

Lauri Korhonen

## Latvuspeittävyys, sen mittaaminen ja kansainvälinen metsän määritelmä

Suomessa metsätalousmaa on perinteisesti jaettu kolmeen pääryhmään: metsämaahan, kitumaahan ja joutomaahan. Metsämaalla puuston vuotuinen kasvu on vähintään 1 m<sup>3</sup>/ha ja kitumaalla vähintään 0,1 m<sup>3</sup>/ha. Joutomaalla kasvu on tätä pienempi. Kansallisissa metsätilastoissa metsien pinta-ala on ollut luontevaa raportoida suoraan näiden luokkien osuutena, koska puuston kasvun arviointi valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI) on luotettavaa.

Kansainvälisellä tasolla metsäalan määrittely ei ole yhtä yksinkertaista, sillä metsän määritelmät ovat eri maissa erilaisia. Jotta tilastot olisivat vertailukelpoisia, YK:n metsäsioita hallinnoiva FAO on määritellyt seuraavan luokittelun:

1. Metsä (*forest*). Kypsyysvaiheessa puuston latvuspeittävyys on yli 10 % ja puiden pituus vähintään 5 m. Metsän pinta-alan on oltava vähintään 0,5 ha ja leveyden 20 m.
2. Muu puustoinen maa (*other wooded land*). Kypsyysvaiheessa puuston latvuspeittävyys on 5–10 % ja puiden pituus vähintään 5 metriä. Vaihtoehtoisesti koko puuston ja pensaston latvuspeittävyys on yli 10 %. Alueen pinta-alan on oltava vähintään 0,5 ha ja leveyden 20 m.
3. Muu maa (*other land*). Maa, joka ei ole FRA-luokituksen (Forest Resources Assessment Project) mukaan luokkaa 1, 2 tai 4. Ei pinta-alavaatimusta.
4. Muu maa, jossa kasvaa puita (*other land with tree cover*). Luokan 3 alaluokka, joka sisältää alueet jotka täyttävät puuston ja pinta-alan osalta metsän määritelmän, mutta eivät ole metsätalouskäytössä. Esimerkiksi puisto, puustoinen tontti tai puustoinen laidun.

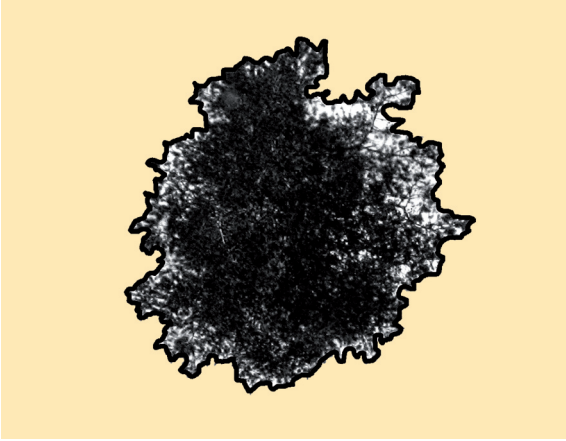
Jotta FAO-luokittelu voidaan tehdä, VMI:n on siis pystyttävä määrittämään luotettavasti alueelle luontaisesti kehittyvän metsän pituus ja latvuspeittävyys (eli lyhemmin latvuspeitto). Pituuden mittaaminen on rutiinityötä, mutta latvuspeiton arviointi maan pinnalta käsin on ongelmallista. Latvukset näkyvät yleisesti ottaen paremmin ylhäältä käsin, ja latvuspeittävyys lieneekin valittu kansainvälisen määritelmän pohjaksi nimenomaan kaukokartoituspohjaisten inventointien vuoksi; niissähän latvuspeittävyys on eräs helpoimmin tulkittavista metsän tunnuksista. Sen sijaan maastomittausten kannalta esimerkiksi puuston pohjapinta-ala olisi ollut helpommin arvioitava metsäalan mittari.

Käytännössä kaikki Suomessa metsämaaksi luokiteltavat riittävän suuret metsäalueet ovat metsää myös kansainvälisen määritelmän mukaan. Ongelmia tuottavat lähinnä kitumaat, joilla puusto on harvaa ja täysin kehittyneekin puuston latvuspeitto on usein lähellä 10 % rajaa. Kitumaata on Suomessa 11. VMI:n mukaan 8,2 % koko maa-alasta, joten ei ole yhdentekevää mihin kansainväliseen luokkaan kitumaat kuuluvat.

Kansainvälisen määritelmän lisäksi latvuspeitto on kiinnostavaa tietoa myös monissa muissa soveluksissa. Latvuspeittävyys vaikuttaa metsän pohjalle pääsevän auringonvalon ja muun säteilyn määrään, ja siksi sen avulla voidaan esimerkiksi määrittää eri kasvi- ja eläinlajeille sopivia elinympäristöjä. Latvuspeiton avulla voidaan myös mallintaa metsän rakenteen vaikutusta ilmastoon tai vaikkapa metsään kertyvää lumipeitettä. Siksi Suomen VMI:ssä määritetään nykyhetken latvuspeittävyys kaikille maastokoealoille.

## Miten latvuspeittävyys määritellään?

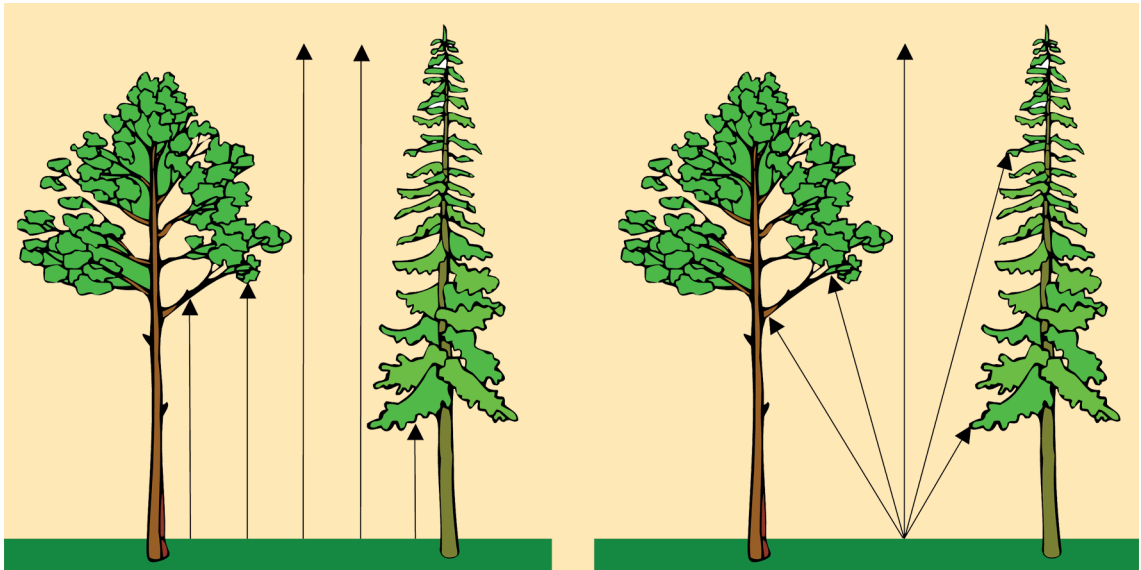
Yleisellä tasolla latvuspeitto tarkoittaa siis latvusten peittämää osuutta jostakin pinta-alasta. Täsmällisesti määritellen latvuspeitto pitäisi mitata täsmälleen pystysuunnassa siten että kullakin latvuksella on ”ulkoraja” jonka sisäpuolinen osa katsotaan yhtenäiseksi latvukseksi. Pienet reiät latvuksen sisällä



**Kuva 1.** Ylhäältä lunta vasten kuvatulle männynlatvalle piirretty latvuksen ulkoraja.

ovat siis latvuspeittävyuden yleisimmän määritelmän mukaan osa latvusta. Jos latvustosta voitaisiin piirtää kuvan 1 tapainen kartta, latvuspeittävyys olisi helppo laskea sen perusteella. Valitettavasti tällaisen kartan laatiminen tarkasti maan pinnalta käsin on miltei mahdotonta, eikä ilmasta katsoenkaan ongelmaton.

Latvuspeiton mittaamiseen on useita tapoja, jotka tuottavat hieman erilaisia tuloksia. Usein latvuspeittoa mitataan esimerkiksi kameroilla kuvaamalla latvustoa maanpinnalta katsoen ylöspäin. Valokuva ei kuitenkaan vastaa karttaa vaan esittää ympäristöä keskusprojektiossa, eli kuvassa näkyy kameran avauskulmaa vastaava osa taivaankantta (kuva 2). Jos kuvalta arvioidaan latvuspeittävyyttä esimerkiksi latvuspikselien osuutena, tulos ei suoraan vastaa varsinaista latvuspeittävyyttä, koska myös latvuksen sivuosaa näkyy sitä enemmän mitä suurempi on kameran avauskulma. Lisäksi latvuksen sisäiset aukot luokitellaan taivaaksi, ellei niitä erikseen värjätä mustiksi. Kameralta saatavalle peittävyysarviolle on englanniksi esitetty omaa käsitettä *canopy closure* (latvuspeittävyys on englanniksi *canopy cover* tai *crown cover*), joka voidaan kääntää muotoon ”latvussulkeuma”, mutta yhtä hyvin voidaan puhua latvuston tiheydestä tai kääntäen aukkoisuudesta.



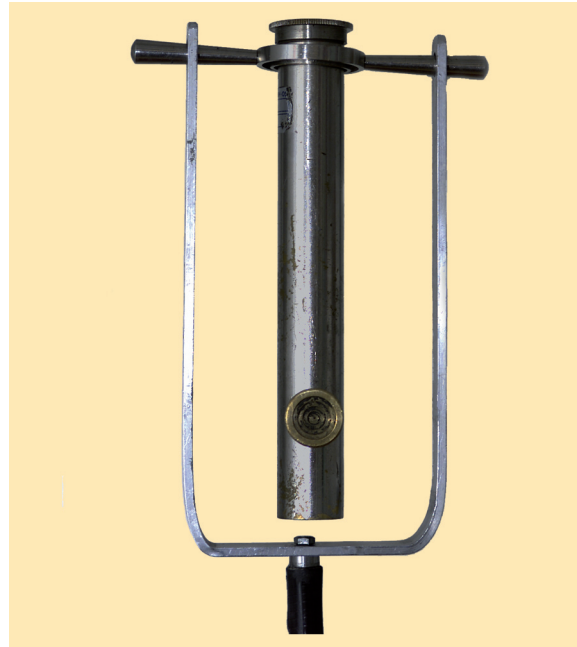
**Kuva 2.** Latvuspeitto tulisi mitata täsmälleen pystysuunnassa. Avauskulmallisia mittavälineitä käytettäessä tulos kuvaa latvuston tiheyttä tai valonläpäisevyyttä valitulla kulmavälillä.

## Latvuspeiton mittaaminen

Latvuspeiton tai -tiheyden mittaamiseen on kehitetty suuri määrä erilaisia apuvälineitä. Suomessa yleisimmin käytetty mittaväline on Cajanuksen putki (kuva 3), jonka Werner Cajanus kehitti jo 1910-luvulla latvuksen säteen mittaamista varten. Putki on automaattisesti tasapainottuva, ylöspäin katsova periskooppi, jonka päässä oleva ristikko osoittaa suoraan putken yläpuolella olevan kohdan. Myöhemmin Risto Sarvas ehdotti että Cajanuksen putkella voidaan mitata myös latvuspeittoa. Menetelmässä koealalta mitataan systemaattisesti joukko pisteitä ja kirjataan onko niiden kohdalla latvustoa vai ei. Latvuspeittävyys saadaan pisteiden keskiarvona. Menetelmä on edelleen käyttökelpoinen ja erittäin tarkka, jos valitulta alueelta on aikaa mitata yli sata pistettä. Lisäksi tulokset vastaavat täsmälleen latvuspeiton määritelmää.

Toinen perinteinen ja paljon käytetty mittausväline on densiometri (*spherical densiometer*), jossa rasiaan upotettu kupera tai kovera peili heijastaa yläpuolella olevaa latvustoa ja latvuston tiheyttä voidaan arvioida peiliin kaiverretun mittaristikon avulla. Myös kameroita on käytetty paljon latvusmittauksissa, ja latvuston tiheyden automaattinen määrittäminen digikuvilta onnistuu nykyään helposti. Myös pystysuuntainen latvuspeittävyys on mahdollista saada melko tarkasti, kun kameran avauskulma pidetään alle 40 asteessa ja liian pienet aukot luokitellaan osaksi latvustoa. Lisätuna kuva jää pysyväksi dokumentiksi koealasta, mutta toisaalta tulokset saadaan yleensä selville vasta kun päästään takaisin tietokoneen ääreen. Järjestelmäkameran ja kalansilmälinssin avulla voidaan lisäksi määrittää toinenkin ekologisesti ja ilmaston kannalta kiinnostava tunnus, lehtialaindeksi.

Kamerallakin on tarkan arvon saamiseksi otettava vähintään 20 kuvaa per koeala, joten jos arvio tarvitaan hyvin nopeasti, vaihtoehtoja on vähemmän. Kitumailla ja muissa metsissä, joissa näkyvyys on hyvä, latvuspeittoa voidaan arvioida myös erityisellä latvusrelaskoopilla. Latvusrelaskoopin relaskooppikerroin on erittäin suuri (esimerkiksi 100 tai 200) ja sen hahlo on niin korkea, että sen avulla voidaan laskea latvuksia samaan tapaan kuin normaalilla relaskoopilla runkoja. Jos relaskooppikerroin on esimerkiksi sata, jokainen latvus joka näyttää



**Kuva 3.** Cajanuksen putki. Kuva Pekka Voipio.

hahloa leveämmältä kerryttää latvuspinta-alaa 100 m<sup>2</sup>/ha eli yhden prosentin hehtaarista. Latvuspeitto saadaan siis suoraan laskemalla hahloa leveämpien latvusten määrä ja kertomalla se relaskooppikerrointa vastaavalla suhdeluvulla. Menetelmä on nopea ja mahdollistaa myös puulajeittaisten peittävyysien arvioinnin, mutta se ei toimi tiheissä metsissä joissa näkyvyys on huono. Myös päällekkäin menevät latvukset ja latvusten epäsymmetrinen muoto aiheuttavat ongelmia.

Ellei aikaa ole varsinaiseen mittaukseen, latvuspeitto täytyy arvioida silmävaraisesti. Näin toimittiin pitkään Suomenkin VMI:ssä. Yleensä kokematon arvioija aliarvioi latvuspeiton, koska latvusten todellista leveyttä on hankala hahmottaa maan pinnalta. Jos arviointisilmää on mahdollista harjoittaa koealoilla joiden latvuspeitto on mitattu, silmävaraisestikin voidaan päästä hyviin tuloksiin. Arvioinnin luotettavuudesta ei tosin silloinkaan voida olla täysin varmoja, joten Suomen VMI:ssä on aktiivisesti etsitty keinoja vähentää silmävaraista arviointia.

## Valtakunnalliset latvuspeittävyysmallit

VMI-koealojen puustotunnukset mitataan joka tapauksessa tarkasti, ja latvuspeittävyyttä voidaan ennustaa niiden avulla. VMI:tä varten on siksi laadittu erikseen latvuspeittomallit, joiden perustana on 263 eri puolilta maata mitatun latvuspeittokoealan muodostama aineisto. Erityisesti puuston pohjapinta-ala korreloi voimakkaasti latvusten pinta-alan ja siten myös latvuspeiton kanssa. Toisena merkittävänä selettäjänä malleissa on puuston pituus, jonka vaikutus latvuspeittoennusteeseen on mallissa negatiivinen: kasvava pituus alentaa mallin antamaa ennustetta. Tämä vaikuttaa aluksi ristiriitaiselta, mutta on muistettava että pituuden kasvu johtaa yleensä myös pohjapinta-alan kasvuun. Uudistuskypsässä puustossa on yleensä enemmän puiden välisiä aukkoja kuin pohjapinta-alaltaan vastaavassa tiheässä nuoressa metsässä, eli malli toimii itse asiassa täysin loogisesti. Lisäselittäjinä mallissa käytetään kasvupaikkaa, lehtipuiden osuutta ja pohjoiskoordinaattia. Ennusteen keskivirhe on tällöin noin kahdeksan prosenttia. Maastossa parempaan tarkkuuteen päästään vain jos mittaamiseen on aikaa vähintään viisi minuuttia. Tämänhetkiset Suomen VMI:n latvuspeittoennusteet perustuvat pelkästään mallin käyttöön; silmävarainen arviointi voi joissain tapauksissa olla mallia tarkempaa, mutta ainakin mallin tarkkuus tunnetaan. Selvästi virheellisiä ennusteita malli tuottaa lähinnä tilajärjestykseltään poikkeavissa metsissä.

## Kaukokartoitus ratkaisuna

Vaikka kaukokartoitus soveltuu erittäin hyvin latvuspeittävyuden arviointiin, eri kaukokartoitusmateriaalien tarkkuudessa on suuria eroja. Laserkeilaus tuottaa tarkkaa pistemuotoista tietoa latvuston rakenteesta, ja soveltuu siksi erittäin hyvin latvuspeiton mittaamiseen. Suuralueiden inventointiin tyyppillisesti käytettävässä laseraineistossa pulsseja on noin yksi kahta neliometriä kohden, eli esimerkiksi säteeltään yhdeksän metrin koealalle osuu 120–130 laserpulssia. Jokainen laserkaiku voidaan luokitella joko latvus- tai maakaiuksi, ja latvuspeittävyyttä voidaan arvioida yksinkertaisesti latvuskaiujen prosentiosuutena. Laserkeilaus siis vastaa niin teoriassa kuin käytännön tarkkuudeltaan Cajanuksen put-

kella tehtävää latvuspeittomittausta, sillä erotuksella että keilaimen liikkeen takia pulssien tulokulma on 0–15 astetta. Poikkeama pystysuunnasta aiheuttaa lievää latvuspeiton yliarviota, jota voidaan kuitenkin korjata maastomitatun tukiaineiston tai muiden laskeennallisten menetelmien avulla. Jos pulssitiheyttä lisätään, laserkeilaus mahdollistaa myös tarkkojen latvuston korkeutta kuvaavien karttojen laatimisen. Tiheästä pulssiaineistosta voidaan mitata myös yksittäisten puiden latvusten muotoa ja tilavuutta.

Optisia ilma- ja satelliittikuvia on myös käytetty paljon latvuspeittävyuden määrittämiseen. Suomen oloissa latvuston heijastusominaisuuksiin perustuva kaukokartoitusta hankaloittaa runsas aluskasvillisuus, joka sekoittuu helposti erityisesti lehtipuuston kanssa. Ilmakuvia käytettäessä varjot, kuvien sisäinen kirkkausvaihtelu ja keskusprojektiosta johtuva säteissiirtymä vaikeuttavat latvuspeiton arviointia. Näiden syiden vuoksi korkean resoluution ilma- tai satelliittikuvilla ei ole päästy boreaalisisä metsissä yhtä hyviin tulokseen kuin laserkeilauksella sen enempiä latvuspeiton kuin muidenkaan metsikkötunnusten osalta. Sellaisilla alueilla joissa metsäpohjan heijastusominaisuudet poikkeavat selvästi latvustosta, myös optisten kuvien avulla on saatu hyviä latvuspeittävyysarvioita.

Laserkeilaus ja ilmakuvat ovat suurelta osin korvaamassa perinteisen kuvioittaisen arvioinnin metsäsuunnittelun tärkeimpänä tietolähteenä. Metsäsuunnittelua ja korkeusmallien laadintaa varten laserkeilataan erittäin suuria alueita, joten tarkan latvuspeittävyysaineiston saatavuus paranee koko ajan. Suomen VMI ei ole lähitulevaisuudessa siirtymässä laserkeilaukseen, mutta laseraineistojen käyttöä VMI:n apuna tutkitaan aktiivisesti. Maailmanlaajuisessa metsäpinta-alan seurannassa optiset satelliittikuvat säilyvät edelleen käyttökelpoisimpana materiaalina, ainakin siihen asti että uusien kasvillisuuden seurantaan suunniteltuja lasersatelliitteja saadaan lähetettyä kiertoradalle.

## Kirjallisuutta

- FAO 2004. Global forest resources assessment update 2005. Terms and definitions (Final version). Forest resources assessment programme working paper 83/E, Rome, Italy. 36 s.
- Gschwantner, T., Schadauer, K., Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., di Cosmo, L., Robert, N., Duursma, D.E. & Lawrence, M. 2009. Common tree definitions for national forest inventories in Europe. *Silva Fennica* 43(2): 303–321.
- Jennings, S.B., Brown, N.D. & Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72(1): 59–74.
- Korhonen, L. 2011. Estimation of boreal forest canopy cover with ground measurements, statistical models and remote sensing. *Dissertationes Forestales* 115.
- Rautiainen, M., Stenberg, P. & Nilson, T. 2005. Estimating canopy cover in Scots pine stands. *Silva Fennica* 39(1): 137–142.
- Sarvas, R. 1953. Measurement of the crown closure of the stand. *Communicationes Instituti Forestales Fenniae* 41(6). 13 s.
- Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). Maastotyön ohjeet 2009. Koko Suomi. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. 120 s.

■ MMT Lauri Korhonen, Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto  
Sähköposti lauri.korhonen@uef.fi