

Sakari Tuominen<sup>1</sup>, Timo Pitkänen<sup>1</sup>, Andras Balazs<sup>1</sup> ja Annika Kangas<sup>2</sup>

## Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin kehittäminen 3D-ilmakuva-aineiston avulla

---

**Tuominen S., Pitkänen T., Balazs A., Kangas A.** (2017). Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin kehittäminen 3D-ilmakuva-aineiston avulla. Metsätieteen aikakauskirja 2017-7792. Tutkimuseloste. 3 s. <https://doi.org/10.14214/ma.7792>

**Yhteystiedot** <sup>1</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Talous- ja yhteiskunta, Helsinki; <sup>2</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Talous- ja yhteiskunta, Joensuu

**Sähköposti** sakari.tuominen@luke.fi

**Hyväksytty** 1.9.2017

**Seloste artikkelista** Tuominen S., Pitkänen T., Balazs A., Kangas A. (2017). Improving Finnish Multi-Source National Forest Inventory by 3D aerial imaging. *Silva Fennica* vol. 51 no. 4 article id 7743. <https://doi.org/10.14214/sf.7743>

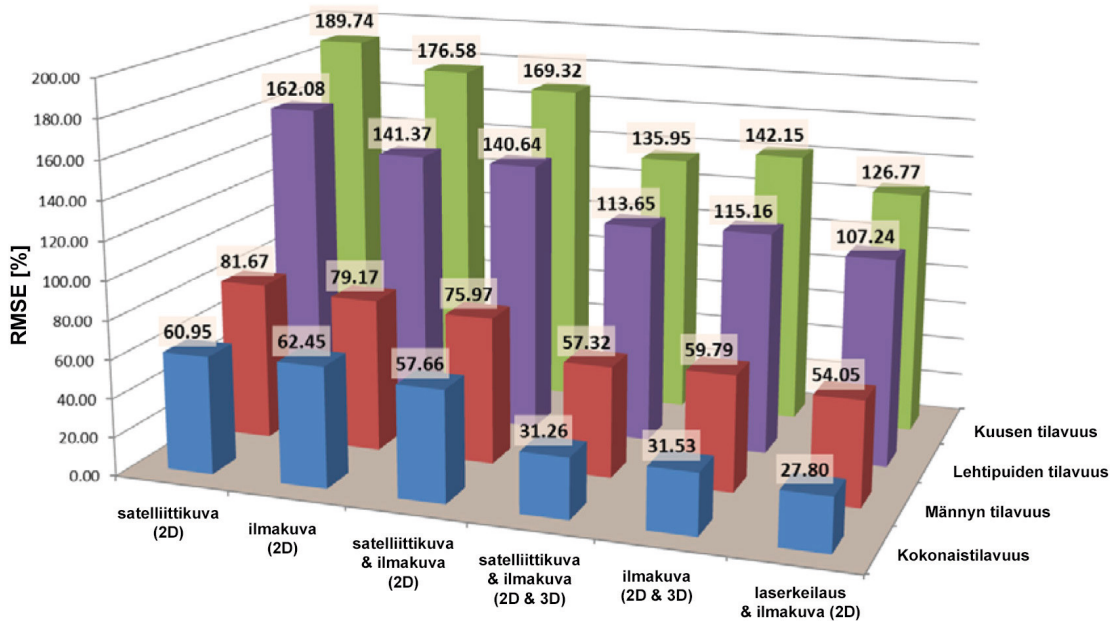
---

Suomessa on 1990-luvulta lähtien käytetty operatiivisesti monilähteistä valtakunnan metsien inventointia (MVMI), jossa yhdistämällä maastomittausten, satelliittikuvien ja digitaalisten karttojen tieto tuotetaan tietoa metsävaroista teemakarttojen ja kunnittaisten metsätilastojen muodossa. Menetelmä on käyttöönnotostaan lähtien ollut systemaattisen tutkimuksen ja kehitystyön kohteena. Vaikka uusia satelliittikuva-aineistoja on tullut viime vuosina saataville, on metsikkötason estimaattien tarkkuutta vaikea parantaa merkittävästi nykyisestäään perinteisiä kaukokartoituskuvienvulkintamenetelmiä käyttämällä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella 3D-ilmakuva-aineiston käyttöä MVMI:n tietolähteenä. Digitaalisen fotogrammetrian kehitys on mahdollistanut kolmiulotteisten pintamallien tuottamisen suuressa mittakaavassa stereopeitollisista ilmakuvista, mukaan luettuna sellaiset arkistoidut ilmakuvat, joita kuvattaessa ei alun perin ole kuvausparametreja valittu stereofotogrammetrista 3D-mallinnusta ajatellen. Ilmakuvia voidaan kuvausten alueellisen kattavuuden ja ajallisen päivitystiheyden osalta pitää soveltuvana tietolähteenä MVMI:n vaatimuksiin. Tuloksia verrattiin satelliittikuvilta, 2D-ilmakuvilta ja laserkeilauksesta saatuihin tuloksiin samalla alueella.

Tutkimusalue sijaitsi Ähtärin, Virtain ja Keuruun alueilla, joille oli sijoitettu valtakunnan metsien inventoinnin koelähtöistä tiheämpi systemaattinen koelähtö. Koelähtöjen otannassa käytettiin 8 koelähtöä L-muotoista ryvästä, joiden väli oli 4.3 km pääilmansuunnissa. Systemaattisen otoksen koelähtöistä noin 1800 sijaitsi metsätalouden maalla.

Puustotunnusten estimoinnissa käytettiin samaa menetelmää kuin operatiivisessa MVMI:ssä eli k:n lähimmän naapurin estimointimenetelmää. Kaukokartoituspiirteiden valinnassa käytettiin geneettistä algoritmia parhaiten puustotunnuksia ennustavan piirreyhdistelmän valintaan kustakin testatusta kaukokartoitusaineistosta.



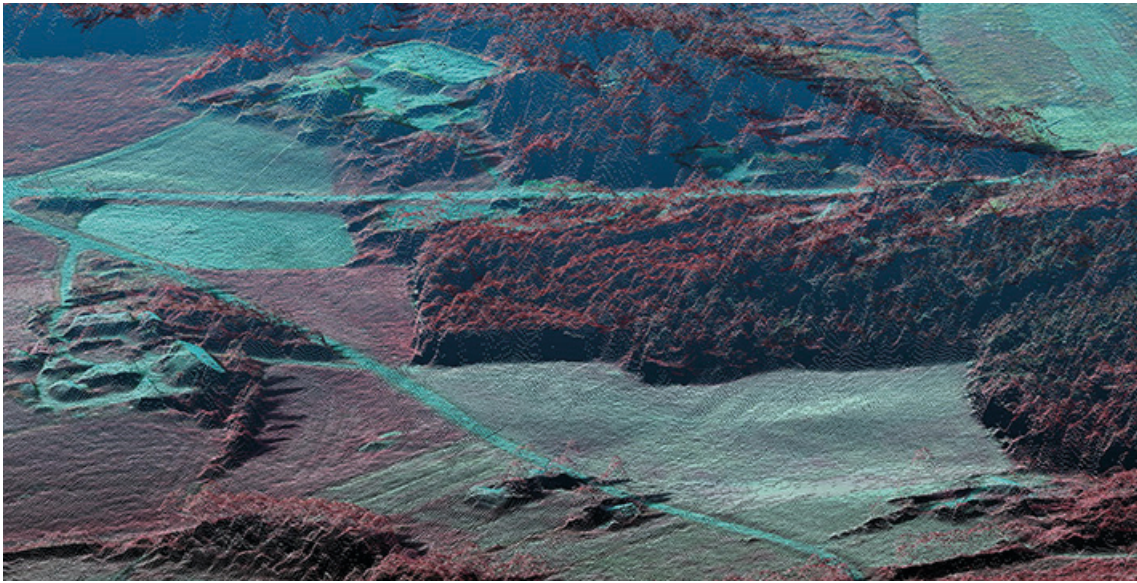
Kuva 1. Puustotunnusten tarkkuus eri kaukokartoitusaineistoilla.

Tulosten laskennassa sovellettiin samoja periaatteita kuin operatiivisessa MVMI:ssä, mikä poikkesi joiltain osin esim. metsäsuunnittelussa käytettävästä puustotulkinnasta. Puustotulkinta kattoi kaikki kehitys- ja ikäluokat. Edelleen, puustotulkinnassa olivat mukana kaikenlaiset koealat (kokonaan yhdessä metsikössä ja metsiköiden rajalla sijaitsevat koealat), jotka mitattiin systemaattisen otannan mukaisista sijaintipaikoista (siirto ei sallittu). Koealakohtaisten puustotunnusten estimaattien ja niiden keskivirheiden lisäksi tarkasteltiin estimoitujen puustotunnusten jakaumia suhteessa alkuperäiseen maastoaineistoon. Lisäksi tarkasteltiin tuotettujen teemakarttojen kykyä tunnistaa puustotunnusten jakauman yläpäästä edustavia kohteita maastossa.

Estimointitulosten yhtenä referenssinä käytetty perinteinen satelliittikuva tuotti aineistolle tyypillisen puustotunnusten tarkkuuden (esim. kokonaistilavuuden suhteellinen keskivirhe (RMSE) n. 60%). Ilmakuva tulkittuna perinteisellä 2D-menetelmällä ei merkittävästi eronnut satelliittikuvasta puustotunnusten tarkkuudessa. Tulokset 3D-ilmakuvatulkinnalla olivat selkeästi paremmat kuin satelliittikuvilla tai 2D-ilmakuvatulkinnalla. Tilavuuden RMSE oli 3D-aineistoa käytettäessä noin puolet verrattuna satelliitti- ja 2D-ilmakuvatulkintaan. Laserkeilauksen ja 3D ilmakuvatulkinnan välinen ero tarkkuudessa oli verrattain pieni. Eri aineistoilla tuotettujen puustotunnusten estimointitarkkuuksia on esitetty kuvassa 1.

3D-ilmakuvatulkinta osoittautui erittäin käyttökelpoiseksi menetelmäksi teemakarttojen tuottamiseen monilähdeinventoinnissa. Vaikka ilmakuvausparametreja ei ollut valittu stereofotogrammetrista 3D-mallitusta varten, ja latvusmalli silmävaraisesti tarkasteltuna oli karkea (Kuva 2), sen korrelaatio puustotunnusten kannalta oli hyvä. Lisäksi menetelmä on tällä hetkellä kustannuksiltaan laserkeilausta edullisempi menetelmä, ottaen huomioon sen, että latvusmallitiedon tuottaminen on mahdollista tavallisia ilmakuvia käyttäen. Tässä esitetyt tulokset eivät ole suoraan verrattavissa laserkeilaukseen perustuvien metsäsuunnittelutiedon tuottamishankkeiden tuloksiin näissä käytettävien erilaisten koealojen poimintastrategioiden vuoksi (eroina esim. katettavat kehitysluokat, otoksen poiminta sekä koealojen siirtäminen metsikkörajatapauksissa).

Kansallisessa ilmakuvaohjelmassa tavoitteena on kuvata lähes koko Suomi viiden vuoden välein, jolloin ajantasaisuuden suhteen 3D-ilmakuvaus ei ole yhtä hyvä vaihtoehto kuin satelliitti-



**Kuva 2.** Havainnollistus fotogrammetrisesta 3D-ilmakuva-aineistosta.

kuviin perustuva kartta. Laserkeilauksen suhteen vastaavaa toistoväliä ei kuitenkaan ole määritetty, joten tältä osin ilmakuva-aineistojen hyödyntäminen varmistaa suhteellisen ajantasaisten 3D-aineistojen saatavuuden metsävaratiedon tuotannossa.

Laserkeilauksen ja ilmakuvatulkinnan välinen ero luotettavuudessa oli verraten pieni, joten sillä ei välttämättä ole merkitystä tuotettuja puustotietoja käytettäessä, mutta erojen merkitys käytännön päätöksenteossa täytyy vielä erikseen tutkia. Laserkeilausta ja 3D-ilmakuvatulkintaa voitaisiin siten soveltaa vaihtoehtoisina menetelminä riippuen kuvamateriaalin saatavuudesta.