

# ePOOKI

OULUN AMMATTIKORKEAKOULUN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖN JULKAISUT ISSN 1798-2022

ePooki 6/2020

## Maamassojen tilavuuksien mittaamiseen uusia menetelmiä – maan pinnalta ilmaan



6 Aika

**Pesonen Joonas, Järveläinen Titta, Käyhkö Virpi**  
28.2.2020 ::

**Infrarakenteiden maarakentamisesta syntyy ylijäämämaa-ainesta. Ympäristön ja talouden kannalta olisi parasta, että maa-aineet saataisiin tehokkaasti määriteltä uusiokäyttöä varten. Dronen avulla tapahtuva kuvantaminen tarjoaa mahdollisuuden määritellä maamassakasojen tilavuuksia entistä helpommin.**



### Ylijäämämaita hyötykäyttöön tehokkaammin

Teiden, kaivantojen, pohjarakenteiden ja vastaavien infrarakenteiden maarakentamisessa syntyy vuosittain merkittäviä määriä ylijäämämaa-aineksia, joita voitaisiin hyödyntää uusiomateriaalina. Kiertotalouden toteutumisen edellytyksenä on tieto infrarakentamisessa muodostuvien maamassojen laadusta ja määrästä, jotta kohteita uusiokäytölle voitaisiin löytää mahdollisimman pian ilman ylimääräistä logistiikkaa ja ympäristövaikutuksia.

Oulun alueella syntyvistä ylijäämämaista käytetään uusiomateriaalina vain alle 30 %. Vuosittain jopa 400 tm<sup>3</sup> maa-aineksia ajetaan maanlajitysalueille (kuva 1) loppusijoitettavaksi. Tavoitteena on, että vain maarakentamiseen kelpaamaton aines kuljetettaisiin läjitysalueille ja hyötykäyttöön soveltuvat maamassat ohjautuisivat toisiin lähellä alkaviin maanrakennushankkeisiin tai ennalta varattuihin ja suunniteltuihin maisemointi-, melunsuojaus-, ulkoilualue- ja puistorakentamiskohteisiin sekä aluerakentamisen ja pehmeikköalueiden täyttökohteisiin. <sup>[1]</sup> Oulussa nykyisellä rakentamisen volyymin kaupunkin ja yksityisten ylijäämämaiden läjitysalueet täyttyvät 10 vuoden kuluessa ja niiden ympäristöluvut umpeutuvat. Haasteena on löytää ja luvittaa uusia sopivia paikkoja läjitykseen. <sup>[2]</sup>



KUVA 1. Oulussa ylijäämämaiden vastaanottoa paikana toimii Kaakkurin liikuntamaan läjitysalue (kuva: Virpi Käyhkö)

Oulun ammattikorkeakoulu (Oamk) on osatoteuttajana 6Aika CircVol-hankkeessa, jonka keskeisenä tavoitteena on tukea kaupungeja energian ja neitseellisten maamassojen säästämässä, hiilineutraalien tavoitteiden saavuttamisessa ja siirtymässä kohti kestävä kehitystä. Maamassojen kierrätystä kaupungeissa kehitetään muun muassa testaamalla hyperspektrikuvantamiseen perustuvien mittausmenetelmien soveltuvuutta maamassoissa olevien haitta-aineiden tunnistamiseksi yhteistyössä Oulun kaupungin ja Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) kanssa. Lisäksi tavoitteena on selvittää maamassojen tilavuuksien määrittämiseksi mittausmenetelmää, joka mahdollistaisi nopean ja tarkan mittauksen maastossa logistiikan optimoimiseksi.

## Droneilla tehokkuutta

Dronejen (kuvat 2 ja 3) avulla maamassoja voidaan mitata vähemmällä työmäärällä ja työvoimalla vähintään samantasoisella tarkkuudella kuin nykyisillä tilavuuteen arviointiin käytettävillä metodeilla. Droneja voidaan käyttää alueella, jotka voivat olla ihmisille vaarallisia tai joille on hankala päästä. [3] Erityisen hyvin dronet sopivat laajojen alueiden kartoitukseen. Suuremmilla alueilla myös tarvittavan työmäärän väheneminen korostuu. [4] [5] Dronen avulla alueesta saadaan ortokuva, jota voidaan käyttää dokumentoimiseen tai alueen havainnollistamiseen [4].



KUVA 2. Dronen kalibrointi ennen lentoa (kuva: Titta Järveläinen)



KUVA 3. DJI Phantom 4 RTK ilmassa (kuva: Titta Järveläinen)

Eri menetelmistä saatuja tuloksia on tärkeää verrata toisiinsa. Dronen avulla saadun datan on varmistettu olevan yhtä tarkkaa kuin perinteisemmällä keinoilla tuotetun datan. Toisin sanoen menetelmien tulosten tarkkuudet ovat lähellä toisiaan. Esimerkiksi vuonna 2014 tehdyssä selvityksessä verrattiin dronekartoitusta lidar-laserskannukseen ja satelliittipaikannukseen. Erot olivat tässä kartoituksessa eri menetelmien välillä maksimissaan 3 %. [41]

Dronekuvauksessa tulosten tarkkuuteen voivat vaikuttaa kuvaushetkellä vallitsevat olosuhteet. Esimerkiksi valon olisi tärkeää olla mahdollisimman tasaista, mutta ei liian kirkasta. Mitattavalle kohteelle ei myöskään tulisi muodostua vahvoja varjoja. Lisäksi vesi, kuten lätäköt tai järven pinta voivat heijastaa valoa. Tasaiset vesialueet, kuten lammikot, voidaan kuitenkin korjata mallinnettaessa. Suomen oloissa myös lumi on otettava huomioon, koska tasainen valkoinen lumipeite vaikeuttaa eri muotojen havaitsemisen kuvista. [61] Lisäksi kasan muodolla on vaikutusta arvion luotettavuuteen. Paksummat kasat eivät ole niin herkkiä kasan pinnassa oleville epätasaisuuksille kuin ohuen kasat. Dronekuvantamisen tarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä laadukkaita kameroita ja tiputtamalla lentokorkeutta mahdollisimman matalaksi. [41]

Droneja pystytään käyttämään myös lukuisissa muissa sovelluksissa. Maamassan tilavuus dronen tuottaman datan perusteella voidaan laskea käyttäen apuna fotogrammetriaa [31]. Muita hyödyllisiä sovelluksia ovat esimerkiksi hitaiden maavyörymien liikkeiden seuranta. Dronen ottamia kuvia voidaan käsitellä fotogrammetrian keinoin ja saada aikaan digitaalinen ortokuva, josta voidaan laskea maan valuminen. [71]

Erilaisissa kartoitus, suunnittelu ja kiinteistörekisteröintitehtävissä on laajoja alueita kartoitettu RTK GPS:n avulla. Droneilla suoritettu fotogrammetrian tarkkuuden pitäisi kuitenkin olla samalla tasolla. Dronejen avulla saatu data on laadukkaampaa, sillä tehdyistä kuvista voidaan laatia ortokuvia, joiden avulla saadaan alueesta lintuperspektiivikuva. [51]

## Maamassojen tilavuuksien laskeminen – case maa-ainesten ottoalue

Oamkilla toteutetussa opinnäytetyössä [61] selvitettiin mahdollisuuksia maamassojen tilavuuksien mittaamiseen dronen avulla ilmasta kerättyjen kuvaus- ja mittausaineistojen pohjalta. Työn tavoitteena oli selvittää RTK-dronen ja perinteisen dronen tarkkuuksien eroa maamassoja mitatessa. Työssä kuvattiin kehitetty kuvaus- ja mittausaineiston käsittelymenetelmä ilmakuvauksesta ja siihen käytetyistä laitteista datan käsittelyprosessiin siten, että käsittelymenetelmää voidaan toistaa ja jatkokehittää. Maamassojen tilavuuksien mittausmenetelmän kehittämisen pohjaksi dronella tehdyt kuvausaineistot toteutti Ramboll, joka toimi opinnäytetyössä myös toimeksiantajana.

Koealueena toimi Savon Kuljetusten maa-ainesten ottoalue Kuopiossa. Aluksi alueelle määriteltiin 22 ohjauspistettä (kuva 4). Ohjauspisteet ovat maahan merkittyjä pisteitä, joiden tarkka sijainti on määritelty takymetrillä. Ohjauspisteiden avulla korjataan mallintaessa erilaisia vääristymiä ja lisätään mallin tarkkuutta. Datat saamiseksi lennot suoritettiin kahdella eri dronella. Toinen drone käytti RTK-tekniikkaa, jonka avulla dronen kameran tarkka sijainti tiedettiin joka kuvassa. [61]





KUVA 4. Tiheä pistepilvi [6]

Dronejen avulla otetuista kuvista voidaan laskea tilavuuksia (taulukko 1) eri tavoin. Valittuihin ohjelmiin vaikuttaa esimerkiksi lisenssit ja dronen tuottaman datan muoto. Pesosen [6] selvityksessä datasta luotiin pistepilvi Agisoft Metashape professional -ohjelmalla. Autodesk Recap -ohjelmalla pistepilvestä pystyttiin rajaamaan maamassakasa, jonka tilavuus laskettiin. Rajauksessa täytyi käyttää erityistä huolellisuutta, jotta kahden eri datan tiedot olisivat vertailukelpoisia keskenään. Varsinaisen tilavuuden laskeminen tehtiin Civil 3D -ohjelmalla.

TAULUKKO 1. Maamassojen tilavuudet käytetyn dronen mukaan [6]

Drone	Maamassakasa	m <sup>3</sup>
DJI Phantom 4 Pro	1	8 187,68
	2	5 690,71
	3	5 468,90
DJI Phantom 4 RTK (RTK-drone)	1	10 139,09
	2	7 029,94
	3	6 795,63

Tulokset kaikissa kolmessa mitatussa maamassakasassa saatiin 19 %:n ero (taulukko 2). RTK-dronella mitatut tulokset olivat kaikissa kasoissa suuremmat. Todennäköisesti suuret erot johtuvat siitä, että RTK-dronella oli enemmän tiedettyjä pisteitä. Lisäksi erot olisivat voineet olla pienemmät, jos massakasojen päällä olisi ollut ohjauspiste. [6]

TAULUKKO 2. Tilavuuksien erot kuutiometreissä ja prosenteissa

Maamassakasa	Ero kuutiometreissä (m <sup>3</sup> )	Ero prosenteissa (%)
Maamassakasa 1	1 956,41	19,25
Maamassakasa 2	1 339,23	19,05
Maamassakasa 3	1 326,73	19,52

## Tekniikan kehitys luo uusia mahdollisuuksia

Dronejen potentiaalin ja mahdollisuuksien kartoittamiseen tarvitaan vielä lisää tutkimusta. Drone itse tarjoaa alustan uusille tekniikoille. Teknologian kehittyessä myös laitteistojen hinnat laskevat ja tekniikan käyttö helpottuu. Laitteiston kehittyessä tekniikka voidaan ottaa entistä monipuolisempaan käyttöön. Kehittyvä mittaustekniikka tarjoaa ja myös vaatii mahdollisuuden ohjelmakehitykseen, jotta dronejen avulla saatu data saadaan käsiteltyä käytettävään muotoon.

Tiedon lisääntyessä pystytään arvioimaan soveltavuutta myös uusille aloille. Yksi esimerkki siitä on maamassakasojen tilavuuksien arviointi dronejen avulla. Kuvauksia voidaan tehdä paitsi perinteisillä droneilla, mutta kehittää järjestelmää eteenpäin teknologian avulla. RTK-dronen avulla tilavuuksien arviointia voidaan kehittää entistä joustavampaan suuntaan. Lisää koelentoja ja laskentaa tarvitaan, jotta järjestelmän luotettavuutta ja käytettävyyttä pystytään arvioimaan.

### Lähteet

1. <sup>△</sup>Sito Oy. 2017. Oulun Massapörssi -esiselvitys. Maanrakennushankkeiden maa-ainesten ja uusiomateriaalien käytön hallinnan kehittäminen. Oulun kaupunki, Ympäristö- ja yhdyskuntapalvelut.
2. <sup>△</sup>Siikaluoma, T. 2017. Resurssiviisasta infrastruktuuria. Kuntatekniikka-lehti 8.
3. <sup>△</sup><sup>ab</sup>Miljković, S., Kuburić, M., Ogrizović, V., Delčev, S., Gučević, J. 2017. Application of unmanned aerial vehicles in determining the cubic contents of material. Contemporary achievements in civil engineering 21.
4. <sup>△</sup><sup>abcd</sup>Draeyer, B. & Strecha, C. 2014. White paper: How accurate are UAV surveying methods? Pix4D white paper.
5. <sup>△</sup><sup>ab</sup>Barry, R. & Coakley, R. 2013. Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS. Baseline surveys Ltd.
6. <sup>△</sup><sup>abcdefg</sup>Pesonen, J. 2020. Maamassojen tilavuuksien mittaamenetelmän kehittäminen RTK-dronekuvausta käyttäen. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Hakupäivä 21.1.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202001081096>
7. <sup>△</sup>Peterman, V. 2015. Landslide activity monitoring with the help of unmanned aerial vehicle. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-1/W4.

### Metatiedot

**Nimeke:** Maamassojen tilavuuksien mittaamiseen uusia menetelmiä – maan pinnalta ilmaan

**Tekijä:** Pesonen Joonas; Järveläinen Titta; Käyhkö Virpi

**Aihe, asiasanat:** maa-aineksen otto, maa-aines, miehittämättömät ilma-alukset, mittaus, tilavuus, uusiokäyttö

**Tiivistelmä:** Ylijäämämaa-aineksia tulisi hyödyntää nykyistä paremmin uusiomateriaalina. Kiertotalouden toteutumisen edellytyksenä on tieto infrarakentamisessa muodostuvien maamassojen laadusta ja määrästä. Mitä tehokkaammin ja nopeammin maamassoista saadaan tietoa, sitä helpompaa on myös niiden luokittelu jatkokäyttöä varten.

Dronejen avulla maamassakasojen tilavuuksia pystytään arvioimaan entistä tehokkaammin. Dronekiinnitteisiä teknologioita on ollut kokeilussa useampia, mutta esimerkiksi RTK-droneilla tehdyistä kuvauksista on saatu hyviä tuloksia. Teknologian käyttö vaatii kuitenkin kehitystyötä ja laitteiston testausta eri olosuhteissa. Suomessa esimerkki talvella lumi ja valotusolosuhteet asettavat teknologian käytölle rajoja.

Dronella saatu data pystytään käsittelemään käyttökelpoiseen muotoon eri ohjelmien avulla ja täten teknologiaa voidaan hyödyntää hyvin erilaisissa olosuhteissa. Droneja voidaan käyttää esimerkiksi alueilla, joissa ihmisten ei ole turvallista liikkua.

**Julkaisija:** Oulun ammattikorkeakoulu, Oamk

**Aikamäärä:** Julkaistu 2020-02-28

**Pysyvä osoite:** <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe202002074832>

**Kieli:** suomi

**Suhde:** <http://urn.fi/URN:ISSN:1798-2022>, ePooki - Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut

**Oikeudet:** CC BY-NC-ND 4.0

### **Näin viittaat tähän julkaisuun**

Pesonen, J., Järveläinen, T. & Käyhkö, V. 2020. Maamassojen tilavuuksien mittaamiseen uusia menetelmiä – maan pinnalta ilmaan. ePooki. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 6. Hakupäivä xx.xx.xxxx. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe202002074832>.