



Jouni Siipilehto<sup>1</sup>, Jari Hynynen<sup>1</sup> ja Daesung Lee<sup>1</sup>

## Keskitunnuksella suuri merkitys ennustettaessa puuston kokojakaumaa

---

Siipilehto J., Hynynen J., Lee D. (2022). Keskitunnuksella suuri merkitys ennustettaessa puuston kokojakaumaa. Metsätieteen aikakauskirja 2022-10713. Tutkimusseloste. 3 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10713>

**Yhteystiedot** <sup>1</sup>Luonnonvarakeskus, Luonnonvarat, Helsinki

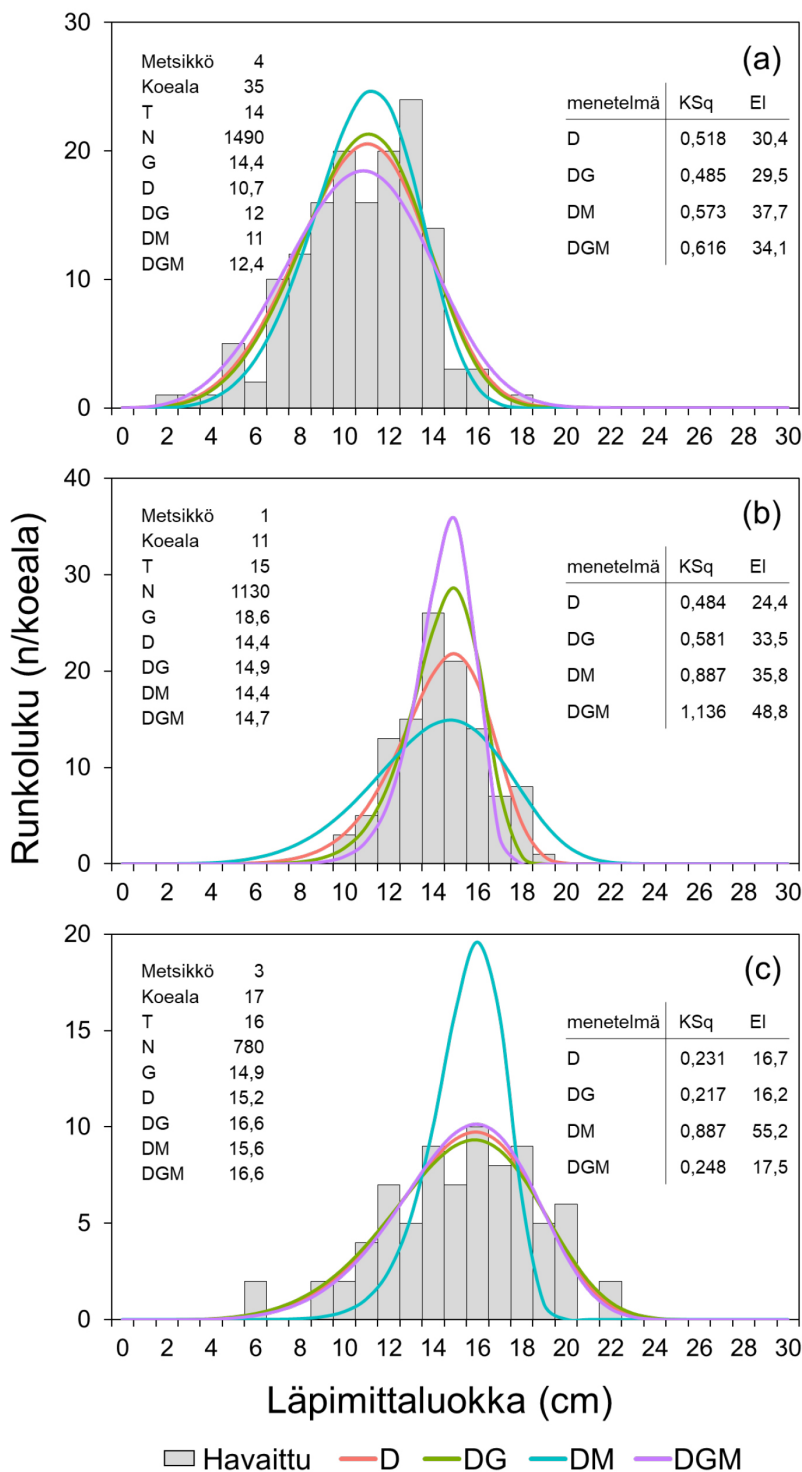
**Sähköposti** [jouni.siipilehto@luke.fi](mailto:jouni.siipilehto@luke.fi)

**Seloste artikkelista** Lee D., Siipilehto J., Hynynen J. (2021). Models for diameter distribution and tree height in hybrid aspen plantations in southern Finland. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10612. <https://doi.org/10.14214/sf.10612>

---

Hybridahaapa (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) tunnetaan erittäin nopeasta kasvusta sekä hyvistä puuaineen ominaisuuksista. Siitä huolimatta malleja hybridahaavan kasvattamisen tueksi ei ole laadittu Pohjois-Euroopassa. Tutkimuksessamme esittelimme menetelmiä ja malleja hybridahaavikon läpimittajakauman ja puiden pituuden ennustamiseksi. Aineistona oli neljä toistuvasti mitattua (7–12 mittauskertaa vuodesta 1997 vuoteen 2016) istutetun hybridahaavan kenttäkoetta, jotka sijaitsivat Lohjan Jalassaaressa ja Kirkniemellä, Lapinjärvellä ja Pornaisissa. Kokeessa vertailtiin neljää eri viljelytiheyttä: 400, 800, 1200 ja 1600 tainta hehtaarilla. Koealoja, kooltaan 1000 m<sup>2</sup>, oli 4–24 kpl kullakin koalueella, ja koelatasen havainnot oli kaikkiaan 294.

Läpimittajakauma ratkaistiin parametrin palautusmenetelmällä ja pituuden ennustamiseksi laadittiin kaksi mallia Näslundin pituuskäyrään perustuen. Kahden parametrin Weibull-jakauma voidaan ratkaista parametrin palautusmenetelmällä tietyn keskitunnuksen ja toisen momentin avulla. Toinen momentti on sama kuin neliökeskiarvon neliö ( $DQ^2$ ) ja se saadaan pohjapinta-alan ( $G$ ) ja runkoluvun ( $N$ ) avulla kaavalla  $DQ^2 = G/(N \times q)$ , jossa  $q$  on konversiokerroin  $\pi/200^2 = 7,854E-05$ . Tarkasteltuja keskitunnuksia olivat aritmeettinen keskiläpimitta ( $D$ ), pohjapinta-alapainotteinen keskiläpimitta ( $DG$ ), mediaani ( $DM$ ) ja pohjapinta-alan mediaaniläpimitta ( $DGM$ ). Palautetun jakauman yhteensopivuutta havaittuun jakaumaan tarkasteltiin Kolmogorov-Smirnov ( $KS$ ) ja Error Index ( $EI$ ) -testien avulla. Tulosten mukaan mediaani  $DM$  oli epäluotettavin keskitunnus ja yhteensopivuus hylättiin 34 % tapauksista (101 jakaumaa 294 jakaumasta). Kun käytettiin  $DGM$ -muuttujaa, hylkäyksiä oli 12,6 %,  $D$ -muuttujalla 5,1 % ja  $DG$ -muuttujalla vain 2,7 %. Esimerkit palautetuista jakaumista eri keskitunnuksilla kolmelle koelalle osoittavat suhteellisen pieniä eroja muiden keskitunnusten kuin mediaanin  $DM$  välillä (Kuva 1). Pahimmillaan palautettu jakauma oli niin huipukas, että kaikki puut kuuluivat mediaanin  $DM$  määrittämään läpimittaluokkaan.



**Kuva 1.** Esimerkit kolmesta koealasta, joissa mediaani tuotti muista keskitunnuksista poikkeavan ratkaisun. Koealan puustotunnuksot ovat kuvissa vasemmalla: T ikä, N runkoluku, G pohjapinta-ala, D keskiläpimitta, DG pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta, DM mediaani ja DGM pohjapinta-alan mediaaniläpimitta ja jakaumien yhteensopivuudet oikealla: KSq Kolmogorovin-Smirnovin quotum ja EI Error Index. Harmaat pylväät kuvaavat havaittua jakaumaa ja  $KSq > 1$  tarkoittaa yhteensopivuuden hylkäämistä Kolmogorovin-Smirnovin testillä 10 % riskillä. Esimerkissä a) kaikki ratkaisut olivat tilastollisesti yhteensopivia, mutta keskiarvot (D, DG) olivat mediaaneja (DM, DGM) parempia; b) mediaaneista DM tuotti liian laakean ja DGM liian huipukkaan jakauman ja c) DM tuotti huipukkaan ja huonosti yhteensopivan ratkaisun.

Estimoitu Näslundin käyrä pituudelle  $h$  läpimitan  $d$  funktiona oli muotoa  $h = (d/(\exp(b_0) + \exp(b_1) d))^2 + 1,3$ . Kun parametrit estimoidaan muodossa  $\exp(b_i)$ , niin ne saavat aina positiivisen arvon, mikä on edellytys järkevän pituuskäyrän muodolle. Lisäksi aikaisemmin on havaittu logaritmistien parametrien  $\ln(b_i)$  voimakas lineaarinen riippuvuus keski- ja valtapituuden  $\ln(HG)$  ja  $\ln(H_{dom})$  suhteen. Pituusmalli laadittiin epälineaarisenä sekamallina sisältäen satunnaisen vakion ja satunnaisen kertoimen neljälle koealueelle. Mallin laadinnassa käytettiin R-ohjelmiston nlme-pakettia. Potenssifunktiolla huomioitiin jäännösvirheen heteroskedastisuus. Koska DG oli paras keskitunnus läpimittajakauman ratkaisemiseksi, se valittiin selittäväksi muuttujaksi pituusmalleihin. Muita pituusikäyrän selittäviä muuttujia olivat pohjapinta-alapainotteinen pituus (HG), ikä (T), G ja  $d$  (Malli 1). Lisäksi laadittiin Malli 2, jossa oli Mallin 1 selittäjien lisäksi runkoluku N. Malli 1 osoittautui herkäksi DG- ja HG-muuttujien muutoksille, kun taas Malli 2 oli herkkä puuston tiheyttä kuvaavien muuttujien G ja N muutoksille. Mallit olivat harhattomia puustotunnusten suhteen, mutta Malli 1 oli hieman harhainen puun suhteellisen koon  $d/DG$  suhteen, kun taas Malli 2 oli myös sen suhteen harhaton. Kuitenkin Mallia 1 voitiin pitää luotettavampana, koska pituusikäyrän ennusteet seurasivat tarkasti DG- ja HG-selittäjien muutoksia. Parametrien palautusmenetelmä DG-muuttujan avulla ja ennustetut Näslundin pituusikäyrät luovat vankan pohjan hybridihaavan läpimitan ja pituuden ennustamiseksi.

## Lähteitä

- Siipilehto J, Mehtätalo L (2013) Parameter recovery vs. parameter prediction for the Weibull distribution validated for Scots pine stands in Finland. *Silva Fenn* 47, article id 1057. <https://doi.org/10.14214/sf.1057>.
- Siipilehto J, Kangas A (2015) Näslundin pituusikäyrä ja siihen perustuvia malleja läpimitan ja pituuden välisestä riippuvuudesta suomalaisissa talousmetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja*, artikkelitunnus 6584. <https://doi.org/10.14214/ma.6584>.