

INVENTOINTIA ILMASTA

Metsänhoitotöiden tarkastus kauko-ohjattavalla kuvauslaitteella



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Evo, kevät 2016

Aapo Palonen

EVO
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri

Tekijä Aapo Palonen **Vuosi** 2016
Työn nimi **Inventointia ilmasta**

TIIVISTELMÄ

Tutkimus tehtiin lähtien metsäpalveluyrityksen tarpeista. Taimikonhoitotöiden tarkastus työn jälkeen on usein hankalaa ja aikaa vievää, sillä raivattu taimikko on vaikeakulkuista ja näkyvyys nuorena metsässä on heikko raivauksen jälkeenkin. Käytettäessä ulkomaista työvoimaa hoitotöissä on tärkeää tarkastaa tehty työn jälki välittömästi työn valmistuttua, jotta mahdolliset korjaukset pystytään tekemään ennen työporukan lähtöä paikkakunnalta tai jopa maasta.

Työn tavoitteena oli selvittää UAV-laitteen (miehittämätön ilma-alus) soveltuvuutta taimikonhoitotöiden tarkastukseen ja löytää sopiva kalusto ja malli tarkastuksen tekoon. Tutkimuksessa selvitettiin myös lainsäädännön ja Trafín ohjeiden vaikutukset UAV-laitteen käyttöön.

Kauko-ohjattavia ilmakuvauslaitteita on tullut viime vuosina runsaasti markkinoille. Näistä on löydettävä metsäammattilaisen käyttöön sopiva menetelmä ja kalusto. Saatavilla olevaan kalustoon perehdyttiin sekä kotimaisten että ulkomaisten UAV-sivustojen kautta sekä tutustamalla maahantuojaan mallistoihin. Laitteen valinnassa painotettiin helppokäyttöisyyttä ja kuvan laatua. Laitteeksi valittiin Yuneec Typhoon Q500+ -kopteri, jossa on kamerana CGO2+ ja 3D-kimbaali. Kameralla voi kuvata Full HD -videota ja 16 megapikselin valokuvia.

Tutkimuksessa nelikopterilla kuvattiin toteutettuja taimikonhoitotyömaita eri lentokorkeuksilla ja kameran kuvauskulmilla, jotta löydettiin soveltuvin menetelmä kuhunkin työhön. Objektiviin kuvakulmaa ei pystynyt säätämään.

Sopivaksi kuvauskorkeudeksi valittiin 30 metriä. Tällöin kuvien tarkkuus ja kuvausala ovat riittävät eikä ole vaaraa törmätä jättöpuihin. Tarkoitukseen paras kuvauskulma oli kohtisuoraan maanpintaan nähden. Kuvien tulkinnan kannalta valokuvat todettiin paremmiksi kuin videokuva.

Kuvista tutkittiin myös niiden käyttökelpoisuutta taimikonhoitotyön jälkeen tehtävään jäävän puuston määrän mittaukseen. Menetelmän todettiin olevan riittävän tarkka yli 3 vuotiaissa taimikoissa. Sitä nuoremmissa oli havainnointi vaikeaa.

Laite todettiin käyttökelpoiseksi, nopeaksi ja helpoksi apuvälineeksi moniin metsäammattilaisen työtehtäviin. Taimikoiden tarkastuksen lisäksi etenkin metsätuhojen tarkastukseen se on erinomainen.

Avainsanat metsäpalvelut, tarkastus, ilmakehuvaus, nelikopteri, drone

Sivut 18 s. + liitteet 1 s.

Evo
Degree Programme in Forestry

Author Aapo Palonen **Year** 2016
Subject of Bachelor's thesis Inventory from the Air

ABSTRACT

The thesis was done based on my company's needs. Checking the results of tending of a seedling stand is often difficult and time-consuming, because a recently cleared seedling stand is hard to walk in and the visibility in the young stand is bad even after the tending. When using foreign workforce, it is important to inspect the results and quality of work done so that possible corrections can be carried out accordingly before the group in question has left the town, or in an extreme case, the country.

The goal of this thesis is to find out if an UAV (unmanned aerial vehicle) is suitable for checking the results of tending a seedling stand and also to find the equipment best suited for the job. The thesis also studies the policies and the effects of Trafi's statements concerning the use of a UAV.

Remote controlled aerial photography devices have become more common in the last few years. I got acquainted with these kind of devices, domestic and foreign, and aspired to find the best equipment and method for this task. When choosing the device that is best suitable for the intended use I emphasized the ease of use and quality of image taken. I ended up choosing Yuneec Typhoon Q500+ to be the device used in the study. It has a CGO2+ camera and a 3D-kimbal. The CGO2+ camera can film in full HD and take 16 megapixel photos.

In the study the quadcopter was used to film young seedling stands that had been tended, in different altitudes and with different camera angles, to find out the optimal procedure for each task. The angle of the objective could not be adjusted.

The flight altitude and the altitude in which the photographs were taken was chosen to be 30 metres. In this altitude the quality and the covered area of taken pictures were sufficient, and there was no danger of colliding with the remaining trees. The best angle of filming and taking pictures was perpendicularly to the ground. Pictures were found out to be better than a video when it comes to ease examining the material.

The material was also used to examine using the taken pictures to count the number of remaining saplings. The method was found to be accurate enough in a forest over 3 years old. In forests younger than that observation was difficult.

The equipment was found to be a usable, fast and easy accessory for multiple tasks in forestry professionals' everyday work. In addition to checking the quality of tending of seedling stands, it was found to be a great help in checking forest damage.

Keywords Forestry services, inspection, aerial photography, quadcopter, drone

Pages 18 p. + appendices 1 p.

KÄSITTEET

UAV: Unmanned Aerial Vehicle, miehittämätön lentävä laite

Nelikopteri, quadrokoopteri, drone: nelimoottorinen sähkökäyttöinen UAV

RC-kopteri: kopterimallinen UAV

Kimbaali: kameran vakain

1 jalka = 0,3048 metriä

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	7
2 LAITTEET.....	7
2.1 Vaihtoehdot.....	8
2.2 Valinta.....	9
3 KÄYTTÖ.....	9
4 TUTKIMUS.....	11
4.1 Kuvaustapa.....	11
4.2 Kuvauskulma.....	11
4.3 Kuvauskorkeus.....	12
4.4 Lentosäde.....	12
4.5 Olosuhteet.....	13
4.6 Kuvien käyttökelpoisuus.....	13
4.7 Runkoluvun määrittäminen.....	14
4.8 Muut käyttökohteet metsätaloudessa.....	15
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	17

Liite 1 Tutkimuspöytäkirja

Liite 2 Video

1 JOHDANTO

Metsäasiantuntijan työpäivät useimmiten koostuvat monenlaisista toisistaan poikkeavista tehtävistä. Samana päivänä joudutaan käymään neuvotteluja uusista toimeksiannoista, tekemään toimistotöitä ja suorittamaan maastokäyntejä usein hankalissakin olosuhteissa. Kaikkein vaativimpia maastokäyntejä ovat taimikonhoitotyömaiden tarkastukset, niiden vaikeakulkuisuuden ja heikon näkyvyyden takia. Ilmasta käsin tarkastellen näkyvyys on paljon parempi ja ennen kaikkea työ on paljon helpompaa. Tällöin tulee työmaa paremmin tarkastetuksi ja ajan säästö on merkittävä.

Viime vuosina ovat ilmakuvaukseen käytettävät kauko-ohjattavat UAV-laitteet yleistyneet nopeasti ja niiden ominaisuudet ovat kehittyneet.

Tässä tutkimuksessa selvitetään kauko-ohjattavan ilmakuvauksopterin soveltumista taimikonhoitotyön tarkastukseen. Tutkimuksessa selvitetään erilaisia markkinoilla olevia jokamiesluokan kuvausnelikoptereita ja niistä valitulla laitteella tehdään maastokokeita sopivan toimintamallin kehittämiseksi. Samalla arvioidaan menetelmän helppoutta ja soveltuvuutta arkipäiväiseen käyttöön.

Tutkimuksessa ei suoriteta työntuottavuusvertailuja.

2 LAITTEET

Tutkimus aloitettiin perehtymällä kauko-ohjattavia lentolaitteita koskeviin viranomaismääräyksiin. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi antoi 9.10.2015 uudet määräykset (OPS M1-32), mutta niiden pääpiirteet olivat jo keväällä 2015 tutkimusta aloittaessa selvillä. Miehittämätöntä ilmailua koskevat viranomaisten säädökset löytyvät Trafín sivuston kautta (Trafi, OPS M1-32 9.10.2015).

Tutkimuksessa perehdyttiin eri tyyppisiin ilmakuvaukseen soveltuviin kauko-ohjattaviin lentolaitteisiin.

Kaksi päätyyppiä ovat erilaiset helikopterit ja kiinteäsiipiset lennokit. Lennokkien etuna on nopeus ja pitkä lentoaika. Ne kuitenkin vaativat enemmän tilaa lentoon lähtiessään ja varsinkin laskeutuessaan kuin kopterit. Lennokilla lentäminen vaatii myös paljon enemmän harjoitusta kuin nykyaikaiset nelikopterit. Ilmakuvauslennokkeja ei myöskään ole saatavilla valmiina. Itä-Suomen yliopiston Mekrijärven tutkimusasemalla on tutkittu lennokkien käyttöä metsäkuvaukseen (Hassinen 2013).

Metsänhoitotöiden apuvälineeksi soveltuvat ainoastaan sähkökäyttöiset laitteet. Polttomoottorilaitteet ovat liian monimutkaisia käyttää ja säätää. Ne ovat myös rakenteeltaan monimutkaisia, jolloin niiden käyttö vaatii pitkää perehtymistä ja harjoittelua.

Inventointia ilmasta

Saatavilla olevaan kalustoon perehdyin sekä kotimaisten että ulkomaisten UAV-sivustojen kautta sekä tutustumalla maahantuojien mallistoihin. Laitteen valinnassa painotin helppokäyttöisyyttä ja kuvan laatua. Haastattelin myös ison suomalaisen kauko-ohjattavia laitteita myyvän liikkeen kauppiasta ja yhtä maahantuojan edustajaa.

2.1 Vaihtoehdot

Koko kuvauslaitteiston hintaluokaksi asetettiin n. 1 000 €, jolla saadaan kopteri akkuineen ja lähettiminen sekä kamera ja kimbaali.

Vartenotettavia vaihtoehtoja löytyi kolme. Kaikkein tunnetuin on Dji Phantom (kuva 1), josta on useita mallivaihtoehtoja. Kamerana on joko Dji:n oma 12 megapikselin kamera tai GoPro. Lähettimessä ei ole näyttöä. (Dji n.d.)



Kuva 1. Dji Phantom

Walkera Scout X4 (kuva 2) on edelläolevaa hieman isompi ja kehittyneempi ominaisuuksiltaan. Walkeralla on mm. mahdollista suunnitella etukäteen lennettävä reitti ja kuvauskohdat iPhoneella tai iPadilla. Lähettimen näytöstä voi seurata kameran kuvaa. Kamerana käytetään joko 12 megapikselin iLook+ tai GoPro-malleja (Walkera n.d.)



Kuva 2. Walkera Scout X4

Yuneec Typhoon Q500+ (kuva 3) kopterissa on kamerana 16 megapikselin CGO2+. Kameran kuvakulma on 115°. Sen saa myös GoPro-kameralla. Myös Yuneecin lähettimen näytöstä voi seurata kameran kuvaa. (Yuneec n.d.)

2.2 Valinta

Valintaa tehdessä tärkein ominaisuus oli laitteen helppo käyttöönotto ja helppokäyttöisyys. Myös kameran ominaisuuksilla oli valintaa tehdessä merkitystä. Tutkimukseen valittiin Yuneec Typhoon Q500+ -kopteri CGO2+ -kameralla. (kuva 3). Sen todettiin olevan helppokäyttöisin ja sen ominaisuudet riittävät hyvin tutkittuun käyttötarkoitukseen.

Yuneec Typhoon Q500+ myydään käyttövalmiina alumiinisalkussa ja kahdella akulla. Laitteen verollinen hinta syksyllä 2015 oli n. 1 200 €, mutta tällä hetkellä, talvella 2016, sitä myydään tarjouksessa n. 800 €.



Kuva 3. Yuneec Typhoon Q500+

Lähettimen akun latauksen sekä lentoakun latauksen ja paikalleen asettamisen jälkeen kopteriin kiinnitetään potkurit ja muistikortti kameraan. Kopterille on hyvät käyttöohjeet ja opetusvideot, joiden avulla lennättämisen alkeet oppii nopeasti.

Yuneec Typhoonin saa Full HD videota kuvaavan mallin lisäksi 4K-mallina, mutta sen hyödyt ovat ainoastaan videokuvan laadussa.

Lentoaika yhdellä latauksella on 20 - 25 minuuttia.

Jo tunnin lentoharjoittelulla laitteen oppii hallitsemaan riittävästi työkuvauksia ajatellen. Työmaalle tullessa on kopteri valmis lentoon alle viidessä minuutissa. Se kulkee mukavasti mukana alumiinisalkussa, jossa on omat paikat koko laitteistolle.

3 KÄYTTÖ

Trafin ohjeet määräävät suurimmaksi sallituksi lentokorkeudeksi 150 metriä maan tai veden pinnasta. Laitteen lennättämisen on oltava suoraan näköyhteyteen perustuvaa ja sen on oltava koko ajan ohjattavissa.

Suunniteltaessa kuvausta valitaan kartasta lentoonlähtökohdat siten, että koko alue saadaan mahdollisimman tehokkaasti kuvatuksi. Työmaalle saavuttaessa asetetaan kopteriin akku ja kameraan muistikortti. Sen jälkeen laitetaan kopteriin potkurit. Kopteriin ja lähettimeen laitetaan virrat päälle, jonka jälkeen odotetaan GPS-, RC- ja WiFi-yhteyksien muodostumista. RC-yhteydellä ohjataan kopteria ja kameraa. WiFi-yhteydellä siirtyy videokuva kamerasta lähettimeen. GPS pitää kopterin sijainnin paikallaan suhteessa lähettimeen. Yhteyden muodostuttua käynnistetään lähettimestä kopterin moottorit.

Lähettimestä voi seurata lentoaikaa, -korkeutta ja -nopeutta. Lentokorkeus näytetään normaalin ilmailukäytännön mukaan jalkoina. Tästä syystä tutkimuksessa on korkeudet ilmoitettu jalkamittoina. Myös akun varaustila näkyy näytöllä, joka näyttää koko ajan kameras kuvamaa kuvaa. Lähetin varoittaa tärinällä, kun kopterin akun varaustila laskee alhaiseksi.

Lennättämiseen on kolme moodia. Perusmoodilla kopteri menee sauvaan työntäessä nokan suuntaan ja vasemmalle kääntäessä vasemmalle. Smartmoodilla kopteri liikkuu aina suhteessa lähettimeen, riippumatta sen asennosta ilmassa. Home-asennossa kopteri laskeutuu 4 - 8 metrin päähän lähettimestä.

Lähettimestä voi säätää lennon aikana laitteen liikenopeutta ja herkkyyttä ohjausliikkeisiin. Alussa voi aloittaa hitaammalla nopeudella ja lisätä vauhtia kokemuksen ja olosuhteiden salliessa.

Tehtaalla kopterille on asetettu rajoitukset lentoetäisyyksille. Vakiona se ei lennä 90 metriä etämmälle. Lentoetäisyyttä ja -korkeutta voidaan muuttaa pc-yhteydellä. Maksimi lentoetäisyys tällä kokoonpanolla on n. 600 metriä. Sillä etäisyydellä on Trafirin vaatimus jatkuvasta näköyhteydestä normaaliolosuhteissa vaikeaa säilyttää.

Kameraa ohjataan lähettimestä. Kuvauskulmaa voi säätää portaattomasti kohtisuorasta vaakasuoraan. Kameran laukaisin ja videokuvauksen käynnistys ja pysäytys toimii lähettimessä.

Lennätyspaikaksi kannattaa valita avoin paikka, jonka läheisyydessä ei ole korkeita puita, jolloin voidaan tarvittaessa palata lennolta HOME-toimintoa käyttäen. Tällöin kopteri tulee 10 metrin korkeudelle lennättäjän lähelle ja laskeutuu 4 - 8 metrin päähän lähettimestä. HOME-toiminto on tarpeen, jos lennättäjä menettää näköyhteyden kopteriin tai käsityksen lentosuunnasta. Akkujen hiipuessa HOME-mode on nopein keino saada laite takaisin. Lennätyspaikan olisi hyvä olla sellainen, että siitä näkyy maan pinta koko kuvattavalla alueella, jolloin pystytään pitämään lentokorkeus oikeana (katso Kuvauskorkeus s.12).

Lennätystä helpottaa, jos lähetin ei ole suorassa auringon valossa. Mikäli auringon valo tulee lähettimen kuvaruudulle, on näytön seuraaminen vaikeaa. Näyttöön saa kyllä auringonsuojan, joka hieman helpottaa tilannetta.

Kopteri lentää yhdellä täyteen ladatulla akulla 20 - 25 minuuttia. Akun tyhjennyttyä voidaan laitteeseen vaihtaa uusi akku ja jatkaa lentämistä. Kopterin mukana tulee laturi, jolla akkuja voidaan ladata verkkovirran lisäksi auton 12 V:n virtapistokkeesta.

4 TUTKIMUS

Tutkimusta aloitettaessa määriteltiin tutkittavat asiat:

- video/valokuva
- kuvauskulma
- korkeus
- käyttökelpoinen lentosäde
- olosuhteet
 - aurinkoaurinko
 - lumi
 - tuuli
 - sade
- kuvien käyttökelpoisuus
- runkoluvun määrittäminen
- muut käyttökohteet

Ennen jokaista tutkimuslentoa tehtiin suunnitelma tutkittavista määreistä. Tutkimuskuvauksista pidettiin pöytäkirjaa (liite 1). Lentoja tehtiin kahdeksana päivänä syksyn 2015 aikana. Kohteiksi valittiin eri tyyppisiä kohteita puuston ja käsittelyn osalta. Kuvauksia tehtiin myös samoissa paikoissa erilaisissa olosuhteissa. Näin etsittiin sopivia käyttökohteita ja olosuhteita.

4.1 Kuvaustapa

Kuvaustapaa valittaessa huomioitiin materiaalin käyttökelpoisuus sellaisenaan ja työstettynä sekä toistettavuus.

Ensimmäisten koekuvausten perusteella valokuvat todettiin kaikilta ominaisuuksiltaan paremmiksi tutkittavaan tarkoitukseen. Niiden erottelutarkkuus, luettavuus ja jatkojalostaminen on selvästi parempi. Videoiden tiedostokoko on myös erittäin suuri, mikä haittaa niiden siirtoa ja käsiteltävyyttä.

4.2 Kuvauskulma

Kuvauskulmana kokeiltiin kohtisuorasta n. 45° kulmaan maanpintaan nähden. Mikäli tarkoituksena on ainoastaan silmämääräisesti tarkastella työn jälkeä, saa etuviistoon kuvaamalla riittävän käsityksen työn jäljestä. Jos kuvilta halutaan mitata jäävän puuston määrää, on kohtisuora kuvakulma välttämätön. Etäisyys kamerasta maan pintaan on mahdollista vakioida kohtisuoraan otetussa kuvassa ilman etäisyysmittaria.

Viistokuvasta on kuitenkin helpompi havaita lehtipuut lehdettömään aikaan. Sen etuna on myös kertakuvalla saavutettava moninkertainen pinta-ala. Viistokuvaa kannattaa käyttää kartoitettaessa metsätuhoja. Tällöin saadaan kuvatuksi nopeammin suuriakin aloja. Vioittuneet ja sairaat puut on helpompi havaita viistokuvasta kuin kohtisuoraan ylhäältä otetusta kuvasta. Yleensä alueesta kannattaa ottaa muutamia viistokuvia eri suuntiin ja kohtisuoria kuvia karkeampaa tarkastelua ja mittauksia varten. Kuvaaminen on niin nopeaa, että molemmat kannattaa tehdä.

4.3 Kuvauskorkeus

Kuvauskorkeuksia kokeiltiin 50 - 200 ft (15 - 60 m) välillä. Kuvauskorkeutta valitessa on otettava huomioon kuvien käyttötarkoitus. Jos kuvauksella on tarkoitus ainoastaan tehdä yleissilmäys tarkastettavalle alueelle on 165 ft (50 m) sopiva korkeus. Mikäli käytetään viistokuvaa tai halutaan esimerkiksi mitata jäävän puuston määrää kuvilta on 100 ft (30 m) sopiva lentokorkeus. Tällöin kuvat ovat riittävän tarkkoja yksittäisten taimien havainnointiin, eikä ole vaarana törmätä säästöpuihin. Alle kolmevuotiaissa taimikoissa taimien havaittavuus on tälläkin korkeudella heikko. Syynä on taimien pieni koko ja heinät. Viistokuvalla korkeammalta kuvatessa tulee kuvista jo turhan yleisluontoisia.

Kopterin lentokorkeus näkyy lähettimen näytöltä suhteessa lähettimeen. Kopterissa on GPS-laitteisto, joka määrittää sen sijainnin ja pitää sen tarvittaessa paikoillaan ilmassa. Mikäli maaston korkeus vaihtelee, lennättäjän tulee olla sellaisessa paikassa, että maan pinnan näkee koko alueelle. Lennättäjän pitää vaihtaa lentokorkeutta maaston pinnan mukaan. Tässä on käytettävä apuna maastokartan korkeuskäyriä. Suurin merkitys tarkalla lentokorkeudella on, jos kuvilta mitataan jäävän puuston määrää. Kahden metrin muutos korkeudessa aiheuttaa 6,6 % eron mittaukseen.

4.4 Lentosäde

Normaaleissa valaistusolosuhteissa kokeilujen mukaan käyttökelpoiseksi maksimikuvausetäisyydeksi todettiin 250 metriä. Kuvausetäisyyttä testattiin lisäämällä vähitellen lentosädettä. Tällöin kopteria on vielä helppo seurata paljaalla silmällä. Etäisyyden kasvaessa on kuitenkin vaikeampaa havaita muiden kohteiden etäisyyttä lennättäjästä suhteessa kopteriin. Tällöin törmäämisriski kohteisiin kasvaa, mikäli lentokorkeus ei ole riittävä. Kopterin perusasetuksiin kannattaa asettaa maksimietäisyydeksi 250 metriä. Hyvissä olosuhteissa ja nuorilla silmillä voi lentosädettä kokeilla kasvattaa, mutta silloin kasvavat myös muut riskit, kuten akun virran loppuminen tai häiriön takia pudonneen kopterin häviäminen. 250 metrin asetuksella yhteyden menettäminen lähettimen ja kopterin välillä ei ole vaarana. Normaalisti kameran wi-fi-yhteys katkeaa ennen kuin lähettimen ohjaussignaali. Wi-fi-yhteyden katketessa on lennättäjä suoran katsekontaktin varassa. Tällöin kopterin saamista takaisin turvallisesti helpottaa lähettimen HOME-toiminto.

250 metrin kuvaussäteellä pystytään yhdestä pisteestä kohtisuoraan kuvaamaan yli 20 hehtaarin alalla. Lennättäjä voi kuitenkin siirtyä paikasta toiseen lennon aikana, jolloin pystytään kuvaamaan laajempikin alue.

4.5 Olosuhteet

Kuvausta kokeiltiin erilaisissa valaistusolosuhteissa. Pilvisellä säällä taimien erottaminen vaatii tarkkuutta. Etenkin lehdettömät lehtipuut on vaikea erottaa kohtisuoraan ylhäältä kuvattaessa. Auringonvalon tullessa viistosti helpottavat puiden varjot niiden havaittavuutta. Alle viisivuotiaille taimikoilla helppolukuisimmat kuvat saatiin ilta-auringossa. Vanhemmissa taimikoissa valon suunnalla ja laadulla ei ollut niin suurta vaikutusta.

Vasta satanut ensilumi ei estä kuvausta, jos käyttää kohtisuoraa kuvausta. Viistokuvattaessa laajempia alueita on kuvien tulkinta vaikeaa. Kuvauskokeiden perusteella voi olettaa, että keväällä, taimien puhdistuttua lumesta on ihanteellista kuvata ilmasta.

Tuulen vaikutus itse kuvaamiseen on pieni. Kopterin kimbaali pitää kameran vakaana ja kuvan siten terävänä myös videokuvauksessa. Kovan tuulen (yli 5 m/s) vaikutus kuvaamiseen on lähinnä lentotekninen (liite 2). Etenkin laskeutuminen on vaikeaa. Yleensä nousu ja laskeutuminen tapahtuu metsätieltä. Kovalla tuulella laskeutuessa tuulen puuska saattaa kaataa kopterin tai suistaa sen reunaheinikkoon. Voimakkaalla tuulella lentoaika jää lyhyemmäksi. Kun tehon tarve lisääntyy, laskee akkujen jännite nopeammin.

Mikäli GPS-signaali on heikko (niukasti satelliitteja käytettävissä) vaihtelee sijainnin tarkkuus kopterillakin. Tällöin HOME-moodin käyttö laskeutumiseen varsinkin ahtaassa paikassa saattaa suistaa kopterin laskeutumisalueelta sivuun, jolloin kopteri saattaa vaurioitua. GPS-signaalin ollessa heikko kannattaa ainakin laskeutumisen loppuvaihe tehdä manuaalisesti.

Tutkimuksessa käytetyn kaltaisen, edullisen hintaluokan kopterin käyttö ei onnistu vesi- tai lumisateessa. Niitä ei ole riittävästi suojattu vedeltä.

4.6 Kuvien käyttökelpoisuus

Kuvausta suunniteltaessa on tiedettävä kuvien käyttötarkoitus, sillä se vaikuttaa kuvauskorkeuteen, kuvauskulmaan ja kuvien määrään.

Mikäli tarkastettava alue on pienehkö (<3 ha), voidaan ensin ottaa alueesta muutama yleiskuva 150 jalasta viistosti ja sen jälkeen pudottaa 100 jalan korkeuteen ja ottaa kohtisuoria kuvia eri puolilta aluetta. Vaikka tarkemmille kuville ei heti olisikaan käyttöä, saattaa niistä myöhemmin olla hyötyä.

Isot alueet kannattaa etukäteen kartalla jakaa kuvauslohkoihin. Aluksi lohkot kannattaa kiertää kuvaten ja sen jälkeen kuvata kaistoittain sisään jäänyt alue.

Yuneecin CGO2+-kameralla otettujen valokuvien laatu on riittävä taimikonhoitotyön jäljen tarkastukseen. Raakakuvana 16 megapikselin kuvat ovat 4 - 5 Mt:n kokoisia jpg-tiedostoja. Kameran pidempi polttoväli,

Inventointia ilmasta

jolloin kuvakulma olisi pienempi, olisi eduksi, jos kuvilta lasketaan jäävän puuston määrää. Jatkotyöstettäessä kuvia kannattaa kuvaa rajata, jolloin tiedoston kokokin pienenee. Kuvien reuna-alueilla terävyys on heikko, mutta keskialue on riittävän tarkka tähän käyttötarkoitukseen.

Kuvien työstämiseen käytettiin GIMP 2.8 -ohjelmaa, joka on ilmaiseksi ladattavissa. Ohjelmalla voidaan mm. rajata kuvia sekä muokata kuvien ominaisuuksia.

Kuvien käyttökelpoisuutta lisäisi huomattavasti, jos kameran korkeus maanpinnasta tai kuvauskohteesta pystyttäisiin mittaamaan tarkasti. Tällä hetkellä ei mittaukseen ole saatavilla riittävän kevyttä ja edullista laitetta.

4.7 Runkoluvun määrittäminen

Runkoluvun määrittämiseen taimikonhoidon jälkeen käytettiin kohtisuoraa kuvausta ja 100 ft:n kuvauskorkeutta. Kuvan mittakaavan määrittämiseen käytettiin 5 metrin vaaituslattiaa, joka asetettiin maahan. Grafiikkaohjelmalla mitattiin latan pituus pikseleinä. Näin voitiin kuvalle piirtää 5 x 5 metrin neliöitä, joiden pinta-ala oli 25 m². Neliöistä laskettiin runkoluku, joka kerrottiin 400:lla, jolloin saatiin runkoluku hehtaarilla.

Runkoluvun määrittäminen onnistui hyvin normaaleilla taimikonharvennuskohteilla.

Ilta-auringossa, kun puille muodostui varjot, oli runkojen havaitseminen huomattavasti helpompaa kuin keskipäivällä. Pilvisen sään hajavalossa, kun varjoja ei synny, on runkojen havaitseminen vaikeampaa, mutta onnistuu edelleen (kuva 4, kuvat 5 ja 6 s.15)



Kuva 4. Kuvauskulma 90°



Kuva 5. Kymmen vuotta vanha taimikko



Kuva 6. Viisivuotias taimikko

4.8 Muut käyttökohteet metsätaloudessa

Metsätuhojen kartoitukseen isoilla alueilla kuvauskopteri on nopea ja tehokas. Kuvattaessa viistoon esim. 45 asteen kulmassa pystyy kuvista erottamaan vioittuneet puiden latvat ja maahan kaatuneet rungot (kuva 7 s. 16).



Kuva 7. Kuvauskulma 45°

Myrskytuhojen jälkeen on nopeasti selvitettävä tuhon laajuus. Varsinkin kesällä on puiden korjuu käynnistettävä nopeasti. Ilmasta käsin pystytään kartoittamaan satoja hehtaareita päivässä. Tuhometsät ovat yleensä vaikeakulkuisia ja niissä on vaarallista liikkuu. Hyönteistuhot ilmenevät usein ensin puiden latvoissa. Ilmasta kuvaten on mahdollista selvittää tuhojen esiintymistä ja laajuutta. Lumituhot ilmenevät usein hajallaan olevina ryhminä. Niiden löytäminen lumisessa metsässä jalan liikkuen on hidasta ja raskasta. Ilmakuvaamalla ne on helppo ja nopea löytää.

Kun metsätuhoalueet löydetään ilmakuvauksella, voidaan niiden tarkempi maastoinventointi kohdistaa tehokkaasti oikeisiin kohteisiin. Ilmakuvia voi myös liittää vakuutusyhtiölle tehtävään vahinkoilmoitukseen.

Ojitusalueita tarkastettaessa erottuvat vettä täynnä olevat ojan kohdat selkeästi ilmakuvilta. Tällöin on helppo löytää perattavat kohdat tai ammuttavat kivet.

Hakkuilla voidaan seurata työn etenemistä ja tarkastaa työn jälkeä ja alueen rajausta.

Tulevaisuudessa voidaan UAV-laitteita käyttää myös 3D-kuvaukseen ja laserkeilaukseen laitteiden hintojen laskeissa. Tällöin saatavien aineistojen käyttökelpoisuus ja -kohteet lisääntyvät valtavasti.

Ilmakuvia ja videoita voi käyttää palveluiden markkinoinnissa sekä printtinä että eri some-kanavissa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Kauko-ohjattava kuvauskooperi soveltuu hyvin metsäammattilaisen apuvälineeksi.

Sillä saa nopeasti yleiskuvan tutkittavasta alueesta:

- Tarkempi tarkastelu voidaan kohdentaa oikeisiin kohtiin.
- Ongelmakohtat löytyvät tarkemmin.
- Toiminta nopeutuu.
- Vaikeakulkuiset kohteet on helppo tarkastaa.

Kuvia on helppo käsitellä ilmaisilla ohjelmistoilla ja niiden laatu riittää jatkomuokkaukseen.

Tehtaessä tarkastuksia metsässä kuvauskooperilla säästetään aikaa ja jalkatyötä ja sen ansiosta kustannukset pienenevät. Laitteiden hankintakulut säästyvät hyvin nopeasti.

Ilmasta on helppo havaita puutteellisesti tehdyt taimikonhoitotyömaan kohdat, jolloin tarkastuksen laatu ja hoitotyön jälki paranevat.

Maastotarkastuksen voi tehdä ilman vaatteiden kastumista ja likaantumista, jolloin ei tarvitse erikseen varustautua maastokäyntiin, ja tarkastuksen voi tehdä kesken normaalin työpäivän.

Ilmakuvan tehdystä työstä voi liittää laskuun.

Kuvauskooperien hinta/laatusuhde on jo nyt sellainen, että ne sopivat metsäammattilaisen apuvälineeksi. Laitteiden ominaisuudet kehittyvät nopeasti ja samalla niiden hinnat laskevat.

Ilmakuvauskooperien käyttö on niin helppoa, että jokainen niistä kiinnostunut oppii niitä käyttämään pienellä opastuksella.

Kuvien ja videoiden laatu riittää hyvin kokeiltuun käyttöön.

Kokeillun tasoisella laitteella on hyvä harjoitella vaativampiin laitteisiin ja käyttökohteisiin.

Laitteiden kehittyessä ja kehittyneempien laitteiden hintojen laskiessa sekä saatavuuden parantuessa käyttömahdollisuudet lisääntyvät.

Laitteita voidaan käyttää monenlaisissa olosuhteissa. Ainoastaan vesisade, myrskytuuli ja kova pakkanen rajoittavat niiden käyttöä.

LÄHTEET

DJI Phantom n.d. Viitattu 24.2.2016.

<http://www.dji.com/product/phantom-3-standard>

Trafi:

Määräys OPS M1-32 9.10.2015. Viitattu 15.1.2016.

http://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu

Walkera Scout X4 n.d. Viitattu 24.2.2016.

<http://www.walkera.com/en/products/aerialdrones/scoutX4/>

Yuneec Typhoon Q500+ n.d. Viitattu 24.2.2016.

<https://www.yuneec.com/Typhoon-Q500plus>

KIRJALLISUUS

Hassinen A. 2013. UAV-lennokit. Kokemuksia UAV-laitteista. Itä-Suomen yliopisto, Mekrijärven tutkimusasema.

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

Tervo J. 2014. Lentorobotit sähköverkon tarkastuksissa RENECO.

