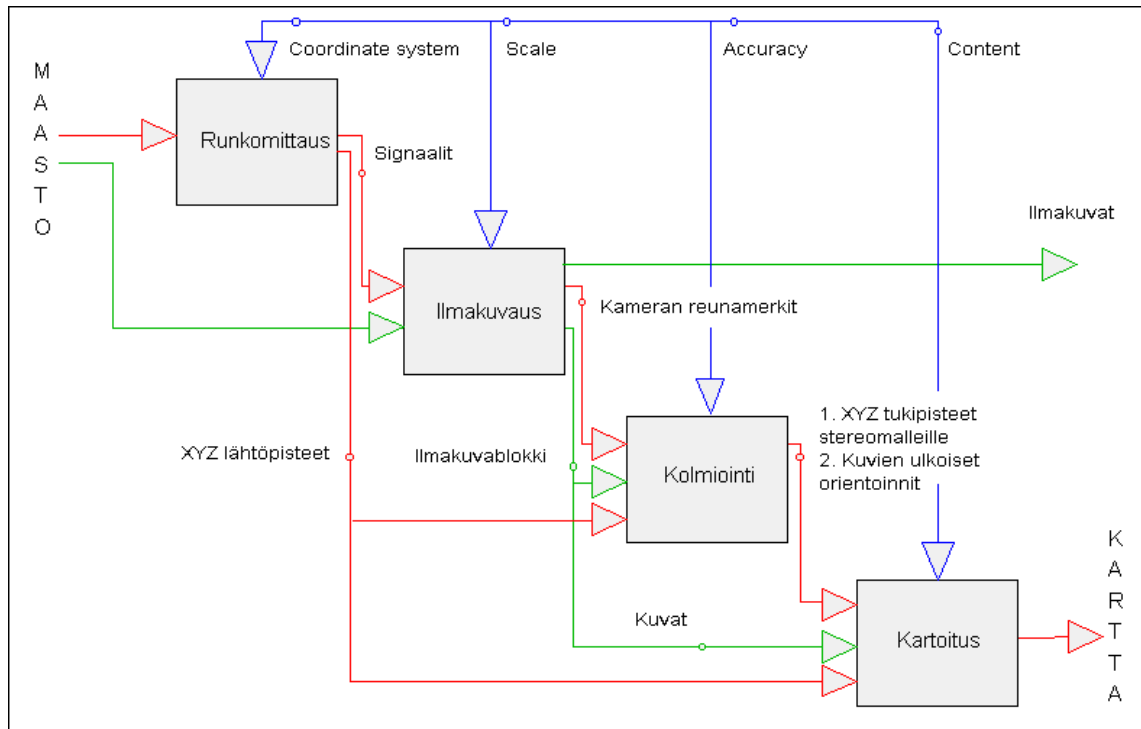


Kuva 1. Neliroottorinen kuvaamiseen tarkoitettu droni (4)

Kaupalliset dronit (kuva 1), jotka eivät enää vaatineet käyttäjältään dronien rakentamiseen vaadittavia taitoja, tulivat markkinoille noin vuoden 2010 jälkeen. Suurimpia myyntimenestyjiä oli 2013 markkinoille tullut DJI Phantom 1, jonka sisällä oli lentoa helpottava ja sijainnin tallentava GPS. (3)

2.2 Tekniikka

UAV:t voidaan varustaa erilaisilla mittausvälineistöllä, kuten kameroilla tai laserkeilaimella. Kopterin valinnassa tulee huomioida, halutaanko siihen kyettävän kiinnittää monia erilaisia varusteita vai käykö yksi kiinteä varuste. Kopterilla otettujen kuvien jalostaminen hyödynnettäväksi pistepilveksi eri käyttötarpeita varten tapahtuu kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 2. Kartoitusprosessi (5)

Jokaiselle otetulle kuvalle asetetaan sijaintitiedot, kameran tiedot sekä kuvauskulman tiedot. Tämän kohdan suorittamisen ajankohta riippuu käytettävästä laitteistosta ja tiedostomuodosta. Joissain tapauksista kuvien sijaintitiedot tallentuvat UAV:sta suoraan purettaviin kuviin, kun joissain tapauksissa tiedot haetaan lennokin lentotiedoista tai kerrotaan ohjelmille manuaalisesti.

Kun kaikilla kuvilla on tarvittavat ominaisuustiedot ja niiden ottojärjestys on selvillä, kyetään muodostamaan kuvablokki. Kuvablokki tarkoittaa kuvien limikkäin asettelua sijaintinsa mukaan, jotka kattavat kuvatun alueen. Kuvauslennot suoritetaan niin, että peräkkäisissä kuvissa on pituussuunnassa päällekkäisyyttä yleensä noin 70–90 % ja sivusuunnassa 60–85 %. Kuvablokki syntyy, kun ohjelmille kerrotaan vierekkäiset kuvat, jolloin ohjelmat kykenevät etsimään vierekkäisiltä kuvilta samoja näkyviä kohteita eli vastinpareja. Tällaisia vastinpareja tulisi löytyä kuvapareilta tuhansittain. Vastinparien avulla otettujen kuvien asettelu muihin kuviin nähden tarkentuu ja lähtötieto kameran asennosta kuvaushetkellä tarkentuu, kun ohjelmat kääntävät kuvia löytämiensä vastinparien avulla.

Seuraavaksi useimmissa ohjelmissa voidaan osoittaa kuvilta maapisteitä (groundpoints), jos sellaiset on olemassa tai tehty. Näiden avulla kuvien mittakaava ja sijaintitiedot tarkentuvat. Käytännössä tämä tapahtuu ennen lentosuoritusta maastoon viedyllä näkövyötyalustoilla tarkemittattujen kiintopisteiden tai runkopisteiden päälle. Kuvablokin muodostumisen jälkeen voidaan osoittaa ohjelmassa kuvilta löytyvä kiinto- tai runkopisteet. Kun kuvat ovat halutussa koordinaatistossa ja niiden sisäistä tarkkuutta on parannettu maapisteiden avulla, voivat ohjelmat aloittaa pistepilvien teon. Ohjelmat laskevat kuvien jokaiselle pikselille X, Y ja Z koordinaatit fotogrammetrian avulla. Fotogrammetria laskee koordinaatit eteenpäin leikkauksen avulla. Kahdella tai useammalla kuvalla tulee näkyä sama piste ja kuvien ottohetken sijainti sekä itse kameran kallistuskulmat. Ohjelman laskettua pikseleille koordinaatit olisi käytössä yksinkertaista pisteaineistoa, jota voitaisiin käyttää esim. korkeuden mallintamiseen. Pistepilven tehtyä ohjelmat kykenevät antamaan jokaiselle pisteelle oman värin, joka määrittyy kuvablokista. Värjättyä pistepilven ohjelmat pystyvät tekemään väritetyn 3D-malli yhdistelemällä pistepilven pisteet ja täyttämällä niiden väliset alueet.

3 Lainsäädäntö

Laki asettaa raamit, joiden sisällä työ pitää pystyä tekemään. Trafi on taho, joka asettaa ilmailumääräyksiä Suomessa. Tätä työtä kirjoittaessa Trafin voimassa oleva määräys on TRAFI/90924/03.04.00.00/2016 OPS M1-32. Määräyksessä annetaan lupa käyttää kauko-ohjattua ilma-alusta ilman lentotyölupaa ja muita ilmailuun annettuja säädöksiä ja määräyksiä.

Ilmatoimintaa harjoitettavan on tehtävä Trafille ilmoitus lentotoiminnan harjoittamisesta. Ilmoituksessa ilmoitetaan, kuka lentää ja kuka on vastuuhenkilö-organisaatio lentotoimintaa harjoitettaessa. Ilmoituksessa annetaan kuvaus, minkälaista lentotoimintaa on tarkoitus harjoittaa ja minkälaisella kalustolla. Tieto siitä, harjoitetaanko toimintaa tiheästi asutulla alueella tai ulos kokoontuneiden väkijoukkojen yläpuolella. Tässä kohdassa tulee ilmoittaa ja myöntää kohdeyrityksen tapauksessa, että väkijoukkojen yläpuolella saatetaan joutua lentämään. Joskus voidaan joutua kuvaustilanteeseen, jossa ollaan vilkaasti liikennöidyn alueen yläpuolella.

Turvallisuuskohdat tulee ottaa huolellisesti jokaisessa lentosuorituksessa huomioon. Tämä takaa muille ihmisille ja heidän omaisuudelleen turvan, kun heidän lähetyvillään työskennellään.

"3.1.4 Lennätykset on suoritettava siten, että niistä aiheutuva vaara ulkopuolisille ihmisille ja heidän omaisuudelleen sekä meluhaitta ovat mahdollisimman pienet." (6)

Tämä toteutetaan suunnittelemalla lennätysajankohta vähäliikenteisimmälle ajanjaksolle kohde alueella sekä vältetään liian alhaalla lentämistä. Miehittämättömällä ilma-aluksella on aina velvollisuus väistää muita ilmatilassa olijoita.

"3.1.5 Lennätykset on suoritettava siten, että ne eivät vaaranna, haittaa eivätkä estä hätä-, onnettomuus-, pelastus- tai vastaavaan poikkeustilanteeseen paikalle saapuvan yksikön tai viranomaisen toimintaa." (6)

Ilma-aluksen lennättäjälle ei ole asetettu määräyksessä osaamis- tai koulustasoa, jonka suoritettuaan hän olisi pätevä harjoittamaan toimintaa. Määräyksessä todetaan vain seuraavaa:

"3.1.6 Kauko-ohjaajan on kyettävä käyttämään turvallisesti ilma-alusta ja hallittava hätätilanteiden edellyttämät toimenpiteet. Kauko-ohjatusta lennosta vastaavan on oltava vähintään 18-vuotias." (6)

Lennosta vastaavalla henkilöllä on raskas velvollisuus lentotoiminnasta, joten onnettomuustapauksessa häneen kohdistuu ankara vastuu, jos hänet osoitetaan syylliseksi onnettomuuteen.

Ilma-aluksen ominaisuudet asetetaan niin, ettei lentoonlähtömassa saa ylittää 25:tä kilogrammaa. Aluksessa tai ohjaajalla on oltava järjestelmä tai menettely, jolla kyetään viikatilanteissa varmistamaan, ettei ulkopuolisille tai heidän omaisuudelleen tapahtuva vaara olisi mahdollisimman vähäinen.

Lentotoiminnasta tulee pitää lentopäiväkirjaa, jota pitää säilyttää kolmen vuoden ajan. Päiväkirja voi olla sähköisenä tai paperisena dokumentaationa, kunhan sitä pystytään säilyttämään hyvin kolmen vuoden ajan. Päiväkirjassa pitää tulla ilmi jokaisesta lennosta: päivämäärä, lennätyspaikka ilma-aluksen päällikkö, ilma-aluksen valmistaja, malli, alkamis- ja päättymisaika, onko kyseessä VLOS vai BVLOS ja tehtävän luonne sekä maininta tähystäjistä, jos sellaista käytettiin.

Trafin määräys on asettanut ilma-aluksille 150 m:n maksimilentokorkeuden maan tai veden pinnasta. Tästä poikkeuksena toimivat kiinteiden esteiden, esim. telemastojen lähetyvillä kohdetta hallinnoivan antamat toimeksiannot.

"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 lennätuksista erikseen. Jyväskylän (EFJY) ja Utin (EFUT) lentoasemien lähialueella lennättämisestä on kuitenkin kaikissa tapauksissa sovittava erikseen ilmaliikennepalveluelimen kanssa."(6)

Määräykset tiukentuvat, kun toimitaan asutuskeskuksen tiheästi asutun osan tai ihmisjoukon yläpuolella. Trafin määräyksessä tiheästi asuttu asutuskeskus määritetään vähintään 200 asukkaan ja enintään 200 metrin etäisyydellä toisistaan olevina asuinrakennuksina oleva alue.

Tällaisella alueella lentoonlähtömassa tulee olla enintään 7 kg, kun muulloin se saisi olla enintään 25 kg. Pienempi lentoonlähtömassa pienentää onnettomuuksissa tapahtuvia vahinkoja ja alentaa näin lentotapahtuman riskien suuruutta. Tähän 7 kilogrammaan ei lasketa mukaan ilma-alukseen lisättäviä pelastuslaitteita. Tiheästi asutulla alueella lennon tulee tapahtua suoran näköyhteyden avulla, joten BVLOS-ratkaisut ovat kiellettyjä. Asutuksen yllä tulisi käyttää sellaista lentokorkeutta, että ongelmatilanteessa ilma-alus saataisiin nopeasti ja turvallisesti laskeutettua eikä sen aiheuttama vaara olisi liian suuri ulkopuolisille ihmisille tai heidän omaisuudelleen. (6)

"3.1.15 Ilma-aluksen käyttäjä on laatinut toimeksiantokohtaisen kirjallisen turvallisuusarvioinnin, joka sisältää vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arvioinnin ja riskien vähentämisen, e) ilma-aluksen käyttäjä on laatinut kirjallisen toimintaohjeituksen, joka sisältää kuvauksen normaalitoiminnasta sekä toiminnasta häiriötilanteissa, f) edellä d) ja e) kohdissa tarkoitetut asiakirjat säilytetään vähintään kolmenkuukauden ajan toiminnan päättymisestä ja esitetään pyynnöstä valvontaviranomaiselle."(6)

4 Maanmittauspalvelu Puttonen Oy

Yrityksen tavoite on palvella asiakkaitaan laadukkaasti ja nopeasti. Jotta nämä tarpeet kyetään täyttämään, tulee käytettävän kaluston olla sen mukaista. Konsulttiyrityksen työkohteet ovat eri suuruusluokkaisia, mutta kaikissa kohteissa tarvitaan työn nopeaa suorittamista. Työhön kuuluvan aineiston kerääminen ennen kohteeseen menoa ja tieto siitä, mitä sekä miten asiakas on halunnut asian mitattavan. Työn suorittamiseen varattava aika voi olla hyvinkin lyhyt. Kohteesta riippuen vaaditut tarkkuudet vaihtelevat GNSS:n ja takymetrimittaustapojen välillä. Kustannustehokkuus pystytään laskemalla työhön kulutetulla ajalla ja kalustolla verrattuna saatuihin voittoihin. Lisäksi tulee huomioida käytetyn kaluston kustannukset, eli paljonko kaluston ylläpito ja koulutus vaatii rahaa.

Esitin joitain kysymyksiä yrityksen toimitusjohtajalle aihepiiriin liittyen.

1) *Minkälaiset odotukset tai toiveet dronejen luomista mahdollisuuksista yrityksellä on?*
Odotukset ovat, että mittausprosessit nopeutuisivat, yksinkertaistuisivat ja parantaisivat mittausten laatua.

2) *Onko jokin, mikä epäilyttää nykyisellään dronejen tulossa maanmittausalalle?*

Liiallinen usko uusien laitteiden tarkkuuden kilpailukykyyn vanhoihin metodeihin verrattuna. Vanha kalusto, joka on kustantanut 20 000–30 000 € ei ole ikääntynyt uuden teknologian myötä niin paljon, että 1 000 €:n laite kykenisi yhtä tarkkaa tulokseen kuin vanha kalusto. Drooni kuvaaman kokonaisalan yhtenäisen tarkkuuden vaihtelu saattaa olla huomatta.

3) *Onko jonkinlaisia vaatimuksia mitä asetatte aina uudelle kalustolle?*

Uuden kaluston tulee olla tuotantokäyttöön kykenevä, eikä siinä saa olla kokeellisessa vaiheessa olevaa tekniikkaa.

4) *Tärkeimmät asiakkaat, joita yrityksellä tällä hetkellä on?*

Merkittävimmät asiakkaat ovat YIT, FCG, Mikkelin kaupunki ja Destia.

5) *Näkisittekö jokaisen mittajaan työvälineeksi dronet, jos se olisivat taloudellisesti ja koulutuksellisesti mahdollista?*

Kustannuksellisesti drooni ei ole ongelma koko henkilöstön käyttöön. Drooni ei ole vain kykenevä suorittamaan kaikkia tarvittavia mittausprosesseja, kun vanhakalusto on kykenevä laaja alaisemmin eri mittaus suorituksiin.

6) *Nykyiset asiakkaat, joiden uskoisit hyötyvän yrityksen UAS mahdollisuuksista?*

Maa-aineslupien hakijat saisivat kattavan ilmakehän kohteesta. Kiviainestojen toimijoille tuotettaisiin määrälaskennat kuvilta. Pohjakarttojen tilaajille voitaisiin toimittaa erilaisia kuvio-rajajoja ja rantaviivaa, sekä ilmakehiltä pystyisi suorittamaan alueen tarkastusta.

7) *Olisiko joitain uusia asiakkaita, joita toivoisitte tavoitettavan uuden kaluston avulla?*

Kunnat olisivat potentiaalisia kohdeasiakkaita, moneen pohjakartoitus tai maastomalli-kohteelle olisi hyvä kuulua ilmakehän kuvia vakiona mukaan.

8) *Tiedättekö, kuinka paljon toiminta alueellanne toimivilla kilpailevilla yrityksillä on UAV kalustoa käytössä?*

Monella toimijalla on yksittäinen drone, mutta käyttöaste koneille on todella matala.

9) *Uskotteko kilpailijoillanne olevan paljon kiinnostusta UAV kaluston hankintaan?*

Suurin hankintapaine on hiipunut alalla. Yrityksillä on ollut hyvät mahdollisuudet todeta kaluston soveltuvuuden itselleen. Monet ovat todenneet, ettei UAV mahdollista parempaa ansaintatapaa. Yksi merkittävä tekijä, joka on vähentänyt kiinnostusta UAV:n hankintaan on Suomen laadukas ilmainen Maanmittauslaitoksen tarjoama laserkeilausmateriaali.

5 Käyttökohteet

UAV:lle tulee kehittää mahdollisimman monia käyttökohteita, jotta siitä saadaan taloudellisesti järkevä hankinta Suomen tyypillisissä ilmasto-olosuhteissa, jotka asettavat lyhyen ajanjakson hyvälle ilmakuvauksille. Joidenkin kohteiden tarkkuusvaatimusten johdosta ei UAV-kalustoa pystytä hyödyntämään kuin harvoina hyvinä päivinä.

5.1 Rakennustyömaiden seurantamittaukset

Rakennustyömaiden seurantakuvaamisen tarjoaminen toisi kalustolle vakituista käyttöä. Työmaata hyödyttäisi se, että kuvaa saataisiin kattavasti, nopeasti ja pystyttäisiin keräämään haluttu tieto erilleen. Kuvausten haluttaisiin tapahtuvan tietyin väliajoin, joten sää saattaa estää kuvaukset. Joidenkin kohteiden katveet, esim. puuston peitossa tai muiden rakenteiden alla olevat kohteet, joita työmaan johto haluaisi saada, jäävät piiloon. Tällöin niiden kohteiden osalta tiedonkeruu tulee suorittaa maantasolta.

5.2 Turvetuotanto

Turvetuotantoa varten UAV olisi nopea vaihtoehto pinnan kartoittamiselle, verrattuna perinteisiin mittausmenetelmille. Turvetuotantoalueilla joudutaan kävelemään pitkiä matkoja ja ylittämään leveitä ojia. Nämä asiat poistuisivat kopterin avulla kokonaan. Tällöin saataisiin aikavoittoa ja työturvallisuus paranisi.

5.3 Kiviainesvolyymien kartoitus

Kiviainesvolyymien kartoitukseen droneilla kyettäisiin tarjoamaan nopeaa kartoitusta, joka pysyy helposti päivittäin muuttuvan tilanteen mukana. Perinteisellä menetelmällä vilkkaissa kohteessa ei perinteinen mittaustyyli pysyisi tilanteen tasalla. UAV mahdollistaa huomattavasti tarkemman volyymin mittausta kuin perinteisemmät mittaustyyli. Ilmaaluksella kyetään kartoittamaan kohteita, joihin ihmisen olisi mahdotonta päästä tai sitten se olisi erittäin riskialtista loukkaantumisvaaran vuoksi.

5.4 Pohjakarttatuotanto

Pohjakarttatuotannossa joudutaan kartoittamaan suuriakin alueita lyhyessä ajassa. Lyhyt karttatuotantoprosessi pitää kartat keskenään samassa ajassa, jolloin ei tapahdu alueiden välistä eroavaisuutta kartan laadussa. Asiakkaalle pystyttäisiin tarjoamaan päivitetyn pohjakartan lisäksi ilmakuvia, joita monissa kunnissa osattaisiin hyödyntämään perinteisten karttojen rinnalla.

5.5 Teollisuuden mittaukset

Vaaralliset kohteet esim. korkeat paikat, kuumat, myrkylliset tai pääsemättömät kohteet.

Vaadittuihin tarkkuusvaatimuksiin on todella vaikea päästä, kun vertailuna pitää perinteistä laserskanneria. Tavalliseen skanneriin verrattuna kuitenkin voidaan pitää etuna, että saataisiin kartoitettua kohteita ylhäältä päin ja kohteita, jotka ovat liian korkeita.

5.6 Metsämittaukset

Jotkin metsätalouden tarvitsemat mittaukset vaativat erilaisia kameroita kopteriin kiinnitettäväksi, jotka pystyvät kuvaamaan vääräväri- ja spektrikuvia. Metsätaloudelle tarjottavia mittausaineistoa olisivat

- kasvillisuusmäärät
- puuston pituudet
- myrskytuhot
- kuntotarkastukset latvuston tautien osalta spektrikameran avulla.

5.7 Rakennusten kuntokartoitukset

Rakennusten kuntotarkastuksessa lennokkeja pystyttäisiin hyödyntämään ankalasti päästävien kattorakenteiden kartoittamisessa ja datan keräämisessä sekä saadun aineiston monipuolinen hyödyntäminen. Kuntotarkastukseen kuuluu

- silmämääräinen tarkastelu
- pistepilviaineistoa rakenteista -> 3D-mallit.

5.8 Kaivosteollisuus

Kaivosteollisuudessa UAV-kartoitustekniikkaa kyettäisiin hyödyntämään monissa kaivoskohteiden elinkaaren vaiheissa:

- kohteen ensi kartoitus määrien arvioimiseksi
- kaivetun maa-aineksen kartoittaminen
- kaivostoiminnan käynnissä ollessa yksittäisen mittajaan riskien poistaminen avokaivoksella
- loppukartoitukset alueesta.

5.9 Historiallisesti merkittävät kohteet

Historiallisesti merkittävät kohteet vaativat hienovaraisuutta, eikä niiden vahingoittamiselle ole jätettävä mahdollisuutta. Näissä kohteissa voisivat tulla myös sisätilat kyseeseen. Perinteiseen laserskannaukseen verrattuna kevyellä kopterilla voidaan päästä korkeisiin kohteisiin ja saada tarkempaa sekä monipuolisempaa dataa kuin skannerilla.

6 Kaluston valinta

Kopterit ovat hyviä kartoitusvälineitä aina hehtaarin kokoisiin alueisiin. Hehtaari on usein tarkkuuden ja akkukapasiteetin kompromissi (yli hehtaari vaatii korkeaa lentokorkeutta, mutta tarkkuus vaatii matalampaa korkeutta ja akkujen virta ei tällöin riitä laajaan alueeseen.) Lennokit vaativat laskeutumiseensa tilaa, mutta niiden toiminta-aika on parempi kuin koptereilla.

6.1 Quadro vai kopteri?

Quadrokopterit ovat neli- tai useampiroottorisia koneita, kun koptereissa on yksi nostovoimasta vastaava vaakaroottori ja yksi ohjaukseen vaikuttava pystyroottori. Quadro on selkeä valinta sen markkinajohtajuuden vuoksi sekä sen paremman vakauden lennon aikana. Quadroja on markkinoilla laajempi tarjonta valmiissa paketeissa, joten hinnat alhaisempia ja tietämystä sekä vertaiskokemuksia enemmän. Eri laitevalmistajat kykenevät valmistamaan asiakkailleen räätälöityjä paketteja. Kopterin etu olisi kuitenkin selvä energiatehokkuus, jolla saataisiin kasvatettua lentoaikaa ja kantokuormaa. Koptereita ei ole markkinoilla tarjolla suurta määrää, koska ne vaativat enemmän itse lentämisen opiskelua kuin quadrot.

6.2 Koulutus- ja osaamisvaatimukset

Huomattava hankaluus UAV:n kanssa työskentelyssä on kokemuksen puute. Ilmakuvia ottaessa ja analysoidessa tarvitaan hyvää valokuvaustaitoa, koska nykyisellään ohjelmat eivät korjaa tätä puutetta. Huonolaatuisista kuvista ohjelmat eivät kykene löytämään riittävästi vastinpisteitä, ja lopputuloksena ohjelmat antavat harvoja tai vääristyneitä piste-pilviä tai ortomosaiikkeja. Huonot kuvat ovat esimerkiksi liian pimeitä, jolloin ohjelmistot eivät kykene erottamaan asioiden rajoja. Tällainen esimerkiksi on harmaana talvipäivänä otettu kuva. Silloin aurinko ei paista korkealta, jotta se voisi sirottaa valoa pilvipeitteisyyden lävitse. Tärähtäneisyys on myös yksiä huonojen kuvien yleisiä piirteitä, eli suuri asetettu lentonopeus verrattuna kameran sulkimen nopeuteen aiheuttaa epäonnistuneita kuvia. Tärkeää on, että kuvien ottaja pyrkii tarkistamaan lennon jälkeen ottamansa kuvat ja näin paikkaamaan puutteellisia kohtia paikkauslennoin. Vaikka itse lentotapahtuma

suoritetaan suurimmaksi osaksi automaattisesti, vaaditaan koneen ohjaajalta osaamista koneen käsittelyyn. Erilaiset erityistilanteet, esim. linnuista tai säätilasta johtuvat vaaratilanteet, pitäisi kyetä ohjaajan hallita vaivattomasti ilman riskiä vaaran aiheuttamiselle.

6.3 Vahvuudet ja heikkoudet muihin mittaustapoihin nähden

Drooneilla pystytään vähentämään maastossa vietettävä aikaa, mutta toimistossa oloaika lisääntyy. Tämä asia vähentää mittaajan syvempää kohteeseen tutustumista. Joidenkin rakenteiden tai piiloon jäävien kohteiden huomaamatta jääminen on mahdollista, kun fyysinen mittaaminen jää suorittamatta. Tämän takia yksi mahdollinen UAV:n käyttötapa olisi käyttää GNSS:n ja takymetrin rinnalla UAV:tä. Tietyissä kohteissa pystyttäisiin saamaan ajallista voittoa laitteitten yhteiskäytöllä: selkeitä avonaisia kohteita ei olisi tarvetta kävellä läpi vaan ilma-alus hoitaisi kyseiset kohteet. Peitteiset ja kuvilta hankalasti tulkittavat kohteet mitattaisiin tällöin perinteisin keinoin. Suurimpana heikkoutena perinteisiin mittaustapoihin on, että UV kärsii sääolosuhteista. Sade on usein pahin lentotoiminnan haittaava sää. Koneet eivät ole useinkaan kovin vesitiiviiksi tehtyjä, jolloin lentäessä sadekelissä vaarannetaan turvallisuus ja itse kone. Lentäessä sallituimmassa ylimmässä korkeudessa on mahdollista, että alhaalla lentävät pilvet tekevät kuvista sumeita. Talvisin lumipeitteisyys haittaa kuvaustoimintaa. Vaikkei lunta olisi määrällisesti paksua kerrosta, estää tasainen lumi vastinparien löytymisen kuvilta.

7 Teoreettinen esimerkkimittaustapahtuma

Esimerkkitapauksena voitaisiin kuvitella taajamakohde, josta pitäisi tehdä maastomalli. Mittaajan saapuessa hän voisi ensiksi kiertää mittauksessa käytettävien runkopisteiden kautta ja asettaa niihin signaalit. Riippuen kiintopisteiden sijoittumisesta ympäri mittausaluetta joutuisi mittaaja kuitenkin tekemään UAV-kuvausta varten groundpoints/maapisteitä. Nämä maapisteet mittaaja mittaisi GNSS:llä tai takymetrillä kohteen tarkkuusvaatimuksista riippuen. Alkuvaiheessa tämä veisi kenties kohtuuttomastikin aikaa saatuun hyötyyn nähden. Riittävän rutinoitumisen jälkeen erilainen mittaustapa ei veisi turhaa aikaa. Pystyttäisiin voittamaan aikaa, kun yksinkertaiset sekä vaikeasti nähtävät (puusto/kasvillisuuden taakse jäävät) kohteet eivät kuluttaisi aikaa.

UAV:n ja perinteisen yhteismittauksen esimerkkirutiini on seuraavanlainen:

- runkopisteiden/lähtöpisteiden näkevyttäminen
- maapisteiden asettaminen ympäri mittausaluetta
- takymetri- ja GNNS-mittaus, jossa kartoitetaan ilmakuvilta piiloon jäävät (kaivojen vesijuoksut yms.) tai todennäköisesti virheellisesti näkyvät kohteet (ojien pohjat, jotka ovat rehevöityneet tai huonosti hoidetut tai puiden oksien piilottamat kohteet.)
- UAV-lento (mahdollinen suunnittelu, jos maastossa on huomattu huomattava eroavaisuus ajateltuun lähtötilanteeseen, esim. jokin alue pitää tai ei tarvitse kuvata.)
- lennon kuvien talteenotto
- takymetri- ja GNNS-mittausten editointi
- UAV:lla saadun aineiston käsittely
- mittausten yhdistämien/yhteensovittaminen
- kartoitus valmis.

Mikä ovat tällaisella mittaustyyllillä saatavat hyödyt?

- runsas hyödynnettävä datan määrä
- nopeutunut kartoitusprosessi maastossa
- parantunut mittaajan työturvallisuus.

Haittapuolet

- "Runsas datan määrä", vaikka ohjelmistot kykenevät erottelamaan halutut kohdet kartoituksista, kuvauksissa kerääntyy turhaa dataa omiin tarkoituksiin nähden. Tämä turha data vie tallennustilaa
- Lisääntynyt toimistotyö tai näyttöpäätteen kautta tehtävä työ.

8 Testikohteet

8.1 Kustavin pohjakartan päivitys

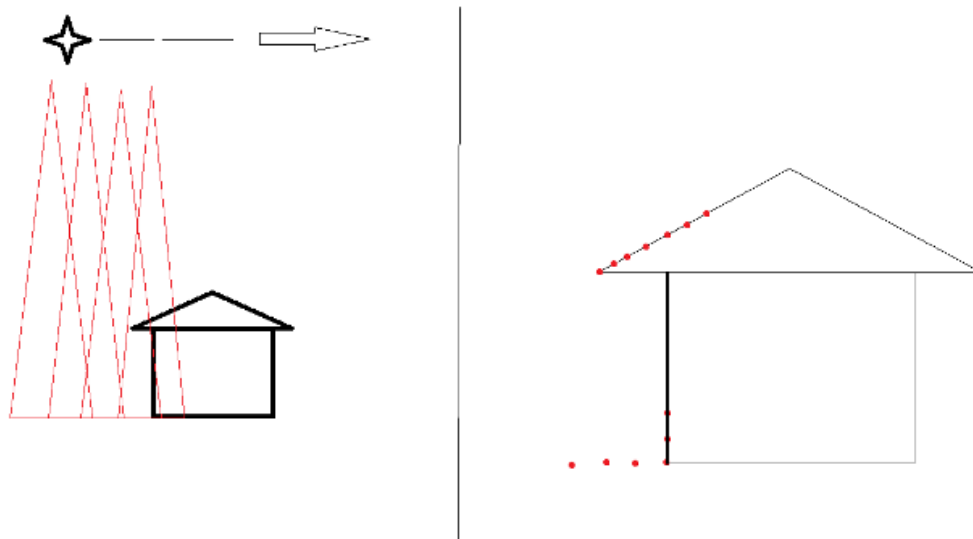
Kustavissa oli merenrannalla oleva kohde, jonne oli tekeillä uusi ranta-asetakaava. Kohteessa tulisi mitata pyykki, joiden pistesijaintitarkkuus oli huonompi kuin 0,3 m, tiestö, rakennukset, rantaviiva ja avohakkuut. Kohteen tarkkuusvaatimus oli kolmosluokkaa. Käytin kohteessa kaksi mittauspäivää GNSS- ja takymetrimittauksia hyödyntäen saaden kartoitettua kaiken, mikä tavoitteena oli. Kumpanakin näistä päivistä suoritin myös Phantom 4:llä lennon, jolla kuvasin n. 400 m x 400 m:n alueen, jonka sisään suurin osa merkittävistä kohteista, eli rakennukset, tiet ja rantaviiva mahtui. Lentokorkeuden pidin 80 metrissä, ja lentosuorituksen aika oli n. 15 minuuttia.

Vertaillessa varsinaista mittauksia Phantomilla saatuun ortomosaiikkiin pystyi toteamaan, kuinka paljon kohteita olisi voitu digitoida mosaiikista. Tiet, rantaviiva ja hakkuut olisi voitu kelpuuttaa hyvin aineistosta. Rakennusten kohdalla ortomosaiikissa oli joidenkin kattojen reunoissa vääristymää, joka olisi huonontanut tarkkuutta +/-0,3–0,5 m (kuva 3). Vääristymä johtuu ortomosaiikin tavasta esittää ja muodostaa kohde (kuva 4). Tässä tapauksessa ohjelma on käyttänyt mosaiikkia muodostaessa pinnan keskiarvona korkeinta pintaa (Digital Surface Model). Ohjelma on laskenut rakennuksen rajalla katon pisteiksi myös maanpinnan ja seinän pisteitä, koska pistepilvessä on ollut heikosti pisteitä kyseisessä kohdassa. Virheen pystyy korjaamaan esim. Pix4D:ssä Mosaic editoria käyttämällä. Työkalulla rajataan rakennuksen ala työstettäväksi alueeksi. Tämän jälkeen ohjelma osaa tulkita paremmin ylimmän pinnan muusta ympäröivästä maastosta, eli tässä tapauksessa katon. Tätä vääristymää saa vältettyä lisäämällä kuvien päällekkäisyyttä tai ottamalla poikittaisesta lentosuunnasta rakennuksesta kuvia, jolloin ongelmallisiin rajakohtiin saataisiin enemmän pisteitä.



Kuva 3. Rakennuksen kuvantumisen ongelma

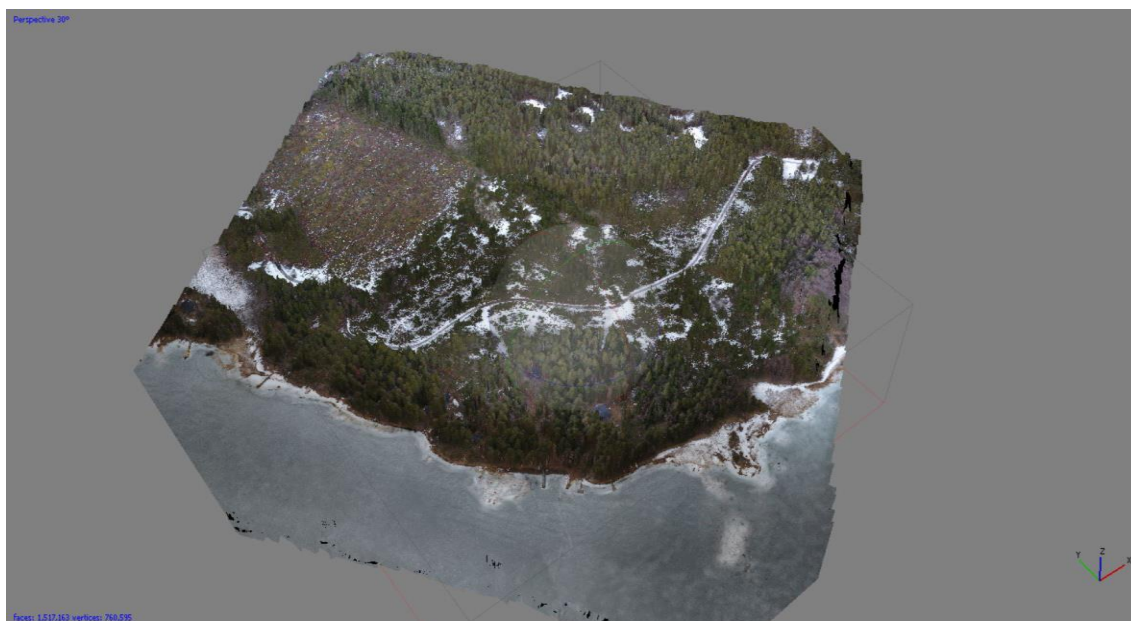
Eri kuvausolosuhteet osoittivat, kuinka paljon valaistuksella on merkitystä kuvien otossa (liite 1). Varjot kykenivät piilottamaan todella hyvin joitain rakennuksia, jotka olivat helposti löydettävissä pilvisistä kuvista. Aurinkoisessa kuvassa pystyi kuitenkin erottamaan tarkemmin kohteita, joissa varjostusta ei ollut.



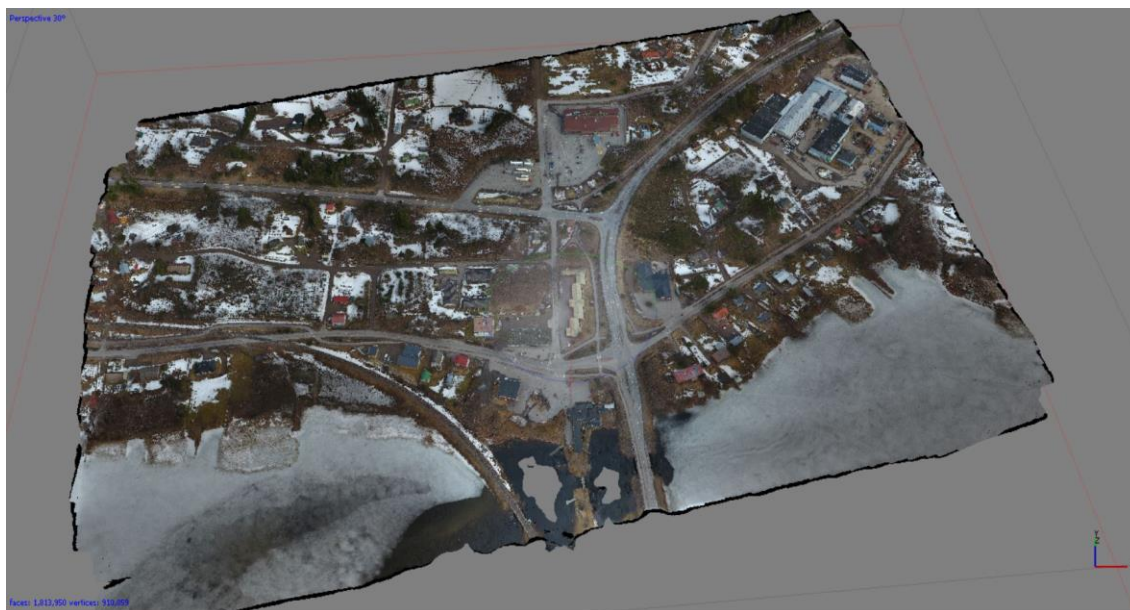
Kuva 4. Rakennuksen kuvantumisen ongelma

8.2 Parikkalan pohjakartan täydennys

Tehtävänä oli täydentää kunnan pohjakarttaa kaavoitustyötä varten, josta puuttui esim. tiestöä ja rakennuksia. Lisäksi alueelta tuli mitata huonolaatuiset pyykit, joiden pistesijaintitarkkuus oli huonompi kuin 0,3 m. Kohde kartoitettiin kahden miehen toimesta kahdena päivänä normaalein kartoituskeinoin (GNNS ja takymetri). Tavallisten mittausten lisäksi tein vertailumateriaalia varten neljä lentoa alueella 100 m:n korkeudessa kukin kestoltaan n. 20 minuuttia ja lentonopeutena 8 m/s. Kaikkina lentohetkinä sää oli erittäin pilvinen, mikä teki kuvista kohtalaisen hämäriä (kuva 5). Lopputuloksena sain kuvista digitoitua hyvin tiestön, mutta jälleen useat rakennusten seinälinjat tai kattoharjat olivat vääristyneitä (kuva 6). Vääristymät olisi saanut korjattua käyttämällä Pix4D:n Mosaic editoria. Vertailun tuloksena en saanut aikavoittoa enkä parempaa tarkkuutta USV-menetelmällä perinteisiin menetelmiin verrattuna. Ainoa hyötynä oli asiakkaalle tarjottava tuore ilmakuva kohteesta pohjakartan päivityksen kylkiäiseksi.



Kuva 5. Pilvisellä säällä Kustavin ortomosaiikki



Kuva 6. Parikkalan keskustan ortomosaiikki

Miten aikavoitto perinteisiin menetelmiin olisi ollut mahdollista? Jos alueella olisi ollut esim. 30 % enemmän mitattavia kohteita, perinteiset mittaustavat eivät olisi saaneet mitattua kaikkea kahdessa päivässä. Huono valaistus kumpanakin päivänä ja toisen päivän sadekuurot sekä voimakkaat puuskat häiritsivät lentotoimintaa. Huono sää pakotti lennot tiettyyn aikaikkunaan, jolloin taas ei ollut välttämättä paras kuvausaika.



Kuva 7. Rakennuksen vääristynyt räystäslinja

9 Kone- ja ohjelmavertailua

9.1 Konevertailu

Konevertailuun pääsivät kaksi droonia, joita olen itse päässyt lennättämään, jolloin kykenin omalla kokemuksellani vertaamaan niiden ominaisuuksia.

9.1.1 DJI Phantom 4

Markkinajohtajan asemassa toimiva droone valmistajan myydyimpään mallisarjaan kuuluva Phantom 4 (kuva 8) on sopivan hintansa ja laatunsa ansiosta soveltuva maanmittauksen kuvauksien tarpeisiin.

Phantom 4 on pienikokoinen ja kevyt drooni, jota on kätevä kuljettaa mukana esim. selkäreppussa eikä se vaadi paljoa tilaa.



Kuva 8. Phantom 4 ja ohjain

Plussat

- edullinen
- nopea oppia
- mobiilisovelluksia runsaasti tarjolla.

Miinukset

- sääherkkä
- optiikkaa ei voi helposti vaihtaa.

9.1.2 GeoDrone X4L

GeoDrone X4L on suomalaisen VideoDronen kehittämä droni (kuva 9), jota pystytään muokkaamaan yksilöllisesti eri toimialojen tarpeisiin. Droneen on helppo asentaa eri kameroita kuin myös laserscannereita tai lämpökameroita.

GeoDrone X4L on isokokoinen droni, joka mahdollistaa raskaampien kameroiden ja instrumenttien käytön. Koko ja paino tuovat koneelle vakautta tuulisessakin lentokelissä.



Kuva 9. Geodrone X4L

Plussat

- vakaa lennettävyys
- varusteiden vaihdettavuus tarpeen mukaan
- ammattimaiset ohjelmat.

Miinukset

- hankintakustannukset.

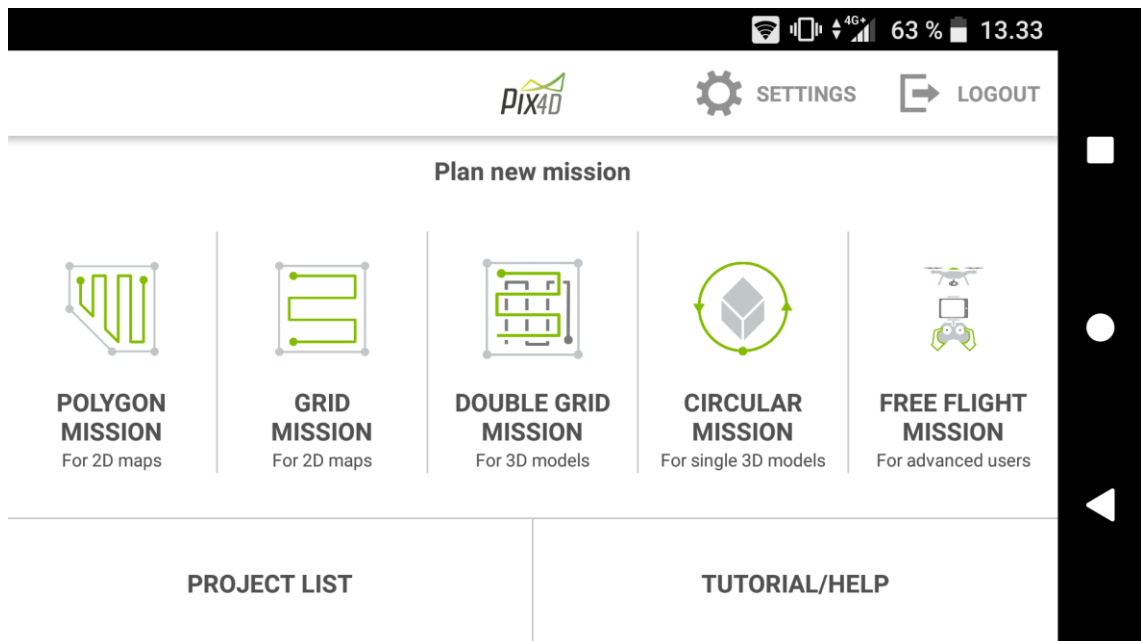
9.2 Lento-ohjelma

Tarjolla on monen eri yrityksen valmistamia sovelluksia, jotka mahdollistavat ilmakuvauksen usein joillain markkinoiden tunnetuimpien valmistajien koneilla (DJI ja Parrot). Nämä mobiilisovellukset ovat hyviä pienimuotoisten kohteiden kartoituksiin. Niillä saa suoritettua kartoituksen hyvinkin lyhyessä ajassa (esimerkki soramonttu, jossa on useita kasoja, teitä ja paljasta kalliota. Kokonaisaika 45 min: 20 min maapisteiden teko, 10 min suunnitelma vienti UAV:hen, 15 min lentosuoritus). Näiden mobiilisovelluksien heikkoutena on usein heikko asetusten muokattavuus. Ilmaisuuksien perustuu kokeilujaksoon, jonka jälkeen pyritään myymään varsinaista sovellusta. Jotkin yritykset eivät tarjoa omalle PC:lle asennettavaa ohjelmaa, vaan työstävät aineistot omilla servereillään.

Lento-ohjelmien vertailuun otin kaksi ohjelmaa, joita olen itse testannut: Pix4D ja DroneDeploy. Markkinoilla on tarjolla muitakin hyviä ohjelmia, joiden ominaisuudet eivät juurikaan näistä kahdesta vertailuun otetuista ohjelmista. Pix4D ja DroneDeployn keskinäisetkään erot eivät ole suuret, mutta joitain asetusten säätöjen eroja löytyy.

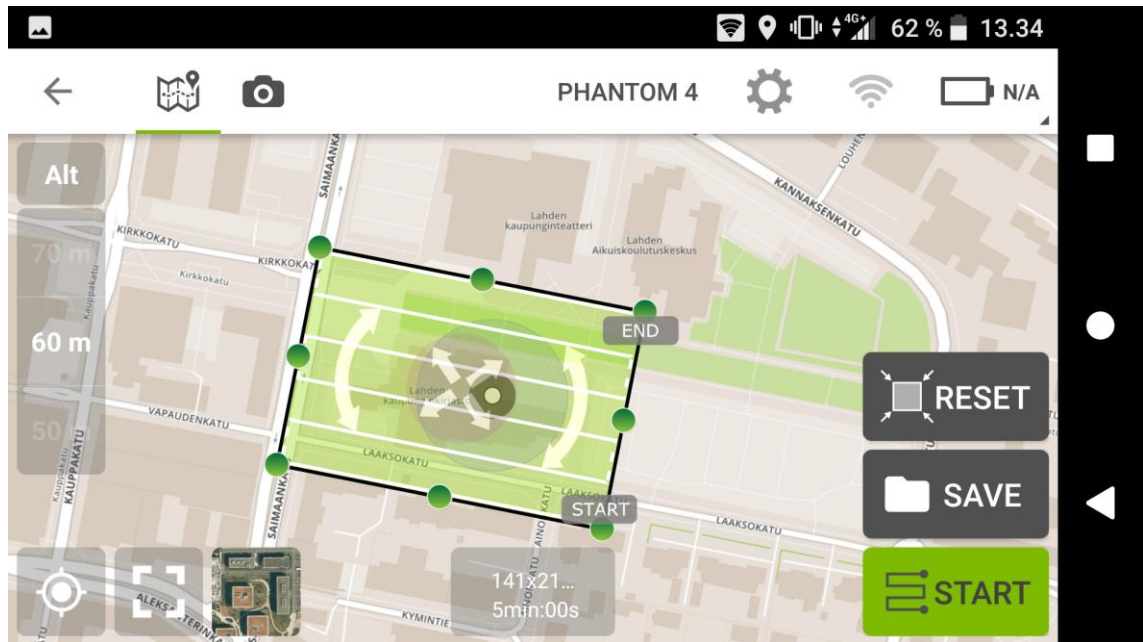
9.2.1 Pix4D

Ohjelmasta löytyy vaihtoehdot 2D- ja 3D-kohteiden kartoitukselle. Pix4D pohjautuu vahvasti pilven hyödyntämiseen (lennon jälkeen kuvat vaihtoehtoisesti pilveen Pix4D serverien työstettäväksi tai omalle työasemalle kopterin muistikortin kautta). Lennon suunnittelunäkymät ovat selkeät ja asetukset löytyvät helposti. Pix4D:ssä lentoprojektityyli valitaan aloitusruudussa (kuva 9) havainnollistavien kuvien kautta tai avataan aiemmin tehty projekti.



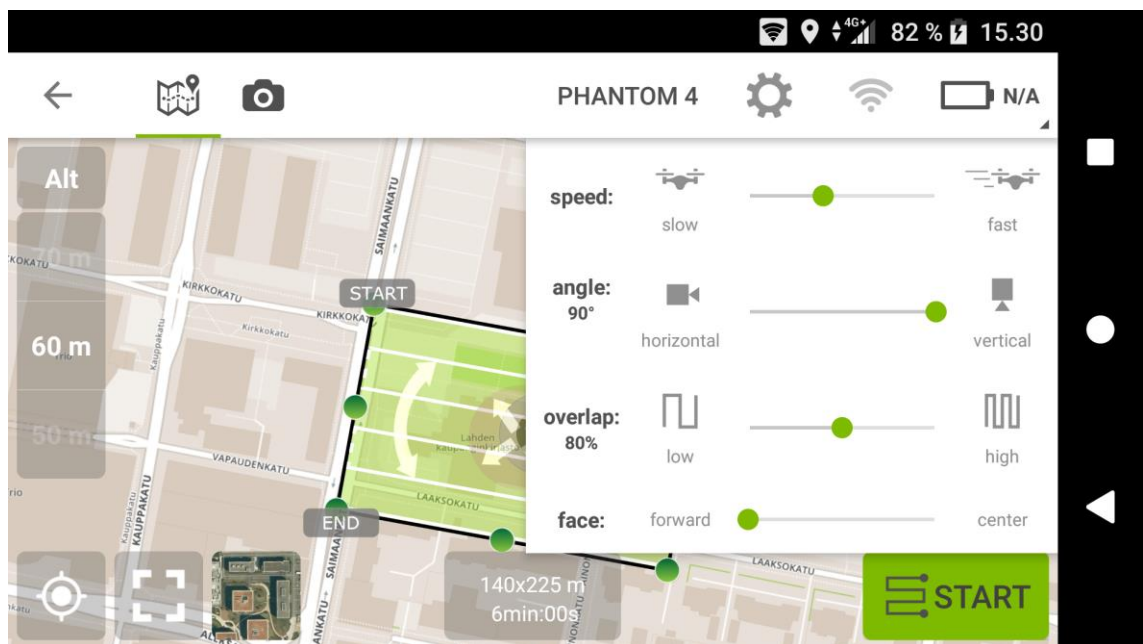
Kuva 10. Pix4D:n aloitusnäky, josta voidaan aloittaa uuden lentosuunnitelman teko tai avata aiempi projekti

Haluttu kuvausalue määritetään vetämällä ja pyörittelemällä lentoalue alueen ympärille (kuva 11). Samalla kun aluetta määritetään, tulee huomioida näkymässä näkyvä koneen lentosuuntaa esittävä viivoitus. Näin tehdään, jotta voidaan huomioida tuulen vaikutus lentoalukseen kuvienottosuunnassa.



Kuva 11. Pix4D:n lentosuunnitelman näkymä.

Huonona puolena asetuksissa ei anneta kaikille arvoille tarkkaa numerollista määrittystä, vaan asetus määritetään liukuasteikolla äärilaidoilta toiselle (kuva 12).

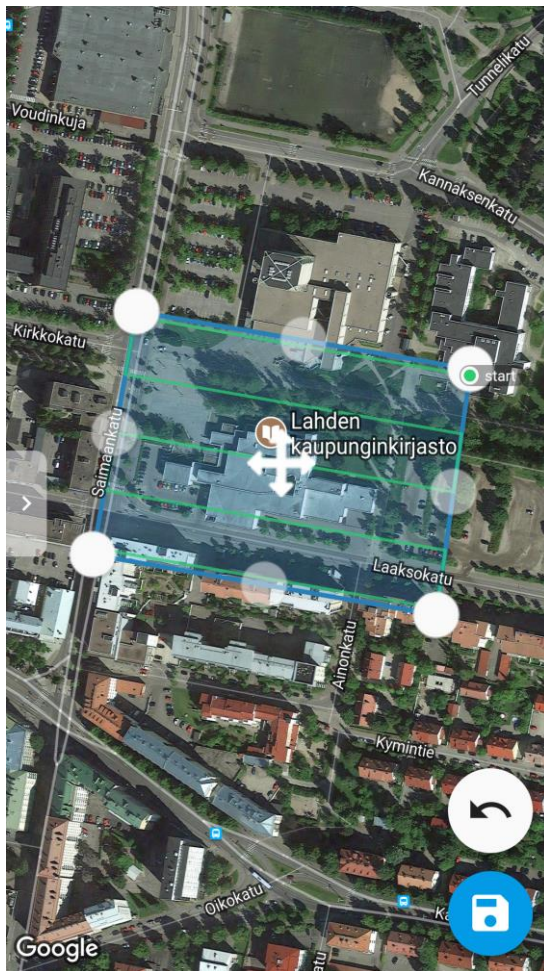


Kuva 12. Pix4D:n lentosuunnitelman näkymä lisäasetukset näkyvillä.

Lentosuunnitelmaa muokataan yksinkertaisilla asetusten säädöillä halutunlaiseksi. Suunnitelman ollessa valmis se voidaan joko tallentaa tai aloittaa lento ottamalla yhteys lennokkiin.

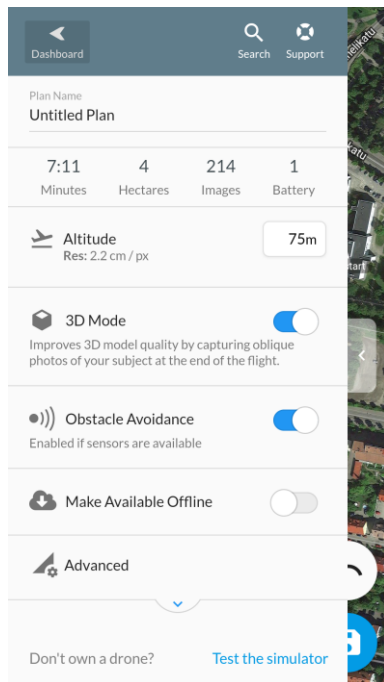
9.2.2 DroneDeploy

Vaihtoehdot 2D- ja 3D-kohteiden kartoituksille eroavat toisistaan poikittain lennettävien lentolinjojen määrässä. Ohjelma pystyy pohjautumaan vahvasti pilven hyödyntämiseen: Lennon jälkeen kuvat voi vaihtoehtoisesti lähettää pilveen DroneDeployn servereiden työstettäväksi tai omalle työasemalle kopterin muistikortilta.



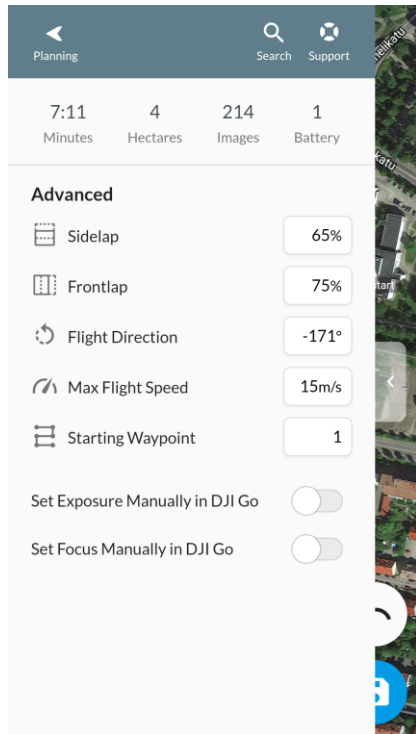
Kuva 13. Dronedeployn lentosuunnitelman näkymä

Dronedeployn lentosuunnitteluvaiheessa (kuva 13) huonona puolena on lentosuunnan asettaminen asetusikkunassa, kun Pix4D:ssä lentosuunnan pystyy asettamaan lentosuunnan samassa ikkunassa, kun rajaa lentoaluetta. Toisena erona Pix4D:hen Dronedeployssa ei voi vaihtaa taustakarttaa, vaan ainoa vaihtoehto on ilmakuva. Tämä on ongelma joissain tilanteissa, jos työskennellään alueella, jossa ei ole saatavilla ennestään hyvää ilmakuvaa.



Kuva 14. Dronedeployn lentosuunnittelun asetukset näkyvillä

Mobiililennonsuunnittelun ohjelmaksi Dronedebloy tarjoaa hyvin mahdollisuuksia asetusten muuttamiselle (kuvat 14 ja 15). Tämä antaa mahdollisuuden asettaa ominaisuuksien numeraalisia arvoja ja kuvauksen aloituspistettä.



Kuva 15. Dronedeployn lentosuunnitelma

9.3 Käsittelyohjelma

Käsittelyohjelmien vertailuun päätyi kaksi ohjelmaa, joita olen käyttänyt: Pix4Dmapper ja Agisoft photoscan Pro.

9.3.1 Agisoft photoscan Pro

Ohjelmaa on kehitetty alun perin yksittäisten esineiden 3D-mallintamiseen valokuvien avulla. Nykyään ohjelmaa käytetään hyödyntämään monipuolisesti 3D-mallintamiseen, asioiden visualisoimiseen ja mittaus- sekä kartoitustarkoituksiin.

Ohjelman ominaisuuksia ovat pistepilvien luonti, jossa pystytään editoimaan ja luokittelemaan pisteet esim. rakennuksiin, kasvillisuuteen ja maaksi. Digitaalisten korkeusmallien luonnin avulla voidaan viedä muihin ohjelmiin tietoja esim. tulvariskien tarkkailua varten. Ohjelmalla voidaan tehdä georeferoituja ortomosaiikkeja, joihin on voitu yhdistää monta erillistä projektia yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi. Lisäksi ohjelmassa on mittaus työkaluja, joilla voidaan mitata etäisyyksiä, alueita ja tilavuuksia. Kuvien tarkkuuksien parantamiseksi ohjelmassa saa osoitettua kuvista maakontrollipisteitä, joiden tarkat sijainnit on selvillä. Näiden kontrollipisteiden avulla ohjelma saa varmistettua sisäisen tarkkuuden.

9.3.2 Pix4Dmapper

Samoin kuin lento-ohjelmissa, maksullisten käsittelyohjelmien erot eivät ole suuret. Pix4D:ssä voidaan, kuten Agisoft photoscan Prossa, tuottaa luokiteltuja pistepilviä, korkeusmalleja, georeferoituja ortomosaiikkeja ja hyödyntää mittaus työkaluja sekä maakontrollipisteitä Pix4Dmapper-ohjelman suurin vahvuus moniin muihin ohjelmiin verrattuna on mittaus tulosten laaturaportoinnin laajuus. Tämä ominaisuus on tärkeä tapa saada tietoa siitä, kuinka hyvin kuvaus on onnistunut ja kuinka luotettava saatu lopputulos on. Raporteissa kerrotaan esimerkiksi, kuinka hyvin vastinpisteitä on löytynyt miltäkin kuvausalueelta tai paljonko pisteiden sijaintitarkkuuden virhemarginaalit ovat.

10 Droonien taloudellisuus

Alle 2 000 €:n hankinta on melkein pä minkä tahansa kokoiselle maanmittausyritykselle pieni investointi, kun tällaista investointia vertaa esimerkiksi ajoneuvoihin tai maanmittauksessa käytettäviin välineisiin, esim. takymetreihin ja GNSS-laitteisiin.

Päivän kuvausesimerkki on seuraavanlainen:

- valmistelut
- lentosuunnitelmat
- pakkaaminen
- kohteeseen meneminen
- kohteessa
- maapisteiden asentaminen / mittaus
- UAV-suoritus (nousukuntoon valmistelu, lentosuunnitelman syöttö, nousu ja kuvaustapahtuma, laskeutuminen, tiedonsiirto)
- kuvien pintapuolinen tarkistus maastossa
- piiloon jäävien tai hankalasti tulkittavien kohteiden mittaus perinteisin keinoin
- datan käsittely
- tilauksesta riippuen vaadittavat toimenpiteet (suurin vaihtelu varattavaan aikaan)
- valmiista kuvausdatasta kohteiden digitointi tai volyymien laskenta.

Kuvaukseen kuluva aika

Usein hyvin matalalla (n. 50 m) lennetyinä kuvausnopeus on alle 10 ha / 30 min* Pix4D doublegrid. Korkeampi lentokorkeus mahdollistaa suuremman tehokkuuden tarkkuuden hinnalla.

11 Kustannuslaskelmat

Kustannuslaskennassa otin selvää testaamieni dronien ja ohjelmistojen hinnoittelua. Selvitin hintoja valmistajien omista verkkokaupoista sekä jälleenmyyjien verkkokaupoista.

Laitehankinta:

- DJI Phantom 4 tai Pro + ja lisäksi lisäakkuja, latausteline ym. mahdollisia lisätarvikkeita noin 1 700–2 000 €

- GeoDrone X4L:n hinta riippuu kopteriin asennettavasta kamerasta, mutta hinta lähtee noin 20 000 €:sta ylöspäin haluttujen varusteiden mukaan.

Ohjelmistohankinta:

- Pix4D
 - 260 €/kk
 - 2600 €/v
 - 6500 € pysyvä lisenssi
- DroneDeploy
 - Pro-lisenssi 83 \$/kk
 - Business 249 \$/kk
- Agisoft PhotoScan Professional Edition
 - 3 499 \$ pysyvä lisenssi

12 Päätelmät

Suosittelen yritykselle DJI Phantom -sarjan droonien hankintaa esim. Phantom 4 Pro, ja ohjelmaksi Pix4D:tä.

Näiden kahden yhdistelmällä on edullista päästä harjoittamaan UA-toimintaa. Phantom-sarjan koneet on helppoa kouluttaa henkilökunnalle, eikä niiden hankinta tule yritykselle kalliiksi. Niiden pieni koko vähentää niiden aiheuttamia turvallisuusriskejä lennettäessä asuinalueiden yllä tai liikenteen yläpuolella.

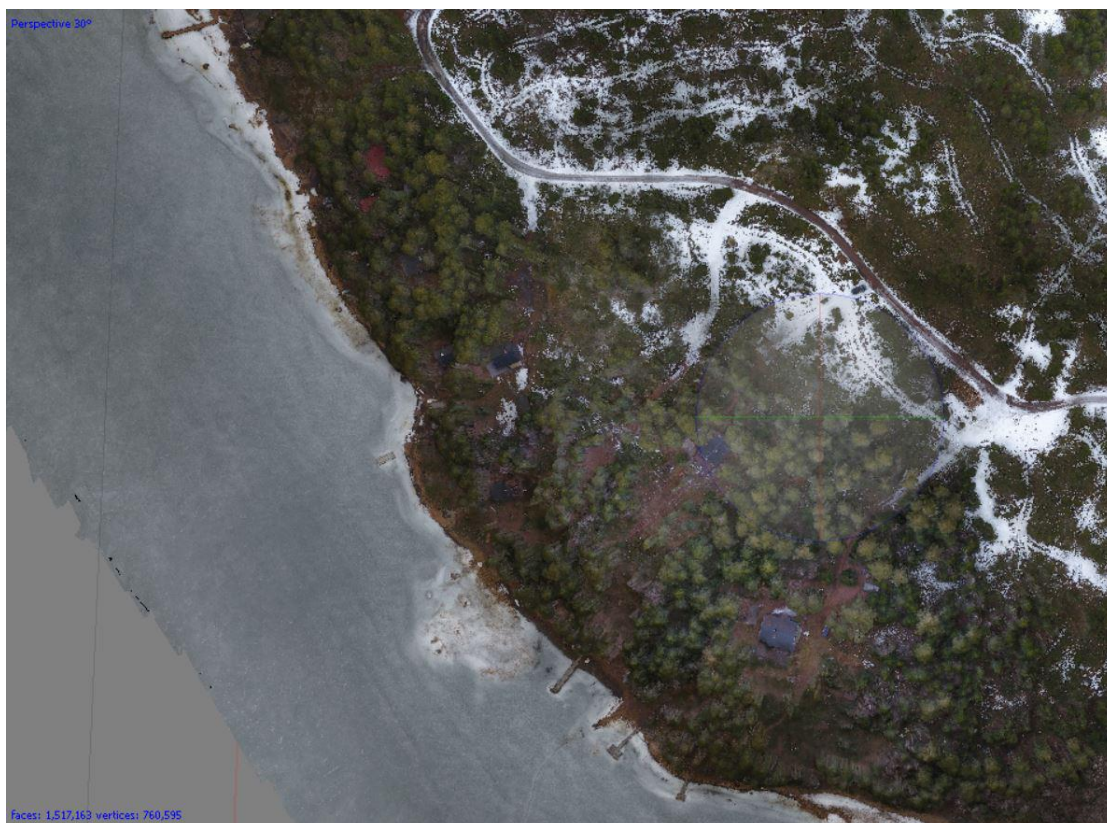
Pix4D-ohjelma tarjoaa hyvän lento-ohjelmiston ja jälkikäsitteilyvaihtoehdon. Lentosuunnitteluohjelma on ilmainen käyttää, joten se ei aiheuta kustannuksia, vaikka koptereita olisi useampia. Kuvienkäsitteilyohjelmille on mahdollista hankkia kuukausimaksua vastaan lisenssioikeuta niille kuukausille, jolloin kuvien käsitteilylle on tarvetta, joten talvikuukausilta ei tulisi maksettua hyödynnettömästä ohjelmasta.

Parhaat käyttökohteet kalustolle yrityksen käytössä olisivat kiviaineslaskennassa ja pohjakarttatuotannossa. Käyttökohteet ovat entuudestaan hyvin yleisiä työtehtäviä yritykselle. Uudella kalustolla saataisiin lisättyä tehokkuutta vanhoihin työtapoihin.

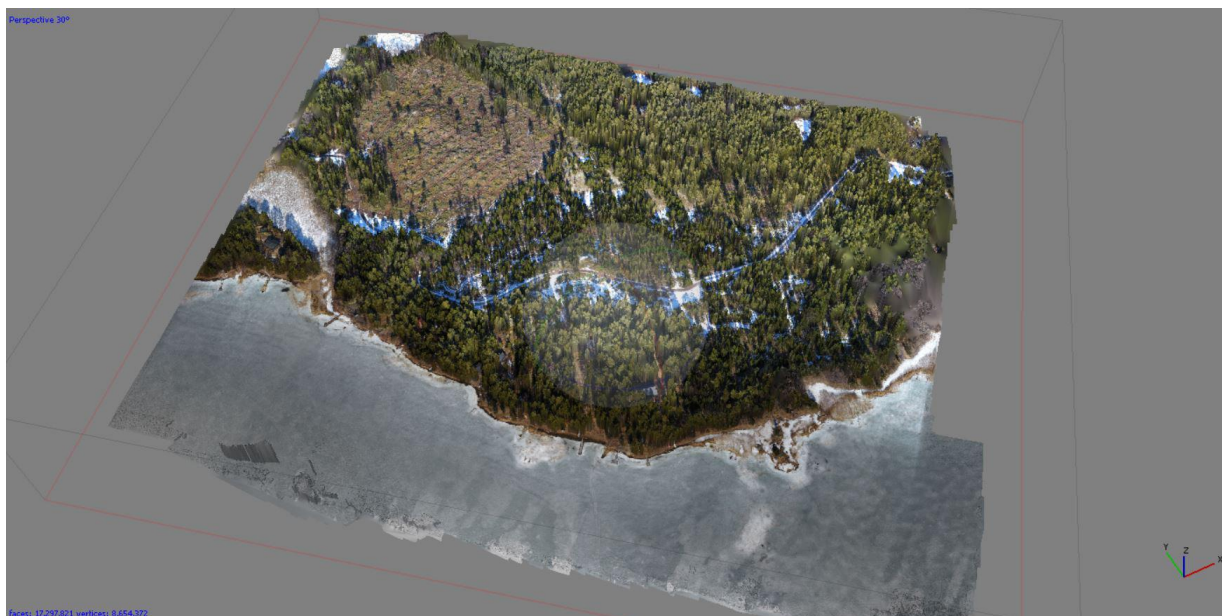
Lähteet

- 1 Haggrén Henrik. 2011. 200 Vuotta fotogrammetrian ja kaukokartoituksen historiaa. The Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 22, No. 3, s.9. 2011.
- 2 Laurila Pasi. 2008. Kaukokartoituksen perusteet – oppimateriaali. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- 3 Timeline of dji drones. Verkkoaineisto. DRDrone.ca
<https://www.drdrone.ca/blogs/drone-news-drone-help-blog/timeline-of-dji-drones>, Luettu 29.09.2018
- 4 Neliroottorinen kuvaamiseen tarkoitettu drooni. Verkkoaineisto Pixabay.com
<https://pixabay.com/fi/drone-multicopter-dji-inspire-1080844/>, Luettu 20.10.2017
- 5 Henrik Haggrén. 2006. Fotogrammetrinen kartoitus. Kartoitusprosessi. Verkkoaineisto. Aalto-yliopisto. <https://foto.aalto.fi/opetus/220/luennot/1/1.html>, Luettu 20.10.2017
- 6 Trafi määräys, TRAFI/TRAFI/ 90924/03.04.00.00/2016

Kustavin ortomosaiikki



Kuva a. Kustavin pilvisellä säällä ortomosaiikki



Kuva b. Kustavin aurinkoisella säällä ortomosaiikki