

Matti Maltamo

## Leimikon läpimittajakauman kuvaaminen hakkuukone- ja laserkeilausaineistojen avulla

---

**Maltamo M.** (2019). Leimikon läpimittajakauman kuvaaminen hakkuukone- ja laserkeilausaineistojen avulla. Metsätieteen aikakauskirja 2019-10235. Tutkimuseloste. 3 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10235>

**Yhteystiedot** Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Metsätieteiden osasto, Joensuu

**Sähköposti** [matti.maltamo@uef.fi](mailto:matti.maltamo@uef.fi)

**Hyväksytty** 28.8.2019

**Seloste artikkelista** Maltamo M., Hauglin K.M., Næsset E., Gobakken T. (2019). Estimating stand level stem diameter distribution utilizing accurately positioned tree-level harvester data and airborne laser scanning. *Silva Fennica* vol. 53 no. 3 article id 10075. <https://doi.org/10.14214/sf.10075>

---

Maastoaineiston keruu muodostaa huomattavan osan kustannuksista laserkeilaukseen perustuvassa metsäninventoinnissa. Lisäksi käytettävät koealat ovat yleensä niin pieniä, että inventoinnin tarkkuudesta ei saada realistista kuvaa operationaalisella kuviotasolla. Yksi mahdollisuus vähentää kustannuksia on hyödyntää muita tarkoituksia varten kerättyä olemassa olevaa maastoaineistoa kuten Valtakunnan Metsien Inventoinnin koealoja. Metsän hakkuun yhteydessä hakkuukone kerää kattavasti tietoa kaadetuista puista. Tiedon hyödyntämistä metsäninventoinnissa on hankaloittanut hakkuupään tarkan paikannustiedon puuttuminen. Viime aikoina on kuitenkin esitetty teknisiä ratkaisuja, joiden avulla saadaan hakkuukoneen tuottama paikannustieto puutasolla, jolloin paikannusvirhe on noin metri eli samaa luokkaa kuin maastokoealoilla.

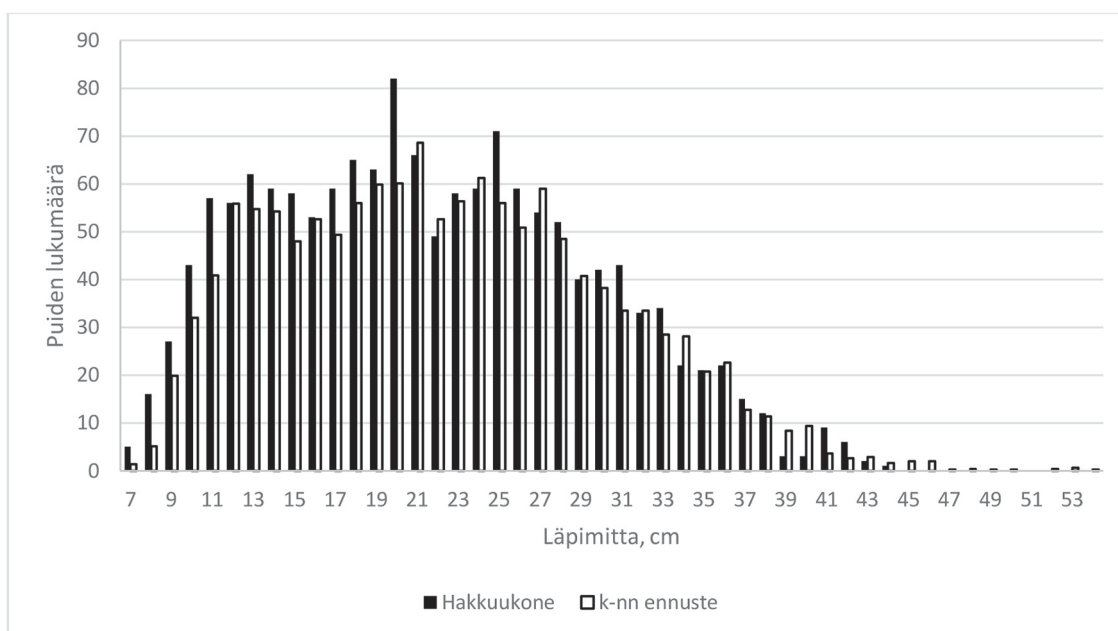
Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin tarkkaan paikannetun hakkuukonetiedon hyödyntämistä puuston läpimittajakauman ja siihen liittyvien puustotunnusten kuvauksessa. Hakkuukonetietoa hyödynnettiin sekä mallitusaineistona koealatasolla, jolloin jakaumat ennustettiin laserkeilauspiirteiden avulla, että tarkastellessa ennustettujen jakaumatunnusten tarkkuutta leimikkotasolla. Tutkimuksessa vertailtiin myös erilaisia mallituskoealakokoja, jotka olivat 200, 400, 900 ja 1600 m<sup>2</sup>.

Tutkimusaineiston muodosti 47 erillistä kuusivaltaista päätehakkuualueetta Romeriken alueelta Norjasta. Jokaiselle alueella sijoiteltiin systemaattisesti ja kattavasti erikokoisia koealoja sen mukaan, kun niitä alueen sisälle mahtui. Tästä johtuen jokaisella koealakoolla oli eri määrä sekä mallituskoealoja että tulosten validoinnissa käytettäviä leimikoita. Esimerkiksi koealakoolla 200 m<sup>2</sup> käytettävissä oli kaiken kaikkiaan 2306 koealaa. Alueelta oli käytettävissä myös harvapulssinen laseraineisto, josta hyödynnettiin aluepohjaisia piirteitä.

Läpimittajakaumien mallituksessa käytettiin epäparametrinen k-lähimmän naapurin (k-*nn*) menetelmää. Tulosten tarkkuuden tarkastelussa hyödynnettiin ristiin validointia, jolloin kulloinkin tarkasteltavan leimikon kaikki koealat poistettiin mallitusaineistosta. Tämän lisäksi poistettiin myös puuston tilavuuden havaitun autokorrelaation takia naapurileimikot, jos ne sijaitsivat lähempänä kuin 200 metriä kohdeleimikosta. Tuloksia tarkasteltiin kahdella eri tavalla. Ensimmäinen hyödyntäen kullakin mallituskoealakoolla vain niitä leimikoita, joiden pinta-ala oli yli 0,5 hehtaaria. Tällöin tarkasteltavien leimikoiden määrä vaihteli koealakoolla mukaan. Tällä tarkastelulla haluttiin jäljitellä hakkuuden operationaalista leimikkokokoa. Toiseksi tarkasteltiin kaikkia niitä leimikoita ( $n=15$ ), jotka olivat mukana suurimman mallituskoealakoolla 1600 m<sup>2</sup> aineistossa ja siten myös pienempien koealakojojen aineistoissa. Tällä tarkastelulla haluttiin puolestaan vertailla eri mallituskoealakojojen tarkkuutta keskenään mahdollisimman yhdenmukaisella leimikkoaineistolla.

Tulosten perusteella läpimittajakauma pystyttiin ennustamaan erittäin tarkasti erityisesti mallituskoealakojoja 200 m<sup>2</sup> ja 400 m<sup>2</sup> käyttäen. Alimmillaan ennustetun ainespuutilavuuden suhteellinen keskineliövirheen neliöjuuri (RMSE) oli alle 9 % leimikkotasolla. Myös muut tunnusluvut, kuten esimerkiksi jakaumien muodon vertailussa hyödynnetty virheindeksi, tuottivat leimikkotasolla erittäin pieniä arvoja. Tulokset olivat pääsääntöisesti hieman huonompia suurempia koealakojoja käytettäessä, joskin täytyy myös muistaa, että mallituskoealaineiston havaintojen määrä oli tällöin huomattavasti pienempi. Kahden eri leimikkotasoa tarkkuustarkastelun välillä ei havaittu merkittäviä eroja. Työssä tarkasteltiin myös ennustettuja läpimittajakaumia. Esimerkkikuvan (Kuva 1) jakauma on leimikosta, jolla saavutettiin pienin virheindeksin arvo. Laserpiirteillä ennustettu 200 m<sup>2</sup> mallituskoealakojoa hyödyntävä leimikkotasoa jakauma noudattaa jopa pienipiirteisesti (lievä kolmihuippisuus) maastossa havaittua jakaumaa.

Tämä tutkimus osoitti, että tarkasti paikannettu hakkuukoneaineisto mahdollistaa lukuisten mallituskoealajojen käytön puustotunnusten ennustamisessa ja tulosten tarkkuuden tarkastelun todellisella leimikkotasolla. Erityisesti jälkimmäinen asia on erittäin merkittävä, sillä aiemmin



**Kuva 1.** Leimikolle k-lähimmän naapurin menetelmällä laserpiirteillä ennustettu läpimittajakauma käyttäen 200 m<sup>2</sup> mallituskoealakojoa sekä vastaava hakkuukoneen tuottama puujoukko.

tulosten tarkastelu on yleensä tehty huomattavasti pienemmillä pinta-aloilla. Tulokset osoittivat, että puustotunnuksia pystytään ennustamaan erityisen tarkasti, mutta toisaalta täytyy muistaa, että tutkimuksen aineisto on paikallinen sisältäen vähän vaihtelua ja vain hakkuukypsiä metsiköitä. Tämä on kuitenkin lähes aina sovellustilanne, kun hyödynnetään yhdessä hakkuukone- ja kaukokartoitusaineistoja.

## Kirjallisuutta

- Hauglin M., Hansen E., Næsset E., Busterud B.E., Omholt Gjevestad J.G., Gobakken T. (2017). Accurate single-tree positions from a harvester: a test of two global satellite-based positioning systems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 32(8): 774–781. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1296967>.
- Hauglin M., Hansen E., Sørngård E., Næsset E., Gobakken T. (2018). Utilizing accurately positioned harvester data: modelling forest volume with airborne laser scanning. *Canadian Journal of Forest Research* 48(8): 913–922. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0467>.
- Peuhkurinen J., Maltamo M., Malinen J. (2008). Estimating species-specific height-diameter distributions and saw log recoveries from ALS data and aerial photographs: a distribution-based approach. *Silva Fennica* 42(4): 625–641. <https://doi.org/10.14214/sf.237>.