

Jouko Laasasenaho

## Puun elävän latvuksen alarajan määrittämisestä ja käytöstä

### Johdanto

**P**uun latvus kiinnostaa tutkijoita ja käytännön ammattilaisia, koska elävän latvuksen pituus on puun kasvun kannalta tärkeä tunnus ja puun laadun (oksaisuuden) merkitys sahatavaran hintaan vaikuttavana tekijänä on selvästi kasvamassa. Latvuksen pituutta ei ole mitattu eikä käytetty Suomessa kovin paljon, mutta tutkimuksin on osoitettu sen merkitys esim. puuston kasvun kannalta. Latvuksen pituutta on käytetty rungon tilavuuden tarkemmassa määrittämisessä Ruotsissa, jossa se on muuttujana sikäläisissä tilavuusyhtälöissä. Suomessa tilavuuden tarkempaan määrittämiseen mitataan yläläpimittaa ( $d_6$ ).

Oksien karsiutumisen määrää puiden laadun sahapuuna. Kuolleet oksat sahapuussa heikentävät laatua eniten. Eläviät oksat eivät laatuun vaikuta niin paljon. Arvokkain tukki on oksaton tyvitukki, mutta kysyntää on myös terveoksisella sahatavaralla.

Metsäntutkimuslaitos on kehittänyt uudet kasvumallit (Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612, 1996), joita tullaan käyttämään ennen kaikkea MELA:ssa. Näillä kasvufunktioilla tulee olemaan laaja käyttö, koska niillä suoritetaan lähes kaikki suunnittelulaskelmissa tarvittavat metsien kehityksen simulointilaskelmat.

Uusissa kasvufunktioissa on otettu käyttöön latvuksen pituus kasvua selittävänä muuttujana ja samalla sitä voidaan käyttää puuston oksaisuuslaadun selittäjänä. Näin on saatu entistä paremmat

yhtälöt, joilla siis voidaan selvittää kasvua ja muita asioita entistä paremmin. Seuraavassa tarkastellaan tämän uuden muuttujan käytön perusteita sekä mitaamisen että mallinnuksen kannalta.

### Latvussuhteen biologisesta merkityksestä

Mitä pitempi latvus puulla on sitä parempi on puun kasvukunto ja elinvoima. Puun elävän latvuksen pituuteen vaikuttaa ennen kaikkea puun käytettävissä oleva kasvutila eli metsikön tiheys. Taimikkovaiheen jälkeen, kun metsikön puuston latvusto sulkeutuu, puiden latvuston alimmat elävät oksat kuolevat ja latvusraja nousee. Mitä tiheämpi metsä, sitä nopeammin alimmat oksat kuolevat. Kuolleiden oksien karsiutuminen riippuu ratkaisevasti niiden paksuudesta. Nämä asiat ovat yleisesti tiedossa sekä käytännön metsätalouden että tutkimuksen kautta.

Männyillä suoritettavat karsimiskokeet osoittavat, että puiden kasvuun vaikuttaa lähinnä vain se latvuksen osa, johon suora auringon säteily pääsee melko esteettömästi. Nuorilla männyillä suoritettavat karsimiskokeet osoittavat, että 2–3 alimman elävän oksakiehkuran karsinta ei vähennä puun kasvua, vaan voi jopa sitä lisätä (Vuokila 1968). Koivulla tosin elävien oksien karsiminen yleensä alentaa kasvua. Havupuilla alimmilla elävillä oksilla ei siis ole vaikutusta kasvuun, ainakaan jos elävän latvuksen osuus puun pituudesta jää yli 40 %. Tämä

on helposti ymmärrettävissä tarkastelemalla puiden oksien paksuutta latvuksessa.

Tukkipuissa puissa alimmat elävät oksat eivät yleensä ole paksuimpia, joka seikka myös viittaa siihen, että niiden neulasten yhteyttämisuotteista on jäänyt niukasti resursseja oksan läpimitan kasvattamiseen jatkuvasti ja siten todennäköisesti niillä ei ole vaikutusta myöskään rungon kasvuun. Isoilla puilla alimmat oksat saavat yleensä vain auringon hajasäteilyä, joka on pääsyy siihen, että niiden neulasten yhteyttäminen on heikkoa.

Seuraavassa tarkastellaan latvussuhteen kehitystä ja sen vaikutusta kasvuun Metsäntutkimuslaitoksen Heinolan Nynäsissä sijainneen koealasarjan avulla (Koivuniemi 1992). Koealasarjassa oli harventamattomia ja eriasteisin harvennuksin käsiteltyjä koealoja vuonna 1929 istutetussa, rehevällä (OMT) maapohjalla olevassa kuusimetsässä. Koealat oli perustettu 1962 ja viimeinen mittausta tehtiin 1989. Kokeen kestäessä käsittely vaikutti puiden latvussuhteeseen selvästi, kuten seuraava koepuiden latvussuhteista viimeisellä mittauskerralla laskettu asetelma osoittaa:

	latvussuhde, %	ja niiden hajonta
Harventamaton	41,6	7,7
Lievä harv.	44,1	8,2
Normaali harv.	54,4	5,5
Voimakas harv.	63,9	5,5

Koko koepuuaineiston (127 koepuuta) keskimääräinen latvussuhde oli 50,6 % ja puittaisten latvussuhteiden välinen hajonta oli 11,0. Koealojen sisällä latvuksen osuus puun pituudesta vaihteli selvästi vähemmän kuin koko aineistossa. Latvussuhde riippuu siis hyvin selvästi kasvutilasta ja muista olosuhteista.

### Latvuksen alkamisrajan määrittäminen

Nykyisten mittausohjeiden mukaan elävän latvuksen alarajan korkeuden havupuilla määrää sellainen oksa, jossa on eläviä neulasia ja jonka yläpuolella on korkeintaan yksi tyhjä tai pelkästään kuolleita oksia käsittävä oksakiehkura. Tämän määritelmän mukaan elävän latvuksen sisällä voi olla runsaastikin kuolleita oksia. Täten näin mitattu latvusraja ei kerro terveitä oksia käsittävän runkopuun rajaa.

Myöskään kasvun määrittämisessä näin määritetty latvusraja ei ole hyvä, koska näin määritetyt alimmat elävät oksat eivät juuri vaikuta puun kasvuun.

Nynäsin kuusikkoaineistossa määritettiin latvusrajan korkeus nykyisin käytettävän määritelmän mukaan ja viimeisellä mittauskerralla samoilla koepuilla määritettiin korkeus myös oksakiehkuroihin, joissa oli vähintään 2, 3 tai neljä elävää oksaa. Puittaiset korkeuserot ja niiden hajonnat esimerkiksi metsikössä nykyisen latvusrajan (I<sub>r</sub>) ja vähintään 2 elävää oksaa sisältävän oksakiehkuran sekä sen ja 3 elävää oksaa käsittävien oksakiehkuroiden perusteella määritettyjen latvusrajojen välillä näkyvät seuraavasta asetelmasta:

	korkeusero, cm	hajonta, cm
I <sub>r</sub> -2 elävää oksaa	96,7	92,3
2-3 elävää oksaa	78,9	78,9

Puittaisten erojen (127 puuta) hajonta oli samaa suuruusluokkaa kuin keskiarvo, joten puittain on siis huomattavia eroja näiden määrittelyjen välillä.

### Latvussuhteen mallinnuksesta

Puun kasvua ennustettaessa malleilla estimoitavana oleva muuttuja on yleensä rinnankorkeudella olevan läpimitan tai poikkileikkausalan kasvu absoluuttisena tai suhteellisena. Tässä ei käsitellä näiden eri tapojen käytön hyviä tai huonoja puolia, vaan tarkastellaan, kuinka latvussuhde parhaiten voidaan ottaa huomioon. Latvussuhde ei sellaisenaan ole todellinen kasvutekijä, vaan sen avulla tulisi saada selville, kuinka paljon puussa on yhteyttävää lehvästää/neulasmassaa.

Viimeisten kymmenen vuoden aikana on selvitetty kokeiden ja ns. putkimalli-teorian avulla mm. latvuksen alarajalla olevan rungon mantopuun poikkileikkausalan ja latvuksen neulasmäärän välistä yhteyttä. Riippuvuus on ilmeisen kiinteä, joten latvuksen pituus välillisesti on hyvä puun kasvun selittäjä. Neulasmäärähän kuvaa puun yhteyttämisestä ja siten kasvua. Toisaalta rungon poikkileikkausala latvusrajalla on lähes yhtä hyvä selittäjä kuin mantopuun määrä, koska mantopuun ja rungon poikkileikkausalojen välillä on hyvin kiinteä riippuvuus latvusrajalla.



Latvusraja ei ole yksiselitteinen käsite. Kuva Jyrki Koivuniemi.

Koivuniemi on liseniaattityössään kokeillut, kuinka hyvin mantopuun tai rungon poikkileikkausala ( $g_x$ ) eri korkeuksilla latvasta selitti koepuun neljän viimeisen vuoden tilavuuskasvua ( $i_v$ ). Regressiomalli oli muotoa:

$$\ln(i_v) = a + b \times \ln(g_x) + c \times (\ln(g_x))^2.$$

Seuraavassa asetelmassa on mallien antamat selityssasteet:

Korkeus	Poikkileikkaus-ala mantopuulla	rungolla yhtälön selityssaste
21 oksakiehkuraa yläpuolella	0,92	0,92
28 oksakiehkuraa yläpuolella	0,94	0,94
latvusraja	0,93	0,91

Mantopuun määrä korkeudella, jonka yläpuolella oli 28 vuosikasvainta, selitti kokeilluista muuttujis-

ta parhaiten tilavuuskasvua. Yhtä hyvän selityssasteen antoi myös rungon poikkileikkausala kyseisellä korkeudella. Vähän heikomman tuloksen antoivat poikkileikkausalat latvuksen alarajalla. Parhaimmilla yhtälöillä jäännösvirhe kasvulle tällä yksinkertaisella yhtälöllä oli 29 %.

Tämä kuusella suoritetty koe jo osoittaa, että kasvua ei näytä selittävän parhaiten alimman elävän oksan korkeudelta määritetty mantopuun määrä, vaan parempia selityssasteita voidaan saada esim. tietyn oksien vuosimäärän korkeudelta mitatulla mantopuun määrällä. Todennäköistä olisi, että paras tulos saadaan, kun latvusraja määritetään siten, että se kuvaa yhteyttävää neulasmassaa hyvin eli latvuksen alarajan määritelmää muutettaisiin.

Koska aineista oli suppea ja erot pieniä, sen perusteella ei voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Koe osoittaa kuitenkin latvuksen hyvän selityskyvyn kasvuun vaikuttavana tekijänä, jos mallinnus tapahtuu oikein. Kasvumalleissa muuttujien tulisi kuvata kasvuun vaikuttavia tekijöitä. Koska kyse oli samasta aikajaksosta vaihteluun ei sisälly ilmaston vaihtelua, joka osaltaan nostaa selityssastetta. Lisäksi kyse oli vain yhdestä kasvupaikasta.

Metlan julkaisemissa kasvufunktioissa selitettävänä muuttujana on rinnankorkeudella tapahtuvan poikkileikkausalan kasvun logaritmi. Tätä muuttujaa selitetään mm. puun latvussuhteen logaritmilla. Latvussuhde on suhdeluku ja koska yhtälössä on mukana erilaisia absoluuttisia muuttujia ja niiden potensseja sekä logaritmeja, ei mallinnus täytä regressiomallin muuttujien yhteisdimensionaalisuuden vaatimuksia (Amateis ja McDill 1989).

Kasvun mallinnus on hyvin monimutkainen asia, jonka piirissä riittää töitä tutkijoille tulevaisuudessa. Mallien loogisuus on seikka, josta ei tulisi tinkiä, sillä vain siten saadaan tuloksia, joilla on pitempiaikaista käyttöä.

Periaatteellisena päämääränä yksittäisen rungon kasvun laskennassa tulisi olla rungon eri korkeuksilla tapahtuvan kasvun määrittäminen, jolloin pituuden kehitysmallit tukisivat rungon yläosassa tapahtuvaa kasvun määrittystä. Tällaiset mallit antaisivat mahdollisuuden myös arvokasvun luotettavaan laskentaan.

## Päätelmiä

Tarkastelu osoittaa, että latvuksen pituuden määrittäminen nykyisillä säännöillä, ei ole ainakaan aina paras tapa. Tarvittaisiin siis perustellumpi tapa määrittää elävän latvuksen pituus, jotta mittauksesta olisi enemmän hyötyä. Havupuilla voisi ajatella määritelmää, että latvuksen alaraja olisi oksakiehkurassa, josta alkaen kiehkuroissa on vähintään kaksi elävää oksaa. Tämä määritelmä parantaisi latvuksen pituuden arvoa kasvua selittävänä muuttujana ja kertoisi paremmin terveitä oksia sisältävän rungonosan pituudesta.

Näyttäisi siltä, että latvusrajan määritelmää muuttamalla ja ottamalla kasvuyhtälöihin mukaan runkokäyrillä laskettu rungon poikkileikkausala latvusrajalla, saataisiin kasvuyhtälöt tarkemmiksi ja paremmin todellisia kasvutekijöitä vastaavaksi. Samalla yhtälöiden loogisuus paranisi, joten niiden käyttö olisi luotettavampaa laadinta-aineiston ulkopuolella.

Latvusrajan määritelmän muutos olisi tietysti hyvin hankala siinä suhteessa, että vanhoja mittausaineistoja ei voitaisi käyttää kasvuyhtälöiden laadinnassa, jollei puita ole mitattu todella tarkasti, kuten

on tehty esim. VaPu-aineiston yhteydessä. Siinäkin aineistossa tilanne latvusrajan osalta voidaan selvittää vain mittaushetkellä. Mittaustavasta ja mallinnuksesta on kuitenkin syytä keskustella ennen latvusrajan laajamittaista käyttöä sekä käytännön että tutkimuksen puolella.

## Viitteet

- Amateis, R.L. & McDill, M.E. 1989. Developing growth and yield models using dimensional analysis. *Forest Science* 35(2): 329–337.
- Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.) 1996. Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 612.
- Koivuniemi, J. 1992. Kuusen sydän- ja mantopuun määrä ja sen vaikutus tilavuuskasvuun. *Metsänarvioimistieteen lisensiaattityö*. Helsinki
- Vuokila, Y. 1968. Karsiminen ja kasvu. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 66(5). 61 s.

■ Jouko Laasasenaho toimii Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen apulaisprofessorina.