

Lennokkikuvauksen hyödyntämisestä turvetuotantoalueen kartoituksessa

TARMO LEIKAS JA MARKKU MÄKILÄ

Lennokilla tehtävä ilmakekuus on uusi keino hankkia sijainniltaan ja geometrialtaan tarkkaa paikkatietoa, ortokuvia ja 3D-pistepilviä. Lennokkikuvaus vastaa menetelmänä normaalia ilmakekusta, mutta ilma-alus on miehittämätön robotti. Kuvauksesta fotogrammetrisin laskentamenetelmin tuotettavat lopputuotteet ovat tarkkoja ortokuvamosaiikkeja ja 3D-pistepilvi-dataa, valmiita suoraan käytettäväksi suunnitteluovelluksissa.

Lennokkikartoitus on menetelmä, joka sijoittuu perinteisen ilmakekuvauksen ja maastomittauksen väliin. Alueellinen kapasiteetti on n. 6–8 km² päivässä. Hinnaltaan lennokkikartoitus on edullista, ja se pystyy vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin joustavasti.

Ortokuvamosaiikki on karttakoordinaatissa oleva yhdistelmä kohtisuoraan maan pintaa vasten otetuista ilmakekuvista, joiden sävyerot ja geometria on tasattu. Pintamalli on kolmiulotteinen, ilmakekuvista tuotettu malli, joka myötäilee maan pintaa, rakennuksia ja kasvillisuutta. Pintamalli voidaan toimittaa pistepilvenä (esim. 100 pistettä / m²) tai säännöllisenä ruudustona (esim. 0,1 m ruutu). Pistepilvi ei sisällä taiteviivoja; taiteviivojen mitaus tehdään tarvittaessa erikseen. Pintamal-



Kuva 1. Sammalistonsuon turvetuotantoalue. Tausalla näkyy turveaumoja. Kuva: A. Grundström.

Fig. 1. The Sammalistonsuo peat production area. Peat stacks in the background. Photograph: A. Grundström.

lista voidaan peitteisillä alueilla jalostaa maan pintaa kuvaava maastomalli suorittamalla peitteisten alueiden maastomittaukset erikseen.

Lennokkikartoituksen esimerkkikohteeksi valittiin Riihimäen Sammalistonsuon turvetuotantoalue (kuva 1). Lennokkikuvauksen suoritti PIEngeering Oy syyskuussa 2010.

Ilmakekuus lennokilla

Kohdealue kuvataan sovitusti kuvauksen mahdollistavan sään vallitessa. Kuvauksen voi käytännössä estää kova sade/lumisade, voimakas tuuli tai hämäryys/valon puute. Pakkasta voi olla enintään n. -10 astetta. Kuvaustehtävä

valmistellaan etukäteen lennonvalmisteluohjelmistolla, ja itse kuvaus tapahtuu automaattisesti etukäteen laaditun lentosuunnitelman mukaisesti. Kuvauksen jälkeen kuvamateriaalin laatu, alueen kattavuus ja lennonohjaustiedot tarkistetaan kohteessa.

Ilman GPS-tukipisteitä lopputulosten sijaintitarkkuus on n. 1 metri ja korkeustarkkuus on yhdestä metristä useisiin metreihin. GPS-tukipisteitä käyttäen tarkkuus riippuu kuvauksen pikselikoosta (maastossa) seuraavasti: tasotarkkuus on n. 0,5–1 pikseliä tasossa ja n. 1–1,5 pikseliä korkeussuunnassa. Kun kuvauksen pikselikoko on esimerkiksi 5 cm, tasotarkkuus on n. 2,5–5 cm tasossa ja n. 5–7,5 cm korkeussuunnassa.

Tutkimusalue

Sammalistsonsuo sijaitsee Riihimäen kaupungissa sen taajama-alueen pohjoispuolella noin 3 km kaupungin keskustasta kantatien nro 54 kupeessa Ryttylän kylässä. Sammalistsonsuon turvetuotantoalueen ojitus aloitettiin vuonna 1970 ja turvetuotanto vuonna 1975. Vuosina 1998–2000 vuosittaiset turpeen tuotantomäärät ovat olleet 60 000–177 000 m³. Maksimivuosituotanto on 180 000 m³. Hankealueella tuotetaan pääasiassa kasvuturvetta. Tärkein käyttökohde on Kekkilä Oyj:n viherrakennuskasvualustojen raaka-aine. Toiseksi tärkein turpeen käyttökohde on saada kompostoinnin tukiainetta ulkopuoliselle asiakkaalle.



Kuva 2. Gatewing X100 lähtövalmiina katapultin päällä. Kuva: A. Grundström.

Fig. 2. Launching of the model aircraft from a catapult. Photo: A. Grundström.

Alueella tuotetaan pääasiassa jyrshinturvetta ja tuotantomenetelmänä käytetään haku-menetelmää. Alueella tuotetaan myös noin 40 000 m³ multaa vuodessa sekoittamalla turpeeseen hiekkaa, hietaa ja savea. Sekoitus tapahtuu kuormaajalla tuotantokenttien auma-alueilla.

Vuoden 2002 lopun tilanteen mukaan tuotantokelpoinen pinta-ala on yhteensä 198 ha, josta tuotannosta poistunutta aluetta on noin 30 ha.

Sammalistsuota ympäröivät pelto-, metsä- ja teollisuusalueet. Tuotantoalueen pohjamaalaji on kohtuullisen tiivistä, hiesuvaltaista

vuorokerroksellista maalajia, jossa lajitteet vaihtelevat hiedasta saveen. Maalajia voidaan myös luonnehtia laihaksi saveksi, koska saven osuus on yli 30 %.

Lennoikkokuvaus ja tulosten prosessointi

Sammalistsuota kuvattiin Gatewing X100 UAV-kalustolla syyskuussa 2010 (kuva 2). Alue lennettiin neljänä lentona, joista kukin kattoi n. 1,5 km² alueen. Sensorina oli kalibroitu Ricoh GR-III kompaktikamera. Kuva-



Kuva 3. UAV-kuvauksesta tuotetun 3D-pistepilven visualisointi, tarkkuus 2,5 cm:n maastopikseli. Kunkin maastopikselin korkeustieto on yhdistetty lennokin ottamaan väriilmakuvaan ja näin saatu kolmiulotteinen tietokanta jatkoanalyysijä ja mittauksia varten. Kuva: PIEnengineering Oy, Mikko Sippo.

Fig. 3. Visualization of a 3D point cloud, produced from the UAV description, at 2.5 cm terrain pixel resolution. Each terrain pixel is combined with a colour aerial photograph taken by an unmanned vehicle (UAV). The resulting 3D database can be used for further analysis and measurements. Photograph: PIEnengineering Oy, Mikko Sippo.

uskorkeus oli n. 150 m, jolloin maastopikselin koko oli n. 5 cm.

Lennon aikaan kone lentää kohdealueen yli suoria kuvausjonoja pitkin. Kuvausjonoilla kone ottaa kuvia n. 2,5 s välein. Kuvat peittävät toisiaan lentojonon suunnassa n. 70 %, ja lentojonot peittävät toisiaan vastavasti n. 70 %:n verran. Kuvauspeitto on siis suurempi kuin perinteisessä ilmakuvauksessa. Menettelyllä kompensoidaan UAV-kuvauskaluston epävakautta verrattuna perinteisiin ilma-aluksiin sekä mahdollistetaan tarkkojen tulosten aikaansaaminen.

Tulosten prosessointi tapahtuu kolmessa vaiheessa. Ensivaiheessa suoritetaan ns. ilmakolmiointi, jonka yhteydessä yksittäisistä ilmakuvista muodostetaan kohdealueen kattava, yhtenäinen ilmakuvablokki automaattista konenäkömenetelmää hyödyntäen. Tämän jälkeen ilmakuvablokki oikaistaan karttakoordinaatistoon sädekimputasoituksena. Ilmakolmiointin tuloksista tuotetaan edelleen karttakoordinaatistoon oikaistu ortokuvamosaiikki ja 3D-pistepilvi (kuva 3). Laskenta kestää kohdealueen koosta riippuen muutamasta tunnista muutamaani päiviin.

Lennoikin tekniset yksityiskohdat

Gatewing X100 on valmistettu Belgiassa. Koneen siipiväli on 1 metri, lentoonlähtöpaino on n. 2 kg (kuva 2). Runko on valettu styro-



Kuva 4. Neljän lennon tuloksena syntynyt ortokuvamosaiikki Sammalistosuon tuotantoalueesta. Valkoiset alueet ovat turpeen alta paljastunutta savea. Kuva: PIEnneering Oy, Mikko Sippo.

Fig. 4. Orthomosaic of the production plan for Sammalistosuo, produced after the four flights made by the model aircraft. White areas are clay exposed beneath peat. Photograph: PIEnneering Oy, Mikko Sippo.

xista, ja valun sisällä on hiilikuitukehikko. Lentoakun kapasiteetti on 8000 mAh.

Kone lähetetään katapultialustalta, joka kiihdyttää koneen matkalentonopeuteen, joka on n. 70 km/h (kuva 2). Lähtö vaatii 200–300 m esteetöntä tilaa lähtösuunnassa. Kone suorittaa valmistellun lentotehtävän autopilotin avulla ilman operaattorin avustusta. Autopilotissa on GPS-vastaanotin sekä kiihtyvyyssanturit, joiden tiedot rekisteröidään lennon

aikana autopilotin muistiin laskentaa varten. Yksi lento kestää n. 45 minuuttia, jonka aikana otetaan n. 700 ilmakuvaa. Kone laskeutuu laskukiidon jälkeen mahalleen automaattisesti. X100:n lähestymiskuvio vaatii 500–600 m esteetöntä tilaa.

Yhteenveto

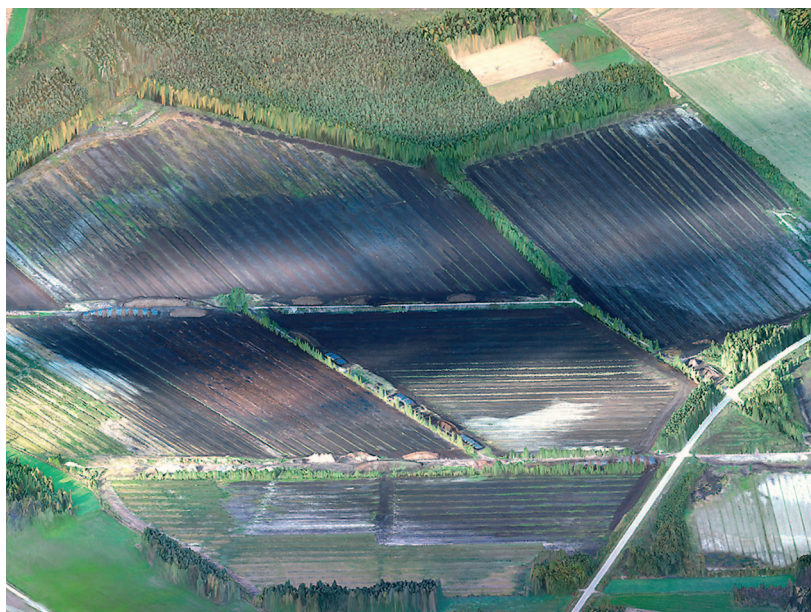
Lennokilla saatuja ilmakuvia on hyödynnetty Sammalistonsuolla ympäristöluvan hankinnassa nykytilanteen selvittämisessä ja turveauman tilavuuden laskemisessa. VAPO on käyttänyt lennökkikartoitusta vuoden 2011 tuotantokauden aikana useissa kohteissa eri puolilla Suomea. Ortokuvan hyvä laatu ja erotuskyky tukevat hyvin suunnittelua ja ympäristöseurantaa (kuva 4). 3D-pintamalli on käyttökelpoinen erityisesti silloin, jos alueelta ei ole saatavissa laserkeilausaineistoa (kuva 5). Pintamallin avulla voidaan seurata turvevarannon muutoksia. VAPO harkitsee lennökkikartoitusmenetelmän hyväksyttämistä uudeksi mitausmenetelmäksi omassa tuotantoprosessissaan perinteisten menetelmien rinnalle.

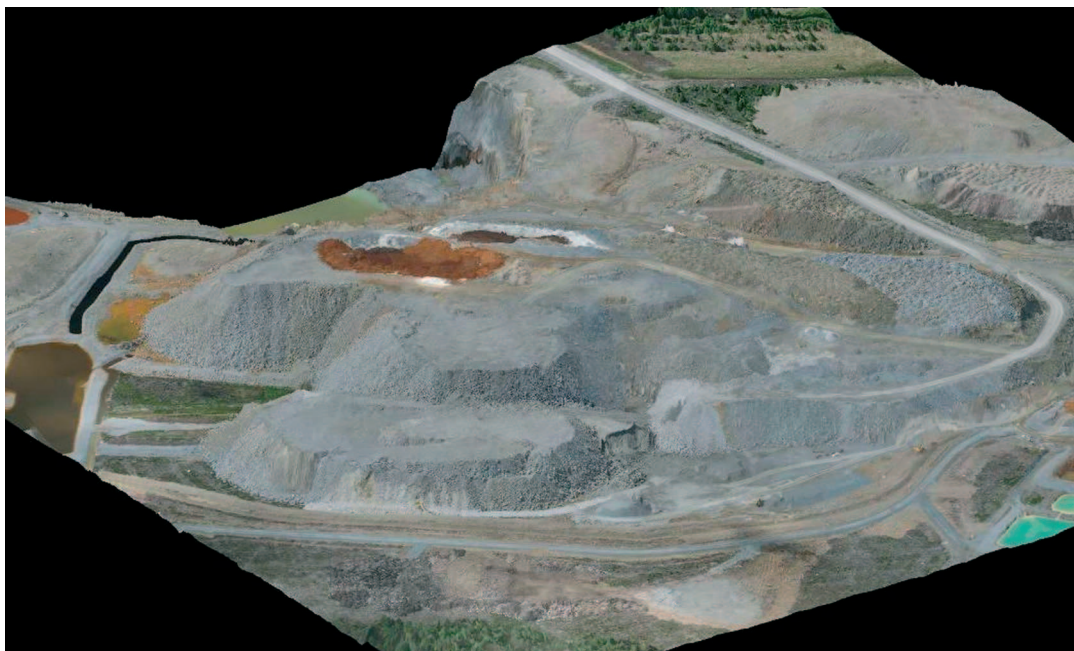
Lennokilla tehtävä kartoitustyö on helppo toistaa aina tarvittaessa, ja kaluston mobilisaatiokustannukset ovat edullisimmat verrattuna miehitetystä lentokoneesta tehtyihin kuvauksiin tai laserkeilauksiin. Kalusto kulkee henkilöauton peräkontissa. Kevyellä lennökkikalustolla matalalla tapahtuva toiminta ei edellytä kiinteitä rakenteita tai lupia ilmailuviranomaisilta niin kauan, kun lennokka on ohjauksessa. Sähkömootorilla varustettu lennokka on myös hiljainen laite eikä aiheuta syttymisvaaraa kuivilla turvekentillä. Menetelmä soveltuu myös esim. maa-ainesten oton seurantaan, avolouhoksissa tapahtuvan kaivostöinnän ja kaivosten sivukivimassojen ja rikastehiekkavarastojen seurantaan. Menetelmä soveltuu myös vesistötutkimuksiin, metsä- ja maatalouden ja maankäytön suunnitteluun. Lisätietoa aiheesta löytyy nettiosoitteesta www.pieneering.fi.

Muita esimerkkikuvia lennökkikartoituksen hyödyntämisestä esitetään kuvissa 6–9.

Kuva 5. Sammalistonsuon 3D-malli (yleiskuva), jossa alueen korkeusmittausaineisto on yhdistetty ilmakuvamosaiikkiin.
Kuva: PIEnearing Oy, Mikko Sippo.

Fig. 5. 3D model of Sammalistonsuo in which the altitude data are combined with the mosaic of aerial photographs. Photograph: PIEnearing Oy, Mikko Sippo.





Kuva 6. Maurlidenin kaivos Ruotsissa. Menetelmän sovellus kaivosalueen tarkan korkeusmallin laatimiseksi mm. kaivosuunnittelua ja kaivosympäristön ympäristönhallintaa varten. Kuva: PIEnengineering Oy Mikko Sippo.

Fig. 6. Application of the method in the detailed planning of the mining area and environment. Photograph: PIEnengineering Oy, Mikko Sippo.



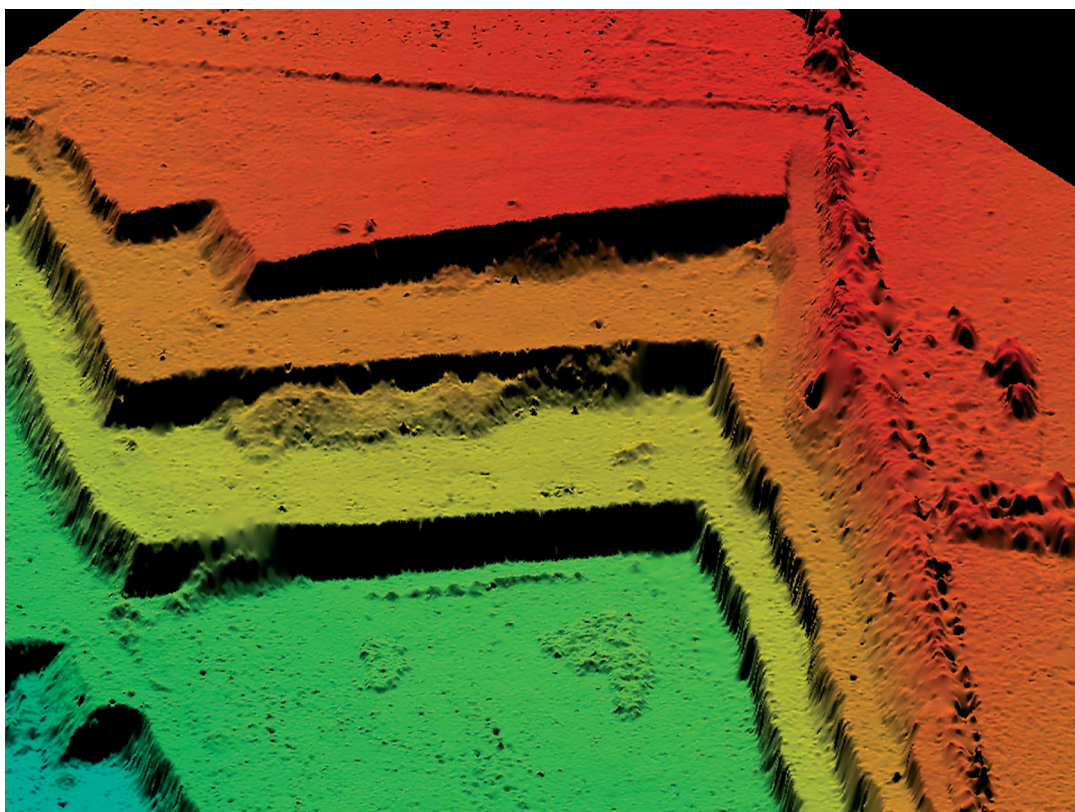
Kuva 7. Maa-ainesten ottoalue, josta laaditulle kolmiulotteisella mallilla voidaan monitoroida ottomääriä ja ottosyvyyksiä. Kuva: PIEnengineering Oy, Mikko Sippo.

Fig. 7. The extraction area of soil material and a 3D model that can be used for monitoring the amounts and depths of the material. Photograph: PIEnengineering Oy, Mikko Sippo.



Kuva 8. Hakevarasto Ruotsissa lennökkikartoituksella tuotettuna kolmiulotteisena mallina, jonka avulla voidaan mitata varaston tilavuus ja arvioida sen energiasisältö. Kuva: PIEnengineering Oy, Mikko Sipponen.

Fig. 8. A chip stack in Sweden as a 3D model, produced by UAV mapping. The model can be used in calculating the energy content of the stack. Photograph: PIEnengineering Oy, Mikko Sipponen.



Kuva 9. Avoluohos Saksassa, jossa eri louhintatasot on erotettu erivärisinä kolmiulotteina tasoina. Aineistoa käytetään kaivosmittauksen apuna ja esim. irrotettujen massamäärien laskemiseen. Kuva: PIEnengineering Oy, Mikko Sipponen.

Fig. 9. Open quarry in Germany where different excavated levels are separated as 3D levels. The resulting material can be used for mining measurements and, for example, for calculating the amount of the excavated material. Photograph: PIEnengineering Oy, Mikko Sipponen.

Summary:

Utilization of unmanned aerial vehicle (UAV) in mapping a peat production area.

UAV mapping is a new method for acquiring accurate spatial data, i.e. ortho image mosaics and 3D point clouds. UAV mapping is comparable with traditional photogrammetry methods, with the difference of the sensor platform being an unmanned flying robot. Special processing methods are needed in the processing of output products due to the instability of the imaging platform.

UAV mapping is especially suitable for mapping missions where the target area is relatively small. The maximum aerial capacity of an UA system typically varies between 4 and 8 km² per day. From customer's point of view, the method is affordable and flexible to mobilize.

In this article, a test project for the Finnish energy company VAPO is reported. The test site was a 6 km² peat production site, Sammalistonsuo, in southern Finland. The area was flown with four flights using a Gatewing X100 UAV in September 2010. The output products, an ortho mosaic and a 3D point cloud, were processed by PIEngeering Ltd in Finland.

VAPO was satisfied with the results and decided to expand the utilization of UAV mapping to several peat production sites during the production season 2011.

TARMO LEIKAS

VAPO Oy
tarmo.leikas@vapo.fi

MARKKU MÄKILÄ

Geologian tutkimuskeskus
markku.makila@gtk.fi

Savu- piippu- geologin mietteitä

*Abkeran
malminetsijän
paradoksi.
Etsii niin innok-
kaasti, ettei jää
aikaa löytä-
miseen ...*