

Erkki Verkasalo ja Hannu Aaltio

# Lehtikuusitukkien mittaus

Verkasalo, E. & Aaltio, H. 1994. Lehtikuusitukkien mittaus. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1994(1): 33–50.

Etelä-Suomen järviolueelta kerätystä 1817 lehtikuusitukin aineistosta tutkittiin tukkien latva- ja keskusmuotolukua, kapenemista ja latvakuoren paksuutta ja tehtiin vertailuja vastaavan alueen mänty- ja kuusitukkeihin. Lehtikuusitukeille laskettiin latvaläpimittaluokittaiset tilavuusluvut ( $m^3/m$ ) kuorelliseen latvaläpimittaan perustuvaa kappaleittaista mittausta varten ja tarkasteltiin tukkieräkohtaisten mittaustulosten korjausmahdollisuuksia erän keskipituuden, keskilatvaläpimitan, tukkipuiden keskimääräisen rinnankorkeusläpimitan, tyvitukkien osuuden ja tyvitukkien ja muiden tukkien omien tilavuuslukujen avulla. Käytäntöön suositeltiin erän keskipituuteen perustuvia korjauskertoimia. Tällä menetelmällä virhe aineiston kokonaistilavuudessa oli +0,01 % ja eräkohtainen virhe oli -3 - +5 %. Tähän asti käytetyillä mänty- ja kuusitukkien mittaamenetelmillä virheet kokonaistilavuudessa olivat vastaavasti +1,3 ja -3,4 % ja eräkohtaiset virheet -11 - +7 % ja -16 - +4 %.

Lisäksi laadittiin keskusläpimittaluokittaiset tilavuusluvut ( $m^3/m$ ) ja erän tyvitukkien osuuteen perustuvat tilavuuden korjauskertoimet kuorelliseen keskusläpimittaan perustuvaa mittausta varten. Tällä menetelmällä virhe aineiston kokonaistilavuudessa oli -0,05 % ja eräkohtainen virhe -3 - +1 %.

Asiasanat: lehtikuuset, *Larix*, tukit, mittaus, puutavaranmittaus.

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto, PL 18, 01301 Vantaa.

Hyväksytty 3.8.1994

## 1 Johdanto

### 1.1 Lehtikuusi Suomen puukaupassa

Suomessa on vajaat 25 000 hehtaaria lehtikuusiviljelmiä, joista vähintään 80 % on siperianlehtikuusta (*Larix sibirica* Ledeb.) ja loput lähes kokonaan euroopanlehtikuusta (*L. decidua* Mill.) (Tuimala 1993a). Valtaosa lehtikuusikoista on nuoria, joten niiden puukaupallinen merkitys on ollut

vähäinen. Lehtikuusen hakkuut olivat 1980-luvulla Metsäntutkimuslaitoksen metsissä keskimäärin 590  $m^3/a$  ja Metsähallituksen metsissä 300–400  $m^3/a$  (Verkasalo 1993a). Jos yksityismetsien ja metsäyhtiöiden hakkuiden arvioidaan olleen 200–1000  $m^3/a$ , kokonaishakkuut olisivat olleet 1000–2000  $m^3/a$ .

Lehtikuusen kysyntä kohdistuu järeään puuhun. Saha-, pylväs- ja viilupuusta on paikallisesti ollut jopa pulaa, kun taas kuitupuun käyttöön ei ole ollut kiinnostusta. Lehtikuusen hakkuita voitaneen 2000-

luvulla lisätä 20 000–30 000 kuutiometriin vuodessa, mutta valtaosa lisäpuumäärästä on kuitupuun mittaista harvennuspuuta (Hokajärvi 1993). Lehtikuusitukin käyttäjiä tulisivat tulevaisuudessakin olemaan etupäässä pienet ja keskisuuret, erikoistuneet sahat. Sahauksen huomattava laajentaminen olisi mahdollista vain Venäjältä tuotavan tukin turvin (Verkasalo 1993b).

Järeän lehtikuusen mitta- ja laatuvaatimukset vaihtelevat ostajittain ja leimikoittain. Tarjontaan nähdessä suuren tarpeen vuoksi vaatimukset tukkien vähimmäispituuden ja -paksuuden suhteen ovat useimmiten lievemmat kuin männyllä ja kuusella (Verkasalo 1993a). Tukkien laatuvaatimukset eivät myöskään ole erityisen ankaria; samat viat jotka männyllä ja kuusella estävät tukin teon (kuivat ja lahot oksat, lenkous, lievähköt mutkat) eivät lehtikuusella ole ratkaisevia loppukäytön kannalta. Viilun leikkaukseen on vaadittu yleensä oksatonta tukkia (Tuimala 1993b).

Järeää lehtikuusta kysytään ennen kaikkea maa- ja vesirakennukseen, mm. laitur- ja patorakenteisiin, pitkospuiksi ja junntapaaluiksi, laivanrakennukseen mastoihin ja tuki- ja kansirakenteisiin ja maatilarakentamiseen (Tuimala 1993b). Jonkin verran käyttöä on myös sisustuspuuna, lähinnä seinä- ja kattopaneeleina, lattialautoina ja parkettina, huonekaluteollisuuden raaka-aineena sekä massiivipuuna että leikattuna viiluna, ulkoverhoilussa ja ulkokalusteissa.

## 1.2 Lehtikuusipuutavaran mittaus

Suunnilleen kaikki lehtikuusipuutavara mitataan Suomessa jälkimittausten menetelmillä (Verkasalo 1993a). Hakkuukonemittausta ei yleensä käytetä, koska lehtikuusileimikoiden konehaku on niiden pienuuden, erikoisuuna apterauksen ja metsurihakuuta suosivien Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallituksen leimikoiden hallitsevan aseman vuoksi harvinaista. Mahdollisesti hakkuukonemittaus ei myöskään ole yhtä tarkkaa kuin männyllä ja kuusella, koska lehtikuuselle tyypilliset mutkat, kaarnan epätasaisuus ja sitkeistä oksista karsinnassa jäävät tyngät häiritsevät automaattista pituuden ja läpimitan mittausta (Ala-Ilomäki 1993). Myöskään automatisoitu tehdasmittaus ei yleensä tule

kysymykseen, koska lehtikuusta jalostavat sahat, veistämöt yms. ovat liian pieniä mittalaitteinvestointeja ajatellen. Runkokäyriin (Vuokila 1960a, Laasasenaho 1994 suull.) perustuva pystymittaus ei yleensä sovi lehtikuusileimikoiden mittaukseen niissä välttämättömän runkojen erikoisuuna apterauksen vuoksi; pystymittaus on tällöin työvoimavaltaisena tehontonta ja kallista.

Pylväiksi katsottavat järeät lehtikuuset mitataan kuorelliseen keskusläpimitaan ja pituuteen perustuvalla mäntypylväiden menetelmällä (Tiuhonen 1974, Puutavarapölkkyjen mittausohje 1991). Lehtikuusitukkien mittauskäytäntö on sen sijaan kirjava. Ohjeiden puuttuessa on mittauksen perusteena käytetty joko kuorellista tai kuoretonta latvaläpimittaa tai kuorellista keskusläpimittaa. Tilavuuden määrittämisessä on käytetty joko männyn tai kuusen yksikkötilavuuslukuja ja tukkierän keskipituuden mukaisia korjauskertoimia. Lehtikuusikuitupuu mitataan pinossa kuten muu havukuitupuu (Pinomittausohje 1991).

Lehtikuusipuutavaran mittauksesta on julkaistu varsin vähän tuloksia Pohjoismaissa. Katkotusta lehtikuudesta ei ole julkaistu mitään. Runkojen kapeenemista, muotolukuja ja tilavuusyhtälöitä ovat tutkineet Carbonnier (1959), Vuokila (1960a) ja Strand (1963). Vertailumahdollisuudet tämän ja näiden tutkimusten tulosten välillä ovat kuitenkin rajalliset, koska näissä ei ole raportoitu lainkaan tässä tutkimuksessa keskeistä tukkien muotoa. Laasasenaho (1994 suull.) on laatinut Vuokilan (1960a) aineiston perusteella runkokäyrät suomalaiselle lehtikuuselle. Nämä runkokäyrät perustuvat puun syntypisteestä kahden metrin välein mitattuihin läpimitoihin, minkä vuoksi niitä ei voitu soveltaa tukki-osan tilavuuden määrittämisessä. Kuoren osuutta on selvitetty Mattsonin (1917), Lappi-Seppälän (1927), Vuokilan (1960b) sekä Hakkilan ja Winterin (1973) tutkimuksissa. Siperianlehtikuusta on tutkittu paljon Venäjällä ja euroopanlehtikuusta Keski-Euroopassa. Runkomuodon kehitykseen ratkaisevasti vaikuttavat kasvuolosuhteet poikkeavat Siperiassa ja Keski-Euroopassa kuitenkin ratkaisevasti suomalaisista, joten sikäläiset tulokset eivät juurikaan ole sovellettavissa suomalaisiin oloihin.

### 1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistysten liitto teki joulukuussa 1988 aloitteen Metsäntutkimuslaitokselle lehtikuusitukkien jälkimittauksen tutkimiseksi. Tavoitteeksi asetettiin käytäntöön sopivan, muiden puulajien mallin mukaisen, kuorelliseen latvaläpimittaan perustuvan kappaleittaisen mittaamenetelmän kehittäminen suomalaisille lehtikuusitukeille. Pohjatiedoiksi tutkittiin yksittäisten tukkien muotoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tämän jälkeen laadittiin tilavuuslukutaulukot ja tarpeelliset korjauskertoimet eräkohtaisen mittaustarkkuuden saattamiseksi hyväksyttävälle tasolle ( $\pm 4\%$ ). Myös männyn ja kuusen tilavuuslukujen soveltuvuus lehtikuusen mittaukseen tutkittiin. Lisäksi lehtikuusitukeille laadittiin keskusläpimittaan perustuvat tilavuusluvut.

Varsinaisen mittaustutkimuksen ohessa kerättiin aineistoa lehtikuusen mittauksessa ja mekaanisessa jalostuksessa olennaisen kuoriprosentin sekä eräiden ulkoisten ja sisäisten laatutekijöiden selvittämiseksi. Näitä koskevat tulokset on julkaistu lehtikuusitukkien laatua käsittelevässä tutkimuksessa (Verkasalo 1993b).

## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineisto käsitti kaikkiaan 1817 lehtikuusitukkaa 24 leimikolta Etelä-Suomesta, kokonaistilavuudeltaan 534,4 m<sup>3</sup>. Runkoja oli 713 ja yhdestä rungosta tehtiin keskimäärin 2,5 tukkia. Pääaineisto, 21 leimikkoa, kerättiin 4.1.1989–10.4.1992. Täydennykseksi saatiin kolme leimikkoa Tuimalan keräämistä lehtikuusitukkien koesahausaineistoista. Koko aineisto oli peräisin Järvi-Suomesta, 60 % mänty- ja kuusitukkien tilavuuslukujen jaottelussa käytettävältä osa-alueelta ”Muu Etelä-Suomi” (Rikkosen 1987) ja 40 % tähän alueeseen välittömästi rajoittuvasta Ähtärin kunnasta.

Leimikoista oli 22 siperianlehtikuusta ja kaksi euroopanlehtikuusta. Aineiston käsittelyssä lehtikuusilajeja käsiteltiin yhtenä kokonaisuutena, koska Pohjois-Euroopassa kasvavan siperian- ja euroopanlehtikuusen runkomuoto on aikaisemmissa tut-

kimuksissa todettu suunnilleen samanlaiseksi (Carbonnier 1959, Vuokila 1960a).

Kasvupaikka oli 17 leimikossa OMT, kuudessa MT ja yhdessä VT (Cajander 1909). Hakkuutapa oli 12 leimikossa puhdas alaharvennus, viidessä yhdistetty ala- ja ylaharvennus, viidessä avohakkuu ja kahdessa tuolenkaatojen korjuu. Neljästä leimikosta hakattiin tukkien lisäksi pylviä tai mas-  
topuita.

Tukkien minimiläpimitta oli 15 leimikossa havutukeilla normaaliksi katsottava 15–17 cm. Leimikoiden pienin ja suurin minimiläpimitta olivat 12 ja 29 cm. Tukeilla ei ollut tavoitekeskipituutta. Pääsääntöisesti pyrittiin vain maksimoimaan tukkien ja pylväiden osuus hakkuukertymästä, joten tukkien minimipituuskin vaihteli välillä 2,7–4,2 m. Maksimipituus oli 7,0 m. Tukeilla ei ollut tarkkoja laatuvaatimuksia. Lahoja, haaroja tai pahoja pystyoksia ei sallittu. Oksikkuutta, lenkoutta ja mutkaisuutta sallittiin selvästi enemmän kuin mänty- ja kuusitukeilla.

Lehtikuusitukkien keskimääräiset dimensiot ilmenevät taulukosta 1. Aineisto oli kooltaan noin 40 % Rikkosen (1987) mänty- ja kuusitukkiaineistoista. Lehtikuusitukit olivat sekä läpimitan että tilavuuden puolesta selvästi mänty- ja kuusitukkeja järeämpiä. Keskipituudeltaan lehtikuusitukit olivat kuusitukkien luokkaa mutta jonkin verran mänty-  
tukkeja pitempiä.

Aineiston latvaläpimittaluokkajakauma sekä läpimittaluokittaiset tyvitukkiosuudet ilmenevät kuvasta 1. Läpimittajakauma oli lehtikuusitukeilla selvästi laajempi kuin Rikkosen (1987) mänty- ja kuusitukeilla: 80 % lehtikuusitukeista oli mänty- ja kuusitukeilla vallitsevissa läpimittaluokissa 17–33 cm,

Taulukko 1. Lehtikuusitukkiaineiston tyvitukkiosuus sekä tukkien keskimääräisiä dimensioita.

Ominaisuus	Tyvitukit	Muut tukit	Kaikki tukit
Tukkeja, kpl	709	1108	1817
Keskimääräinen latvaläpimitta kuorineen, cm	25,5	22,2	23,5
Keskipituus, cm	494	474	482
Keskitilavuus, dm <sup>3</sup>	363	250	294
Keskitilavuus/pituusyksikkö, dm <sup>3</sup> /m	73,5	52,7	61,0

kun vastaavat osuudet olivat mänty- ja kuusiaineistoissa 82 ja 92 %. Eniten lehtikuusitukkeja oli läpimittaluokissa 17–21 cm. Tyvitukkien osuus kasvoi luonnollisesti läpimittaluokan kasvaessa.

Milloin mittaukset voitiin kohdistaa runkoihin, niistä kirjattiin kannonkorkeutta, ts. ylintä kaatoa haittaavaa juurenniskaa lähtöpisteenä pitäen rinnankorkeusläpimitta, läpimitta 6 m:n korkeudelta ja pituus. Tällaisia leimikoita oli 14, ja niiltä kaadettiin yhteensä 320 runkoa. Tukin asema rungossa määriteltiin. Tukeista lähteneessä mittauksessa voitiin eritellä vain tyvitukit ja muut tukit, kun taas rungoista lähteneessä mittauksessa kaikki tukit numeroitiin rungoittain tyvitukista alkaen.

Joka tukin pituus mitattiin yhden senttimetrin tarkkuudella ja kuorelliset läpimitat yhden millimetrin tarkkuudella vaakasuorassa suunnassa 10, 30, 50, 100, 200 jne. cm:n etäisyydellä tyvilleikkauksesta, tukin puolivälistä ja latvasta tarkan kuorellisen tilavuuden laskemiseksi splini-funktiolla (Lahtinen ja Laasasenaho 1979). Läpimittatietoja käytettiin myös tukin muotoa kuvaavien latva- ja keskusmuotoluvun sekä kapenemisen laskentaan. Latva- ja keskusmuotoluvuilla tarkoitetaan todellisen kuorellisen tilavuuden ja kuorellisen latva- ja keskusläpimitan mukaisen sylinterin tilavuuden suh-

delukuja. Kapenemisella tarkoitetaan latvakapenemista, ts. tukin kuorellisen keskus- ja latvaläpimitan eroa suhteutettuna pituuden puolikkaaseen, yksikkönä mm/m.

## 3 Tulokset

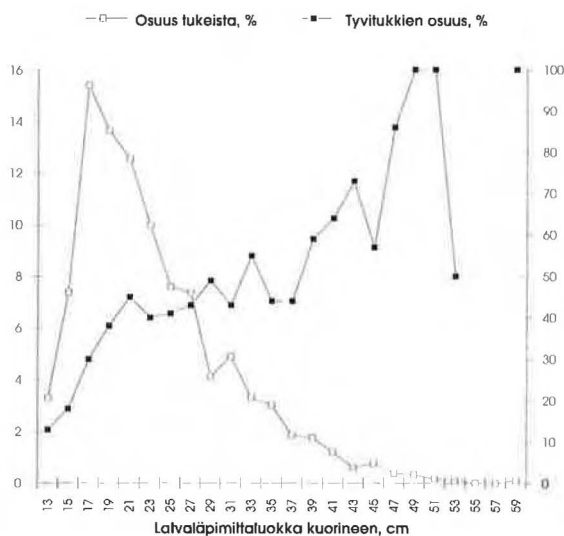
### 3.1 Tukkien muoto

#### 3.1.1 Latvamuotoluvut

Lehtikuusitukkien latvamuotoluvut laskettiin läpimittaluokittain erikseen tyvitukeille ja muille tukeille niiden ennakoita erilaisen muodon vuoksi ja niitä vertailtiin Rikkosen (1987) Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukkien lukuihin (kuva 2). Läpimitan kasvu alensi lehtikuusitukkien latvamuotolukua 37 cm:n luokkaan asti. Tämän jälkeen oli havaittavissa latvamuotoluvun suurenemista, joskaan aineiston vähäisyys ei mahdollistanut varmoja johtopäätöksiä.

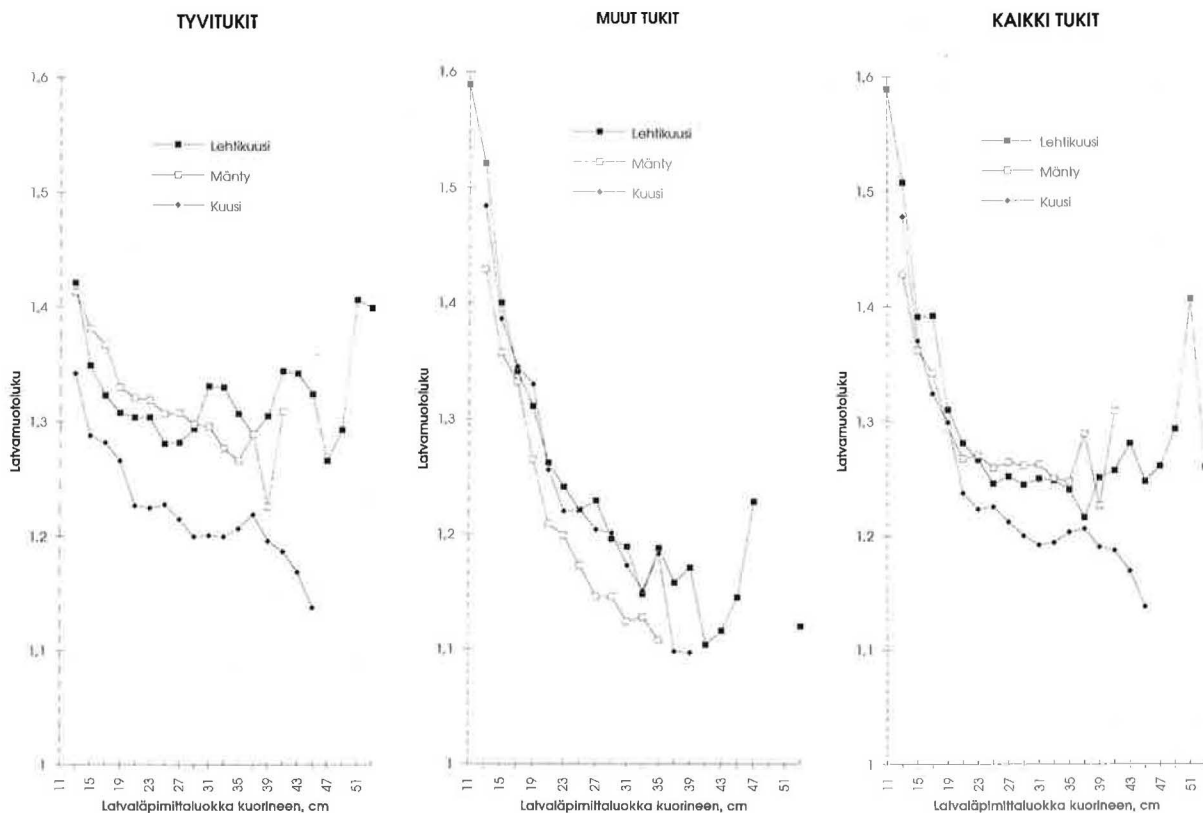
Läpimitan vaikutus riippui tukkilajista. Tyvitukeilla järetyminen pienensi latvamuotolukua vain kaikkein pienimmissä läpimittaluokissa ja suureneminen alkoi jo 27 cm:n luokan jälkeen, kun muilla tukeilla latvamuotoluvun aleneminen oli koko läpimittajakauman alueella jatkuvaa, alussa jyrkkää ja jatkossa hidastuvaa. Tyvitukkien ja muiden tukkien latvamuotolukujen eroa kuvaava suhdeluku suureni lähes suoraviivaisesti arvosta 0,9 arvoon 1,2 tukin läpimittaluokan kasvaessa. Tämä johtui siitä, että jyrkästi kapenevien, paraboloidimaisten latvatukkien osuuden pienemisen latvamuotolukua pienentävä vaikutus muiden tukkien ryhmässä oli suhteellisesti suurempi kuin neiloidimaisen tyvilajentuman samansuuntainen vaikutus tyvitukien ryhmässä.

Mäntyyn verrattuna lehtikuusitukkien latvamuotoluvut olivat kokonaisuutena suurempia läpimittaluokissa 11–21 cm mutta lievästi pienempiä luokissa 23–37 cm. Pienissä läpimittaluokissa tulos johtui muiden kuin tyvitukkien vallitsevasta asemasta. Keskisuurissa ja suurissa läpimittaluokissa tulos johtui lehtikuusen selvästi mäntyä pienemmästä tyvitukkien osuudesta sekä pienemmästä eroista tyvitukkien ja muiden tukkien latvamuoto-



Kuva 1. Lehtikuusitukkiaineiston kuorellisen latvaläpimittaluokan mukainen jakauma ja luokittaiset tyvitukkien osuudet.





Kuva 2. Lehtikuusitukkien latvamuotoluvut tukkilajeittain ja kuorellisin latvaläpimittaluokoin ja vertailu Rikkosen (1987) Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukkeihin.

lukujen välillä. Suurten tyvitukkien latvamuotoluvut olivat lehtikuusella selvästi mäntyä korkeammat.

Kuuseen verrattuna lehtikuusitukkien latvamuotoluvut olivat selvästi suuremmat alle 21 cm:n läpimittaluokkia lukuunottamatta ja ero kasvoi läpimittaluokan mukana. Ero oli erityisen selvä tyvitukeilla, kun taas muilla tukeilla lehtikuusen latvamuotoluvut olivat kuusen tasolla. Poikkeuksena olivat suurimmat ja pienimmät läpimittaluokat, joissa latvamuotoluvut olivat lehtikuusella lievästi suuremmat kuin kuusella.

Pituuden vaikutusta lehtikuusitukin latvamuotolukuun tutkittiin jakamalla aineisto läpimittaluokittain ja työmaittain luokan keskipituutta pitempiin ja sitä lyhyempiin tukkeihin. Keskimääräistä pitempien tukkien latvamuotoluku oli keskimäärin 0,059 yksikköä suurempi kuin keskimääräistä ly-

hyempien. Ero oli tyvitukeilla vain 0,014 yksikköä, kun se muilla tukeilla oli 0,086 yksikköä. Tukkilajien välinen ero oli samansuuntainen kuin mänty- ja kuusitukeilla (Rikkonen 1987). Kaikkien tukkien keskiarvona laskettu pitkien ja lyhyiden tukkien välinen ero vaihteli 0,015–0,218 latvaläpimittaluokkien 13–35 cm välillä ja ero pieneni läpimittan kasvaessa. Tulos johtui tyvitukkiosuuden kasvusta läpimittaluokan mukana.

Lehtikuusitukkien keskimääräinen tilavuudella painotettu latvamuotoluku oli Rikkosen (1987) mäntytukkien luokkaa mutta selvästi suurempi kuin kuusitukeilla (taulukko 2). Koska latvamuotoluku pääosin pieneni järeuden kasvaessa, ja koska tyvitukit olivat muita tukkeja järeämpiä, on järeydellä tyvitukkien latvamuotolukua pienentävä ja muiden tukkien latvamuotolukua suurentava vaikutus. Tästä huolimatta lehtikuusen tyvitukkien latvamuotoluku

Taulukko 2. Lehtikuusitukkien keskimääräiset tilavuudella painotetut latva- ja keskusmuotoluvut ja aritmeettinen keskimääräinen kapeneminen ja latvakuoren kaksinkertainen paksuus tukkilajeittain.

Puulaji	Tyvitukit	Muut tukit	Kaikki tukit
Latvamuotoluku	1,320	1,255	1,286
Keskusmuotoluku	1,098	1,009	1,052
Kapeneminen, mm/m	4,8	5,3	5,1
Latvakuoren kaksinkertainen paksuus, mm	24,6	21,8	22,9

oli muiden tukkien latvamuotolukua suurempi. Edellä todettu tukkilajien välinen läpimittaluokittainen tasoero vaikutti näin ollen järeyttä enemmän.

Leimikkokohtaisista tekijöistä suhteessa latvamuotolukuun voitiin leimikoiden vähäisen lukumäärän ja useiden ominaisuuksien pienen vaihteluvälän vuoksi tutkia lähinnä hakkuutapaa ja tukkirunkojen keskijäreyttä. Tilavuudella painotettu latvamuotoluku oli avohakkuuleimikoissa tukkilajista riippumatta jonkin verran suurempi kuin alaharvennusleimikoissa, jossa se oli puolestaan selvästi suurempi kuin yhdistetyissä ylä- ja alaharvennusleimikoissa tai tuulenkaatoleimikoissa. Tulos kuvastaa metsikön solakimpien tukkirunkojen poistamista harvennuksissa. Alaharvennusten yhdistettyjä ala- ja yläharvennuksia sekä tuulenkaatojen korjuuta suurempi latvamuotoluku oli tässä suhteessa odottamaton:

Hakkuutapa	Tyvitukit	Muut tukit	Kaikki tukit
		Latvamuotoluku	
Avohakkuu	1,317	1,299	1,312
Alaharvennus	1,305	1,262	1,285
Yhdistetty ala- ja yläharvennus, tuulenkaatojen korjuu	1,294	1,180	1,262

Lehtikuusitukkien latvamuotolukujen hajonta oli varsin suuri (taulukko 3). Tukkikohtaisessa tarkastelussa hajonta oli erityisen suuri muilla kuin tyvitukeilla. Tähän tulokseen vaikutti minimilatulapäivämittan vaihtelu työmaiden välillä. Tyvitukeilla hajonta johtui runkojen kokovaihtelusta sekä niiden tyviosan suoruuden vaihtelusta seuranneesta tukkien pituusvaihtelusta. Kaikkien tukkien latva-

Taulukko 3. Lehtikuusitukkien latvamuotoluvun tukki- ja leimikkokohtainen hajonta tukkilajeittain.

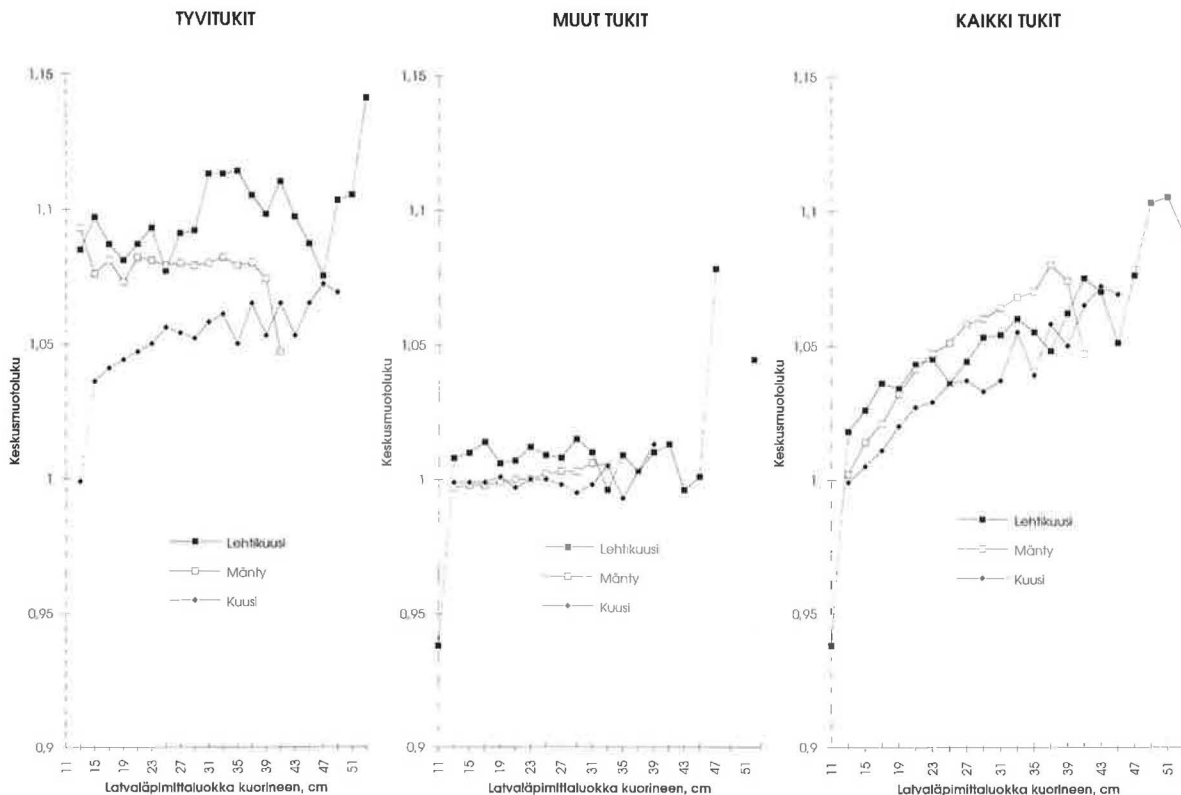
Tukkilaji	Keskimääräinen latvamuotoluku	Hajonnan tunnusluku			
		s	V	min	max
Tukkikohtaisesti					
Tyvitukit	1,307	0,103	7,9	1,019	1,761
Muut tukit	1,277	0,176	13,8	1,005	2,492
Kaikki tukit	1,289	0,153	11,9	1,005	2,492
Leimikkokohtaisesti					
Tyvitukit	1,307	0,049	3,8	1,247	1,443
Muut tukit	1,264	0,091	7,2	1,166	1,550
Kaikki tukit	1,281	0,073	5,7	1,168	1,402

muotoluvun hajonta oli läpimittaluokittainkin suuri, sillä variaatiokerroin vaihteli 7,8–18,8. Pääsääntöisesti hajonta pieneni läpimittaluokan kasvaessa. Hajonta oli tyvitukeilla 11 ja 14 % ja muilla tukeilla 31 ja 45 % suurempi kuin Rikkosen (1987) mänty- ja kuusitukkiaineistossa.

Leimikkokohtainen latvamuotolukujen hajonta oli vain puolet tukki-kohtaisesta hajonnasta (taulukko 3). Tulos oli suunnaltaan hyvin odotettu, sillä leimikkokohtaisessa tarkastelussa yksittäisten runkojen ja tukkien satunnaisten muotoerojen sekä runkojen järeyserojen vaikutukset pienenevät. Hajonta oli tässäkin tarkastelussa 46 ja 70 % suurempi kuin Rikkosen (1987) mänty- ja kuusitukkiaineistoissa.

### 3.1.2 Keskusmuotoluvut

Lehtikuusitukkien keskusmuotoluvut laskettiin läpimittaluokittain erikseen tyvitukeille ja muille tukeille. Muotolukuja vertailtiin Rikkosen (1987) Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukkien lukuihin (kuva 3). Lehtikuusen tyvitukkien keskusmuotoluku pysyi lähes vakiotasolla 29 cm:n luokkaan asti minkä jälkeen se kohosi lievästi. Muiden tukkien keskusmuotoluku oli vielä selvemmin läpimitasta riippumaton mutta noin yhdeksän prosenttia alhaisemalla tasolla kuin tyvitukkien keskusmuotoluku. Tyvitukkiosuus kasvoi tasaisesti läpimittaluokan suurentuessa. Täten kaikkien tukkien keskusmuotoluku suureni melko suoraviivaisesti välillä 1,02–1,07.



Kuva 3. Lehtikuusitukkien keskusmuotoluvut tukkilajeittain ja kuorellisin latvaläpimittaluokoin ja vertailu Rikkosen (1987) Etelä-Suomen männy- ja kuusitukkeihin.

Varsinkin tyvitukkien keskusmuotoluvut olivat lehtikuusella suurempia kuin männyllä. Läpimittaluokittaisista tyvitukkiosuuseroista seurasi, että kaikkien tukkien keskusmuotoluku oli lehtikuusella alle 25 cm:n ja yli 39 cm:n luokissa suurempi ja näiden välisissä luokissa pienempi kuin männyllä. Kuuseen verrattuna varsinkin tyvitukkien keskusmuotoluvut olivat lehtikuusella suurempia.

Keskimääräistä pitempien lehtikuusitukkien keskusmuotoluku oli vain 0,001 yksikköä suurempi kuin keskimääräistä lyhyempien. Tyvitukeilla ero oli kuitenkin 0,010 yksikköä, mikä merkitsi suhteellisesti voimakkaampaa tyvilaajentumaa lyhyissä tyvitukeissa pitkiin verrattuna. Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukkeissa on havaittu sama piirre (Rikkonen 1987).

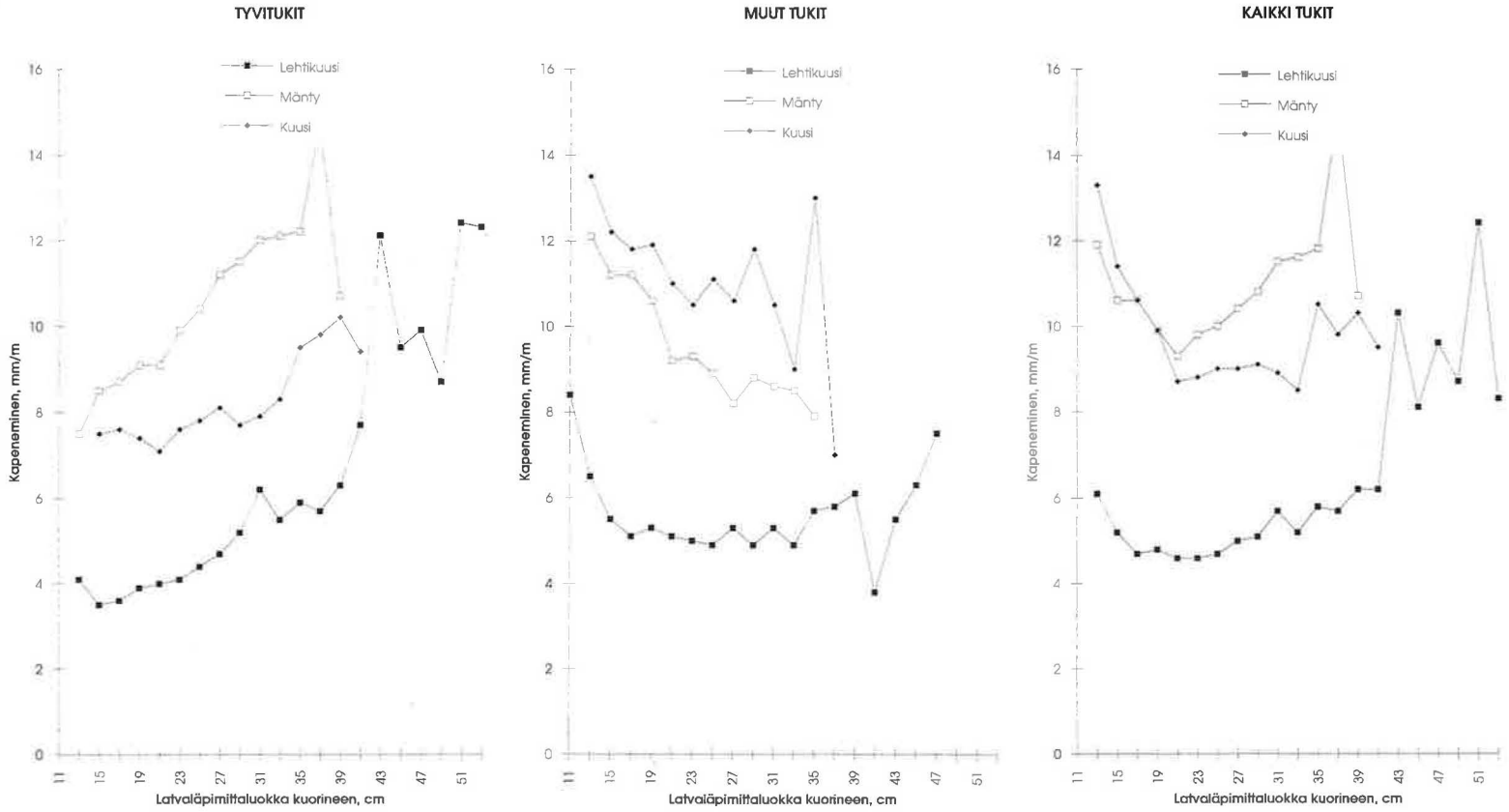
Lehtikuusitukkien keskimääräinen tilavuudella painotettu keskusmuotoluku oli suurempi kuin män-

tytukeilla ja selvästi suurempi kuin kuusitukeilla (taulukko 2). Erot olivat samansuuntaisia sekä tyvitukkien että muiden tukkien ryhmissä.

Tilavuudella painotettu keskusmuotoluku oli avohakkuutyömailla odotetusti suurempi kuin harvennushakkuutyömailla. Tulos kuvasti metsikön solakimpien tukkirunkojen poistamista harvennuksissa, kun taas avohakkuissa poistettiin myös tyvekät valtapuut:

Hakkuutapa	Tyvitukit	Muut tukit	Kaikki tukit
	Keskusmuotoluku		
Avohakkuu	1,111	1,013	1,061
Alaharvennus	1,095	1,008	1,052
Yhdistetty ylä- ja alaharvennus, tuulentaatojen korjuu	1,094	1,012	1,049

Lehtikuusitukkien keskusmuotolukujen hajonta oli sekä tukki- että leimikkokohtaisesti tarkastellen



Kuva 4. Lehtikuusitukkien kapeneminen tukkilajeittain ja kuorellisin latvaläpimittaluokin ja vertailu Rikkosen (1987) Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukkeihin.

Taulukko 4. Lehtikuusitukkien keskusmuotoluvun tukki- ja leimikko-kohtainen hajonta tukkilajeittain.

Tukkilaji	Keskimääräinen keskusmuotoluku	s	Hajonnan tunnusluku		
			V	min	max
Tukkikohtaisesti					
Tyvitukit	1,092	0,050	4,6	0,872	1,372
Muut tukit	1,009	0,036	3,6	0,856	1,196
Kaikki tukit	1,042	0,058	5,6	0,856	1,372
Leimikkokohtaisesti					
Tyvitukit	1,098	0,020	1,8	1,064	1,145
Muut tukit	1,010	0,009	0,9	0,993	1,034
Kaikki tukit	1,043	0,018	1,7	1,020	1,103

oleellisesti latvamuotolukujen hajontaa pienempi (taulukko 4). Keskusmuotoluku vaihteli erityisen vähän muilla kuin tyvitukeilla. Kaikkien tukkien keskusmuotoluvun läpimittaluokittainen hajonta ei ollut olennaisesti keskimääräistä pienempi, sillä variaatiokerroin vaihteli läpimittaluokittain 4,8–7,2. Leimikkokohtainen hajonta oli noin kolmannes tukki-kohtaisesta hajonnasta.

### 3.1.3 Kapeneminen

Lehtikuusen tyvitukit kapenivat alle 29 cm:n läpimittaluokissa enemmän kuin muut tukit (kuva 4). Tyvitukien kapeneminen suureni läpimitan kasvun myötä koko läpimittajakauman alueella, kun taas muilla tukeilla kapeneminen pieneni selvästi 17 cm:n läpimittaluokkaan asti asettuaan sen jälkeen vakiotasolle (noin 5 mm/m) ja kasvaakseen lievästi 33 cm:n luokan jälkeen. Näiden erojen ja tukkilajiosuuksien yhteisvaikutuksena kaikkien tukkien kapeneminen oli pienimmillään keskijäreissä läpimittaluokissa.

Lehtikuusitukit kapenivat vähemmän kuin mänty- ja kuusitukit läpimittaluokasta riippumatta (kuva 4). Ero keskimääräisessä tilavuudella painotetussa kapenemisessa oli samansuuntainen mutta vielä suurempi (taulukko 2).

Keskimääräistä lyhyempien tukkien kapeneminen oli kaikkien tukkien aineistossa 0,2 mm/m pienempi kuin keskimääräistä pitempien. Tämänsuuntainen ero, keskimäärin 0,7 mm/m, ilmeni kuitenkin vain tyvitukeissa. Männyn ja kuusen lyhyiden

tukkien on todettu kapenevan pitkiä tukkeja enemmän tukkilajista riippumatta (Rikkonen 1987).

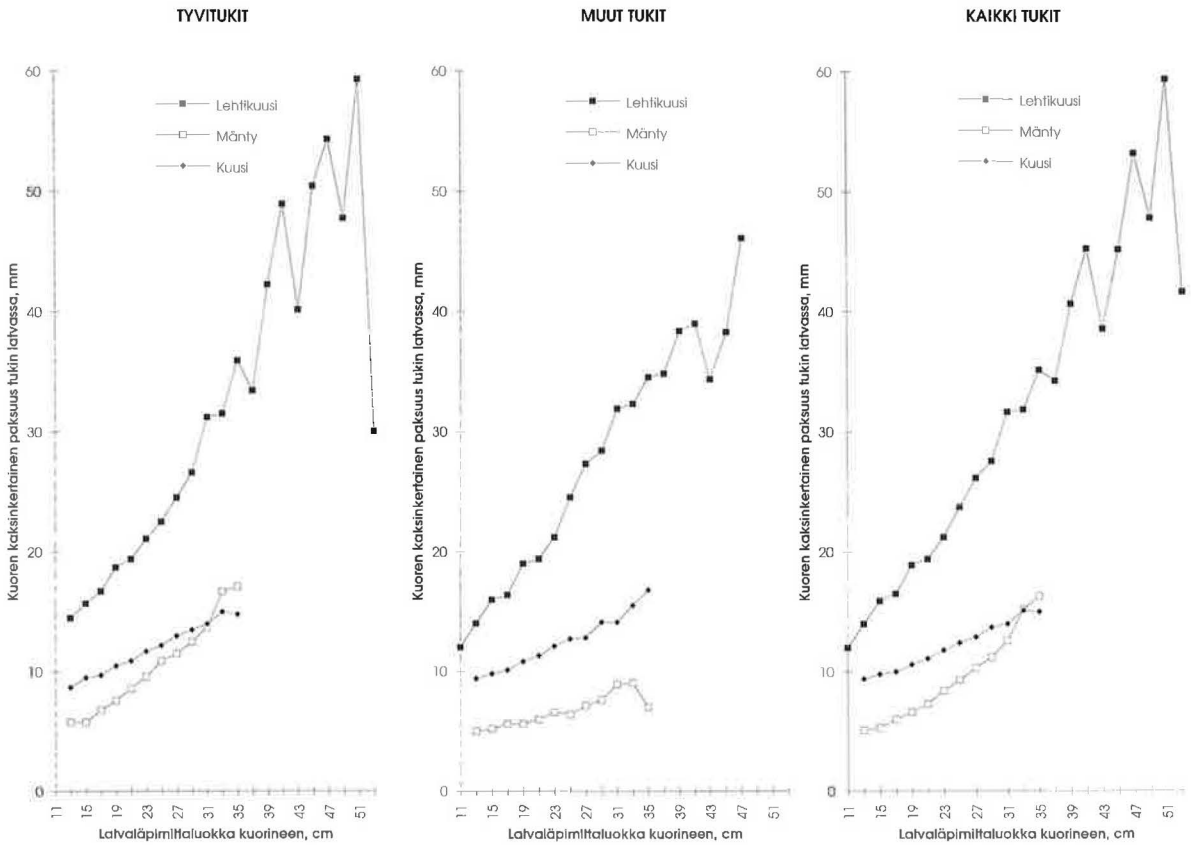
## 3.2 Latvaläpimitaan perustuva mittaus

### 3.2.1 Latvakuoren paksuus

Tukkien kuorellisiin läpimitoihin perustuvissa tilavuuden määritysmenetelmissä edellytetään ehjää ja kutistumatonta kuorta (Puutavarapölkkyjen mitausohje 1991). Täten on tarpeellista tarkastella kuoren paksuutta menetelmän edellyttämässä läpimitan mittauskohdassa. Läpimittaluokittaisia kuoren paksuustietoja voidaan tarvittaessa käyttää suurten tukkimäärien kuorellisen läpimitan mukaisten tukki-jakaumien muuntamiseen kuorettoman mukaisiksi. Leimikoiden välisestä kuoren paksuuden vaihtelusta johtuva virheriski hyväksyen voidaan tukki-erän todellinen kuorellinen tilavuus myös muuntaa kuorettomaksi latvasylinteritilavuudeksi ja päinvas- toin.

Lehtikuusitukien latvakuoren paksuus kasvoi lähes suoraviivaisesti kuorellisen latvaläpimitan mukana (kuva 5). Läpimittaluokittain tarkasteltuna tukkilajien välillä ei ollut oleellista eroa keskisuuria läpimittaluokkia lukuunottamatta, joissa tyvitukien latvakuori oli vastoin odotuksia jopa hie- man muiden tukkien latvakuorta ohuempi. Tulos johtui siitä, että muut kuin tyvitukit olivat näissä luokissa enimmäkseen suurimpien runkojen paksu- kuorisia välitukkeja. Männyn tyvitukien latvakuori on varsinkin suurissa läpimittaluokissa paksumpi kuin muiden tukkien latvakuori suhteiden ollessa kuusella päinvastaiset (Rikkonen 1987).

Lehtikuusitukien latvakuori oli kaikissa läpimittaluokissa huomattavasti paksumpi kuin mänty- ja kuusitukien ja ero suureni läpimitan myötä (kuva 5). Läpimitan latvakuoren paksuutta suurentava vaikutus oli lehtikuusitukeilla siis huomattavasti voimakkaampi kuin mänty- ja kuusitukeilla. Lehtikuusitukien keskimääräinen latvakuoren paksuus oli yli kolminkertainen mänty- ja kuusitukkeihin ja yli kaksinkertainen kuusitukkeihin verrattuna (taulukko 2).



Kuva 5. Lehtikuusitukkien kuoren kaksinkertainen paksuus tukin latvassa tukkilajeittain ja kuorellisin lahvaläpimittaluokin ja vertailu Rikkosen (1987) Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukkeihin.

3.2.2 Tilavuusluvut

Kuorelliseen lahvaläpimitaan perustuvat tilavuusluvut esitetään lehtikuusitukeille 2 cm:n tasaaville parittomille luokille, sekä kaikille tukeille keskimäärin että tyvitukeille ja muille tukeille erikseen (taulukko 5). Alueellisia eroja ei leimikoiden vähäisyyden vuoksi voitu ottaa huomioon. Tilavuusluvut laskettiin kunkin luokan luokakeskukselle toisen asteen polynomiyhtälöllä, joiden soveltuvuus aineistoon oli mallien selityksasteiden ja jäännöshajontojen perusteella hyvä:

Tukkilaji Yhtälö

Kaikki tukit  $y = 0,02020 - 0,001521x + 0,0001251x^2$   
 $R^2 = 0,991$  RMSE = 0,007115

Tyvitukit  $y = 0,01724 - 0,001391x + 0,0001284x^2$   
 $R^2 = 0,994$  RMSE = 0,005009

Muut tukit  $y = 0,004257 + 0,00007068x + 0,00008589x^2$   
 $R^2 = 0,993$  RMSE = 0,004958

y = tilavuusluku, m<sup>3</sup>/m  
 x = kuorellinen lahvaläpimita, cm  
 R<sup>2</sup> = selityksaste  
 RMSE = jäännöshajonta

Yhtälöillä läpimittaluokittain lasketut tilavuusluvut erosivat aineiston todellisista luvuista vallitsevissa eli 13–43 cm:n läpimittaluokissa vain -2 – +5 % (taulukko 6). Suuremmissa luokissa virheet olivat aineiston pienuuden vuoksi suurehkoja. Kaikkien tukkien yhteisissä luvuissa erotus oli positiivinen alle 19 cm:n ja yli 31 cm:n luokissa ja negatiivinen näiden luokkien välillä. Tyvitukkien ja muiden tuk-



Taulukko 5. Lehtikuusitukkien kuorelliseen latvaläpimittaan perustuvat tilavuusluvut, m<sup>3</sup>/m.

Kuorellinen latvaläpimittaluokka, cm	Kaikki tukit	Tyvitukit Tilavuusluku, m <sup>3</sup> /m	Muut tukit
11	0,0186	0,0175	0,0154
13	0,0216	0,0209	0,0197
15	0,0255	0,0253	0,0246
17	0,0305	0,0307	0,0303
19	0,0365	0,0372	0,0366
21	0,0434	0,0447	0,0436
23	0,0514	0,0532	0,0513
25	0,0604	0,0627	0,0597
27	0,0703	0,0733	0,0688
29	0,0813	0,0849	0,0785
31	0,0933	0,0975	0,0890
33	0,1062	0,1112	0,1001
35	0,1202	0,1258	0,1119
37	0,1352	0,1416	0,1245
39	0,1512	0,1583	0,1377
41	0,1681	0,1760	0,1515
43	0,1861	0,1948	0,1661
45	0,2051	0,2147	0,1814
47	0,2251	0,2355	0,1973
49	0,2460	0,2574	0,2139
51	0,2680	0,2803	0,2313
53	0,2910	0,3042	0,2493
55	0,3150	0,3291	0,2680
57	0,3399	0,3551	0,2873
59	0,3659	0,3821	0,3074
61	0,3929	0,4102	0,3282
63	0,4209	0,4399	0,3496
65	0,4499	0,4693	0,3717
67	0,4799	0,5004	0,3946
69	0,5108	0,5326	0,4181
71	0,5428	0,5657	0,4422
73	0,5758	0,5999	0,4671
75	0,6098	0,6352	0,4927

kien luvuissa ei läpimittaluokalla ollut selkeää vaikutusta erotukseen. Kokonaisuutena kaikille tukeille laskettujen läpimittaluokittaisten tilavuuslukujen poikkeamat aineiston luvuista olivat yleensä suuremmat kuin tyvitukeille ja muille tukeille erikseen laskettujen lukujen poikkeamat, mikä johtui tyvitukkiosuuden vaihtelusta läpimittaluokkien välillä.

Tyvitukkien tilavuusluvut muodostuivat latva-  
muotolukuerojen mukaisesti korkeammiksi kuin muiden tukkien tilavuusluvut. Ero oli pienimmillään 17 cm:n luokassa, minkä alapuolella ja varsinkin yläpuolella se kohosi jyrkästi:

Taulukko 6. Lehtikuusitukkien regressioyhtälöillä laskettujen ja splini-funktiolla määritettyjen tilavuuslukujen suhteelliset erot tukkilajeittain ja kuorellisin latvaläpimittaluokin.

Kuorellinen latvaläpimittaluokka, cm	Kaikki tukit Regressioyhtälöillä lasketun ja splini-funktiolla määritetyn tilavuusluvun erotus, %	Tyvitukit	Muut tukit
13-17	+0,6 - +6,8	+0,9 - +6,3	-3,2 - +0,1
19-31	-1,9 - -0,3	-2,9 - +0,8	-1,9 - +0,6
33-43	+0,8 - +4,8	-0,9 - +4,2	-1,4 - +3,8
45-59	-14,9 - +5,0	-11,1 - +8,0	-9,7 - +0,3

Kuorellinen latvaläpimittaluokka, cm	Tyvitukkien ja muiden tukkien tilavuuslukujen suhde
13-17	1,014-1,059
19-31	1,015-1,096
33-43	1,110-1,173
45-59	1,184-1,243
61-75	1,250-1,289

### 3.2.3 Tukkeräkohtainen tilavuuden korjaus

Koko lehtikuusitukkiaineiston tilavuus voitiin määrittää harhattomasti kaikille tukeille yhteisinä lasketuilla tilavuusluvuilla (taulukko 10). Yksittäisen tukkerän tilavuudessa syntyi kuitenkin virheitä, jotka vaihtelivat välillä -8,3 - +6,6 %. Tukkien muodon vaihtelu leimikoittain aiheutti virhettä tukkeräkohtaiseen tilavuuteen. Sopivia eräkohtaisen tilavuuden korjaustekijöitä etsittiin tutkimalla lasketun ja todellisen tilavuuden suhteen (tilavuussuhde) ja tukkien muotoon vaikuttavien tekijöiden välisiä riippuvuussuhteita.

Varianssianalyysin mukaan kasvupaikan laadulla ei OMT:n ja MT:n välisestä pienestä tasoerosta (1,003 ja 1,007) huolimatta ollut vaikutusta tilavuussuhteeseen ( $F = 0,079$ ,  $p = 0,924$ ). Hakkuumenetelmällä sen sijaan oli vaikutusta ( $F = 4,321$ ,  $p = 0,027$ ); tilavuussuhde oli avohakkuissa 0,971, harvennushakkuissa 1,008 ja yhdistetyissä ala- ja yläharvennuksissa ja tuulentaotojen korjuissa 1,032. Hakkuumenetelmän arviointi on usein tulkinnanvaraista ja samassa tukkerässä on usein erilaisista hakkuista saatuja tukkeja, joten hakkuumenetelmän käyttö korjaustekijänä ei ole mahdollista käytännön mittauksessa.

Korrelaatioanalyysien mukaan tukkipuiden rinnankorkeusläpimitan ja ikäluokan sekä tukkien keskipituuden, keskilatvaläpimitan ja tyvitukkien osuuden kasvu johti tilavuussuhteen pienenemiseen, ts. tilavuuden yliarvion pienenemiseen tai aliarvion suurenemiseen:

Tekijä	r
Tukkipuiden rinnankorkeusläpimitta	-0,380
Tukkipuiden ikäluokka	-0,174
Tukkien keskipituus	-0,381
Tukkien keskilatvaläpimitta	-0,489
Tyvitukkien osuus	-0,353

Em. tekijöihin perustuvan lineaarisen regressiokorjauksen avulla voitiin lehtikuusitukkien eräkohtaista mittaustarkkuutta parantaa huomattavasti (taulukko 10).

Korjaukset perustuivat seuraaviin tilavuussuhteen ja kokeiltujen tekijöiden välisiin yhtälöihin:

Korjaustekijä	Yhtälö
Keskirinnankorkeusläpimitta, cm	$y = 1,054741 - 0,00136x$ $R^2 = 0,144$ RMSE = 0,0378
Keskipituus, m	$y = 1,270847 - 0,00551x$ $R^2 = 0,240$ RMSE = 0,0356
Keskilatvaläpimitta, cm	$y = 1,061201 - 0,00210x$ $R^2 = 0,144$ RMSE = 0,0378
Tyvitukkien osuus, %	$y = 1,047115 - 0,00105x$ $R^2 = 0,124$ RMSE = 0,0383

y = tilavuussuhde (laskettu tilavuus / todellinen tilavuus)  
x = korjaustekijä  
 $R^2$  = selityssaste  
RMSE = jäännöshajonta

Tyviosuuskorjaus oli tehokkain eräkohtaisen mittaustarkkuuden parantamismenetelmä, mutta tukkilajeittaisten tilavuuslukujen käytöllä ei saatu parannusta (taulukko 10). Ristiriita johtui tukkilajeittaisten lukujen laskentaan käytettävissä olleen aineiston pienuudesta ja tästä aiheutuneesta tasoitetun yhtälön luokittaisista eroista havaintoihin verrattuna. Keskilatvaläpimita- ja keskirinnankorkeusläpimittakorjaukset olivat seuraavaksi tehokkaimmat ja keskipituuskorjaus neljänneksi tehokkain menetelmä mittaustarkkuuden parantamiseksi.

Kokonaisuutena virheet lehtikuusitukkien eräkohtaisessa tilavuudessa olivat ilman korjauksia samaa luokkaa kuin Etelä-Suomen mänty- ja kuusitukeil-

Taulukko 7. Lehtikuusitukkierän tilavuuden erän keskipituuden mukaiset korjauskertoimet kuorelliseen latvaläpimitaan perustuvassa mittauksessa.

Erän tukkien keskipituus, dm	Tilavuuden (m <sup>3</sup> ) korjaus, %	Erän tukkien keskipituus, dm	Tilavuuden (m <sup>3</sup> ) korjaus, %
27,5–28,4	-11,2	(49 dm)	---
28,5–29,4	-10,7	50,5–51,4	+1,1
29,5–30,4	-10,2	51,5–52,4	+1,7
30,5–31,4	-9,6	52,5–53,4	+2,2
31,5–32,4	-9,1	53,5–54,4	+2,7
32,5–33,4	-8,5	54,5–55,4	+3,3
33,5–34,4	-8,0	55,5–56,4	+3,8
34,5–35,4	-7,5	56,5–57,4	+4,3
35,5–36,4	-6,9	57,5–58,4	+4,9
36,5–37,4	-6,4	58,5–59,4	+5,4
37,5–38,4	-5,9	59,5–60,4	+6,0
38,5–39,4	-5,3	60,5–61,4	+6,5
39,5–40,4	-4,8	61,5–62,4	+7,0
40,5–41,4	-4,2	62,5–63,4	+7,6
41,5–42,4	-3,7	63,5–64,4	+8,1
42,5–43,4	-3,2	64,5–65,4	+8,6
43,5–44,4	-2,6	65,5–66,4	+9,2
44,5–45,4	-2,1	66,5–67,4	+9,7
45,5–46,4	-1,6	67,5–68,4	+10,3
46,5–47,4	-1,0	68,5–69,4	+10,8
47,5–50,4	± 0		

la, joskin tilavuussuhteen variaatiokerroin oli hie- man suurempi (4,0 vs. 3,2 ja 2,9). Keskipituus-, keskiläpimita- ja tyviosuuskorjauksilla variaatio- kerroin pieneni arvoihin 2,0, 1,5 ja 1,4.

Lehtikuusitukkien käytännön mittaukseen suositellaan muiden puulajien mallin mukaisia tukki- erän keskipituuteen perustuvia korjauskertoimia (taulukko 6). Peruskeskipituus (49 dm) oli lehti- kuusitukeilla niiden suuremman piteuden vuoksi suurempi kuin männyllä (47 dm) ja kuusella (48 dm). Korjauskertoimen vaikutus erän tilavuuteen (0,59 %/dm) oli myös suurempi kuin männyllä (0,35 %/dm) ja kuusella (0,4 %/dm) (Rikkonen 1987).

### 3.2.4 Männyn ja kuusen tilavuuslukujen käyttö

Lehtikuusitukkiaineiston kokonaistilavuuden mää- rityksessä männyn tilavuuslukujen käyttö johti lie- vään ja kuusen lukujen käyttö huomattavaan aliar- vioon (taulukko 10). Myös eräkohtaiset virheet oli-

Taulukko 8. Lehtikuusitukkien kuorelliseen keskusläpimittaan perustuvat tilavuusluvut, m<sup>3</sup>/m.

Kuorellinen keskusläpimittaluokka, cm	Kaikki tukit	Tyvitukit Tilavuusluku, m <sup>3</sup> /m	Muut tukit
13	0,0151	0,0166	0,0150
15	0,0192	0,0216	0,0195
17	0,0239	0,0273	0,0247
19	0,0295	0,0337	0,0305
21	0,0358	0,0408	0,0369
23	0,0429	0,0486	0,0440
25	0,0507	0,0572	0,0517
27	0,0593	0,0664	0,0601
29	0,0686	0,0764	0,0691
31	0,0787	0,0871	0,0788
33	0,0895	0,0986	0,0891
35	0,1011	0,1107	0,1001
37	0,1135	0,1235	0,1112
39	0,1266	0,1371	0,1239
41	0,1405	0,1514	0,1368
43	0,1552	0,1664	0,1504
45	0,1706	0,1821	0,1646
47	0,1867	0,1985	0,1794
49	0,2036	0,2156	0,1949
51	0,2213	0,2335	0,2110
53	0,2397	0,2521	0,2278
55	0,2589	0,2714	0,2452
57	0,2789	0,2914	0,2633
59	0,2996	0,3121	0,2820
61	0,3210	0,3335	0,3014
63	0,3432	0,3557	0,3214
65	0,3662	0,3785	0,3420
67	0,3899	0,4021	0,3633
69	0,4144	0,4264	0,3853
71	0,4397	0,4514	0,4078
73	0,4657	0,4772	0,4311
75	0,4925	0,5036	0,4550

vat männyn ja varsinkin kuusen lukuja käytettäessä huomattavasti suurempia kuin lehtikuusen omia lukuja käytettäessä. Tulokset olivat latvamuotolukuerojen mukaisia. Sovellettaessa virallista, keskipituuskorjauksen sisältävää mäntytukkien mittausmenetelmää eräkohtaiseen mittaukseen aineiston kokonaistilavuutta yliarvioitiin selvästi, joskin eräkohtainen tarkkuus parani. Kuusitukkien menetelmää käytettäessä keskipituuskorjaus ei parantanut mittaustarkkuutta missään suhteessa.

Taulukko 9. Lehtikuusitukkierän tilavuuden erän tyvitukkien osuuden mukaiset korjauskertoimet kuorelliseen keskusläpimittaan perustuvassa mittauksessa.

Erän tyvitukkien osuus, %	Tilavuuden (m <sup>3</sup> ) korjaus, %	Erän tyvitukkien osuus, %	Tilavuuden (m <sup>3</sup> ) korjaus, %
0–2,4	–2,5	52,5–57,4	+2,2
2,5–7,4	–2,1	57,5–62,4	+2,6
7,5–12,4	–1,7	62,5–67,4	+3,1
12,5–17,4	–1,3	67,5–72,4	+3,5
17,5–22,4	–0,8	72,5–77,4	+4,0
22,5–27,4	–0,4	77,4–82,4	+4,5
27,5–32,4	+0	82,5–87,4	+4,9
32,5–37,4	+0,4	87,5–92,4	+5,4
37,5–42,4	+0,9	92,5–97,4	+5,9
42,5–47,4	+1,3	97,5–100,0	+6,3
47,5–52,4	+1,7		

### 3.3 Keskusläpimittaan perustuva mittaus

Kuorelliseen keskusläpimittaan perustuvat tilavuusluvut esitetään lehtikuusitukeille 2 cm:n tasaaville parittomille luokille, sekä kaikille tukeille keskimäärin että tyvitukeille ja muille tukeille erikseen (taulukko 8). Tilavuusluvut laskettiin tässäkin luokakeskuksille toisen asteen polynomiyhtälöillä, joiden soveltuvuus aineistoon oli mallien selitysasteiden ja jäännöshajontojen perusteella hyvä:

Tukkilaji Yhtälö

Kaikki tukit  $y = 0,007389 - 0,0006365x + 0,00009472x^2$

$R^2 = 0,997$  RMSE = 0,004673

Tyvitukit  $y = 0,001680 - 0,0001633x + 0,00008945x^2$

$R^2 = 0,998$  RMSE = 0,003721

Muut tukit  $y = 0,001527 - 0,0001041x + 0,00008075x^2$

$R^2 = 0,999$  RMSE = 0,002167

$y$  = tilavuusluku, m<sup>3</sup>/m

$x$  = kuorellinen keskusläpimitta, cm

$R^2$  = selitysaste

RMSE = jäännöshajonta

Keskusläpimittaluokittain lasketut tilavuusluvut erosivat aineiston todellisista luvuista vähemmän kuin latvaläpimittaluokittain lasketut luvut. Ero oli vallitsevissa eli 13–43 cm:n läpimittaluokissa –2,0 – +0,5 % ja suuremmissa luokissa aineiston pienuuden vuoksi välillä –6,5 – +4,0 %. Läpimittaluokalla ei muuten ollut selkeää vaikutusta erotukseen. Tyvitukkien tilavuusluvut muodostuivat keskusmuotolukuerojen mukaisesti korkeammiksi kuin muiden

Taulukko 10. Lehtikuusitukkien tilavuuden määrittämisen eräkohtainen tarkkuus eri menetelmillä.

Menetelmä	Koko aineiston tilavuus	$\bar{x}$	Virhe, % s	min	max
Kuorellisen latvaläpimitan perusteella					
Lehtikuusen tilavuusluvut					
Ei korjausta	-0,04	+0,73	4,00	-8,28	+6,59
Keskipituuskorjaus	+0,01	+0,73	1,96	-3,11	+5,21
Keskilatvaläpimittakorjaus	+0,01	+0,72	1,52	-4,38	+2,45
Tukkipuiden rinnankorkeusläpimittakorjaus	+0,15	+0,75	1,52	-3,61	+2,33
Tyviuuskorjaus	+0,01	+0,74	1,41	-1,85	+2,72
Tyvitukkien ja muiden tukkien omat tilavuusluvut	-0,05	+0,58	4,24	-7,60	+8,08
Tyvitukkien ja muiden tukkien omat tilavuusluvut ja keskipituuskorjaus	-0,05	-0,15	1,88	-6,39	+1,88
Männyn tilavuusluvut					
Ei korjausta	-0,22	+4,62	4,39	-10,96	+7,21
Keskipituuskorjaus	+1,32	+0,62	4,20	-10,96	+6,53
Kuusen tilavuusluvut					
Ei korjausta	-3,71	-2,66	5,64	-16,43	+5,34
Keskipituuskorjaus	-3,44	-2,58	5,12	-16,43	+4,08
Kuorellisen keskusläpimitan perusteella					
Lehtikuusen tilavuusluvut					
Kaikkien tukkien yhteiset tilavuusluvut	-0,17	-0,68	2,90	-11,33	+2,92
Tyviuuskorjaus	-0,05	-0,69	1,13	-2,78	+0,91
Tyvitukkien ja muiden tukkien omat tilavuusluvut	-0,21	-0,73	2,08	-8,57	+2,55

tukkien tilavuusluvut. Ero oli koko läpimittajakau-  
man alueella suunnilleen vakio, noin 10 %.

Koko lehtikuusitukkiaineiston tilavuus voitiin  
keskusläpimitaan perustuvilla tilavuusluvuilla mää-  
rittää lähes yhtä harhattomasti kuin latvaläpimit-  
taan perustuvilla (taulukko 10). Eräkohtainen tark-  
kuus oli keskusläpimitaan perustuvassa mittauk-  
sessa keskimäärin parempi, yhden erän tilavuuden  
suuresta aliarviosta huolimatta.

Koska tyvitukkien ja muiden tukkien keskusmuo-  
tolukujen ero oli läpimitasta riippumaton, eräkoh-  
taisen mittaustarkkuuden voitiin olettaa parantu-  
van oleellisesti käytettäessä tyviuuskorjausta ja/  
tai tyvitukkien ja muiden tukkien omia tilavuuslu-  
kuja. Nämä menettelyt johtivat keskusläpimitaan  
perustuvan mittauksen yhteydessä parempaan erä-  
kohtaiseen tarkkuuteen kuin latvaläpimitaan pe-  
rustuvassa mittauksessa. Suositeltavat tyviuus-  
korjauskertoimet ilmenevät taulukosta 9. Ne perus-  
tuvat seuraavaan riippuvuussuhteeseen:

$$y = 1,02538 - 0,00008504x$$

$$R^2 = 0,124 \quad RMSE = 0,0383$$

y = tilavuussuhde (laskettu tilavuus / todellinen tilavuus)  
x = tyvitukkien osuus, %  
R<sup>2</sup> = selitysaste  
RMSE = jäännöshajonta

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Tukkien muoto

*Latvamuotoluku* on keskeinen tunnusluku puu-  
tavarakappaleen latvaläpimitaan perustuvassa tila-  
vuuden määrittämisessä. Se ilmaisee kappaleen todel-  
lisen ja latvaläpimitan mukaisen sylinteritilavuuden  
suhteen (Kärkkäinen 1984). Kuorelliseen läpi-  
mittaan perustuvassa mittauksessa on jakajana täl-  
löin kuorellinen ja kuorettomaan läpimitaan pe-  
rustuvassa mittauksessa kuoreton tilavuus. Latva-  
muotoluku on käytännössä aina suurempi kuin yksi,  
jolloin desimaaliosa ilmaisee latvaläpimitan ulko-

puolelle jäävän tukin osan tilavuuden suhteessa sen sisäpuolelle jäävän osan tilavuuteen. Kuoreton latvamuotoluku on oleellinen tekijä myös sahauskassa ja sorvauksessa, koska pölkyn pienimmän kuoretoman läpimitan ulkopuolelle jäävä osa joutuu yleensä jätteeksi.

Latvamuotoluku riippuu tukin muodosta, järeydestä ja pituudesta (Zacco 1975, Kärkkäinen 1984, Rikkinen 1987). Jos tukin muoto käsitetään tasaiseksi kapenemiseksi keskeltä latvaan, tukkien piteneminen ja kapenemisen suureneminen vaikuttavat latvamuotolukua suurentavasti ja latvaläpimitan kasvu sitä pienentävästi, kuten seuraava, tämän lehtikuusitukkiaineiston keskimääräiseen kapenemiseen (5 mm/m) perustuva teoreettinen laskelma osoittaa (laskentatapa, ks. Rikkinen 1987):

Latvaläpimita kuorineen, cm	3	Pituus, m	
		5	7
13	1,133	1,201	1,287
19	1,081	1,164	1,193
25	1,061	1,103	1,145
31	1,049	1,082	1,116

Tässä tutkimuksessa lehtikuusitukeista mitatut latvamuotoluvut olivat kaikissa läpimittaluokissa ja erityisesti tyvitukeilla huomattavasti korkeampia kuin teoreettiset. Täten tukkilajilla ja samalla tyvitukki- osuudella oli oleellinen vaikutus lehtikuusitukki- erän latvamuotolukuun. Toisaalta aineisto hakattiin ns. normaalilla apteerauksella, jossa solakoista rungoista tehdään keskimääräistä pitempiä ja voimakkaasti kapenevista keskimääräistä lyhyempiä tukkeja. Mikäli tukkien teossa sovelletaan ns. tavoite- apteerausta, jossa pyritään määrättyihin keskipi- tuuksiin runkomuodosta paljoakaan välittämättä, tai määräpituusapteerausta, pituuden vaikutus lähenee edellä esitettyä teoreettista esimerkkiä. Tavoiteap- teerauksessa pituuden vaikutus latvamuotolukuun on suurempi kuin normaaliapteerauksessa (Kärkkäinen 1984, Rikkinen 1987).

Lehtikuusitukkien kuusitukkeja selvästi suurem- mat latvamuotoluvut osoittivat, että ainakaan kuusi- tukkien mittausten menetelmää ei voida käyttää lehti- kuusitukkien tarkkaan tilavuuden määrittämiseen. Lehtikuusen ja männyn välinen ero oli keskimäärin pieni, pienissä läpimittaluokissa samansuuntainen ja suurissa päinvastainen kuin lehtikuusen ja kuusen välillä. Koska merkittäviä eroja kuitenkin esiin-

tyi tarkasteltaessa tyvitukkeja ja muita tukkeja omi- na ryhminään ja tyvitukki- osuus vaihtelee tukki- erittäin, mäntytukki- enkaan mittausten menetelmällä ei voida olettaa päästävän hyvään eräkohtaiseen tark- kuuteen mitattaessa lehtikuusitukkeja.

Lehtikuusitukki- en latvamuotoluvun suuri hajon- ta mänty- ja kuusitukkeihin verrattuna oli yhden- mukainen tulos Carbonnierin (1959) ja Vuokilan (1960a,b) toteaman lehtikuusitukki- en suuren järey- den ja runkomuodon vaihtelun kanssa verrattuna männiköihin ja kuusiköihin. Lehtikuusitukki- en vaihtelevat apteeraustavat olivat tukki- en muoto- erojen lisäksi syynä latvamuotoluvun poikkeuksel- lisen suureen erien väliseen hajontaan.

*Keskusmuotoluku* on keskeinen tunnusluku puu- tavarakappaleen keskusläpimitaan perustuvassa ti- lavuuden määrittämisessä. Se ilmaisee kappaleen to- dellisen ja keskusläpimitan mukaisen sylinteriti- lavuuden suhteen kuvaten kappaleen kapenemisen tasaisuutta (Kärkkäinen 1974, 1984). Tyvitukki- en keskusmuotoluku on niiden neiloidimaisen tyvi- laajentuman vuoksi säännöllisesti suurempi kuin yksi, latvatuokeilla se on paraboloidimaisen latvan vuoksi yleensä hieman pienempi kuin yksi ja sola- koilla välitukeilla hyvin lähellä arvoa yksi.

Lehtikuusen tyvitukki- en poikkeuksellisen suuret keskusmuotoluvut viittasivat runkojen huomatta- vaan tyvekkytyteen. Lappi-Seppälän (1927) totea- mus rinnankorkeusläpimitan joutumisesta siperian- lehtikuusella vanhemmalla iällä selvästi tyvi- laajentuman piiriin ilmensi samaa asiaa. Kärkkäi- nen (1974) on raportoinut männyn tyvikaarnan muo- dostuksen keskeiseksi männyn ja kuusen tyvituk- ki- en keskusmuotolukueroja aiheuttavaksi tekijäk- si. Tässä tutkimuksessa havaitut erot lehtikuusen ja männyn sekä kuusen tyvitukki- en välillä johtunevat osaksi samasta syystä. Lehtikuusen muidenkin tuk- ki- en keskusmuotoluvut olivat suhteellisen suuria, mihin syynä lienee kaarnan ulottuminen korkealle rungossa (esim. Lappi-Seppälä 1927, Vuokila 1960b).

*Kapeneminen* oli lehtikuusitukeilla oleellisesti pienempää kuin mänty- ja kuusitukeilla läpimitta- luokasta riippumatta. Kysymys oli tässä tukin kape- nemisestä puolivälisestä latvaan, mikä yhdessä päin- vastaisen keskusmuotoluvun eron kanssa selitti lehtikuusitukki- en mänty- ja kuusitukkeja suurem- mat latvamuotoluvut. Tulokset tukivat oletusta, että

solakoista lehtikuusirungoista tehdään erityisesti tyviosasta keskimäärin pitempiä tukkeja kuin voimakkaasti kapenevista rungoista. Vaikka kapeneminen määritettiin muotolukujen tavoin kuorellisena, tuloksilla on merkitystä paitsi latvaläpimittaan perustuvan mittauksen myös sahauksen suunnittelun kannalta.

Muissa lehtikuusitukkitutkimuksissa on raportoitu vain tyven ja latvan välistä kuorellista kapenemista. Sipin (1988) 33 paksuudeltaan 15–50 cm:n siperian- ja euroopanlehtikuusitukin aineistossa tukkien keskimääräinen kapeneminen oli 0,9 cm/m. Eri osista Siperiaa hakattavat, pääasiassa yli 40 cm:n siperianlehtikuusten tyvitukit kapenevat normaalisti yli 2 cm/m ja väli- ja latvatukit 1 cm/m (Mineev 1976). Vastaavat kapenemiset ovat olleet keskimäärin vain 1,1 ja 0,8 cm/m Itä-Siperiassa (Bokshanin 1982). Näitä pienemmät Arkangelin alueen siperianlehtikuusitukit kapenevat 0,5–1 cm/m (Kalinin 1961).

## 4.2 Mittausmenetelmät

Tutkimusaineiston maantieteellinen keskittyminen Järvi-Suomeen rajoittaa mahdollisuuksia soveltaa tuloksia muualle. Aineisto edustaa kuitenkin hyvin nykyisin hakattavia lehtikuusitukkileimikoita, koska tukkeja mitattiin kaikista tietoon saaduista tukkileimikoista. Aineisto oli kooltaan vajaat puolet vastaavista mänty- ja kuusitukkiaineistoista (Rikkonen 1987). Kun apteraustavat lisäksi vaihtelevat lehtikuusella enemmän kuin männyllä ja kuusella, lehtikuusen tilavuuslukujen voitiin odottaa muodostuvan epätarkemmiksi.

Puutavarapölkkyjen latvaläpimittaan perustuvan mittauksen keskusläpimittaan perustuvaa huonompi tarkkuus on tyypillistä kaikille suomalaisille puulajeille (Kärkkäinen 1984, Rikkonen 1987). Tämä tuli selvästi esille myös tässä, lehtikuusta käsittelevässä tutkimuksessa. Latvaläpimittaan perustuvaa mittausmenetelmää on kuitenkin pidettävä ensisijaisena myös lehtikuusitukeilla, jotta menetelmät ovat eri puulajeilla periaatteiltaan yhtenäisiä ja mitaus on parhaiten toteutettavissa varastopinoissa.

Latvaläpimittaan perustuvaa mitausta varten läpimittaluokittain regressioyhtälöillä lasketut tilavuusluvut olivat yleensä todellisia suurempia, kos-

ka tukkien keskiläpimitta oli luokassaan lähes aina lähempänä luokan alarajaa kuin ylärajaa. Tämä aikaisemminkin erityisesti toimituskaupoissa havaittu ilmiö viittaa pyrkimykseen katkoa tukit lähelle läpimittaluokan alarajaa, kun tilavuus määritetään luokan mukana kasvavilla tilavuusluvuilla. Läpimittojen keskittyminen oli tässä kuten aikaisemmissakin tutkimuksissa (Kärkkäinen ja Salmi 1981, Rikkonen 1988) sitä selvempää mitä ohuemmista tukeista oli kysymys.

Yli 43 cm:n läpimittaluokissa yhtälöillä lasketujen ja todellisten tilavuuslukujen suurehkot erot johtuivat paitsi keskiläpimittapoikkeamista myös aineiston pienuudesta. Näiden luokkien osuus aineiston kokonaistilavuudesta oli 7 %. Täten paksumpien läpimittaluokkien tilavuuslukujen mahdollisella epätarkkuudella voi olla merkitystä järeäpuustoisimpien leimikoiden tukkien mittauksessa. Erityisesti yli 59 cm:n läpimittaluokissa on oltava varovaisia, koska luvut jouduttiin näissä luokissa laskemaan havaintojen puuttuessa tilavuuslukumallin käyrää jatkamalla.

Lasketut tilavuusluvut ovat tarkimmillaan harvennushakkuuleimikoissa, jotka ainakin nykyisin ovat lehtikuusitukkien pääasialliset lähteet. Avohakkuiden tukkien tilavuutta sen sijaan aliarvioidaan ja poikkeuksellisten leimikoiden, yhdistettyjen ylä- ja alaharvennusten ja tuulenskaatojen korjuiden, tukkien tilavuutta yliarvioidaan.

Keskipituuskorjausta on muiden puulajien käytännön mukaisena ja tyydyttävän eräkohtaisen mitaustarkkuuden tuottavana pidettävä ensisijaisena korjausperusteena lehtikuusitukkien käytännön mitauksessa. Myöskin askeltavan regressioanalyysin mukaan keskipituuskorjaus yksinään oli ainoa tilavuussuhteen eräkohtaista vaihtelua selittävä tekijä; muiden kokeiltujen tekijöiden vaikutus ei tullut näkyviin, koska ne ja keskipituus korreloivat.

Määritettäessä metsikön lehtikuusirunkojen tilavuutta Carbonnierin (1959) ja Vuokilan (1960a) kuutioimisyyhtälöillä tilavuussuhteen variaatiokertoimet olivat samalla tasolla kuin määritettäessä lehtikuusitukkierän tilavuutta tässä esitetyillä menetelmillä. Variaatiokertoimet olivat ensinmainitussa tutkimuksessa siperianlehtikuusella 2,13 ja euroopanlehtikuusella 1,44 ja jälkimmäisessä tutkimuksessa valtaosin siperianlehtikuusia käsittäneessä aineistossa 1,7. Tilavuusvirheen vaihteluvä-



li on näissä ollut pääsääntöisesti suurempi kuin tässä esitetyissä menetelmissä, ensinmainituissa siperianlehtikuusella  $-3,2 - +5,7 \%$  ja euroopanlehtikuusella  $-3,2 - +2,7 \%$  ja jälkimmäisissä  $-6,8 - +3,2 \%$ .

Carbonnierin (1959) ja Vuokilan (1960a) lehtikuusirunkojen muotoa koskeneista tuloksista oli pääteltävissä, että lehtikuusitukkien tilavuuden määrittämisvirheet ovat todennäköisesti pienemmät sovellettaessa männyn tilavuuslukuja kuin sovellettaessa kuusen tilavuuslukuja (vrt. Rikkonen 1987). Tässä tutkimuksessa männyn tilavuuslukujen käyttö johtikin lievään ja kuusen lukujen käyttö huomattavaan systemaattiseen aliarvioon. Joskus esitetty käsitys lehtikuusen ja kuusen runkomuodon vertailukelpoisuudesta osoittautui siis vääräksi ainakin rungon tukkiosan puolesta.

## Kiitokset

Kirjoittajista Erkki Verkasalo suunnitteli tutkimuksen ja kirjoitti käsikirjoituksen ja Hannu Aaltio laski ja analysoi tulokset sekä laati tilavuuslukumallit. Tutkimusaineiston hankinnassa avustivat Lehtikuusela Ky., Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusalueoimisto ja Metsähallituksen Etelä-Suomen piirikuntakonttori. Professori Olli Uusvaara ja MMT Risto Ojansuu Metsäntutkimuslaitoksesta, apulaisprofessori Jouko Laasasenaho Helsingin yliopistosta ja tutkija Jari Marjomaa Metsätehosta tekivät käsikirjoitukseen tarpeellisia parannusehdotuksia. Kirjoittajat esittävät parhaat kiitoksensa kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille henkilöille ja organisaatioille.

## Kirjallisuus

Ala-Ilomäki, J. 1993. Yksiotcharvesterin mittaustarkkuuden riippuvuus rungon ominaisuuksista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 450. 44 s.

Bokschanin, Ju. R. 1982. [Lehtikuusipuun jalostus ja käyttö]. Obrabotka i primenenie drevesiny listvennicy. Lesnaja promyslennost. 216 s. Sverdlovsk. Venäjäksi.

Cajander, A.K. 1909. Über Waldtypen. Acta Forestalia Fennica 1(1). 175 s.

Carbonnier, C. 1959. Funktioner för kubering av europeisk, sibirisk och japansk lärk. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära, Uppsala. Moniste.

Hakkila, P. & Winter, A. 1973. On the properties of larch wood in Finland. Lyhennelmä: Suomessa kasvatetun lehtikuusipuun ominaisuuksista. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 79(7). 45 s.

Hokajärvi, T. 1993. Lehtikuusi metsähallituksen mailla. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 4–8.

Kalinin, V.I. 1961. Polnodrevesnost' listvennicy proizrastajuscej v smesannyh nasazdenijah Pleseckogo rajona, Arhangel'skoj oblasti. Lesnoi-Zhurnal, Arhangel'sk 4(6): 16–19. Tiivistelmä "The taper of larch growing in mixed stands in the Plesetsk part of the Archangel region" julkaisussa Forestry Abstracts 1962 023-05649.

Kärkkäinen, M. 1974. Keskusmuotoluvun perusteita tukkien ja kuitupuun mittauksessa. Summary: Foundations of middle form factor in the measurement of logs and pulpwood. Silva Fennica 8(1): 47–88.

— 1984. Puutavaran mittauksen perusteet. Helsingin yliopiston monistepalvelu. 252 s.

— & Salmi, J. 1981. Länsi-Uudenmaan rannikon mäntytukkien ominaisuudet erällä sahailaitoksella. Summary: Properties of pine logs in a coastal sawmill in southern Finland. Folia Forestalia 458. 20 s.

Laasasenaho, J. 1994. Suullisia tietoja julkaisemattomista lehtikuusen runkokäyrämalleista. Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos.

Lahtinen, A. & Laasasenaho, J. 1979. On the construction of taper curves by using spline functions. Seloste: Runkokäyrän muodostaminen splini-funktiolla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 95(8). 63 s.

Lappi-Seppälä, M. 1927. Tutkimuksia siperialaisen lehtikuusen kasvusta Suomessa. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der sibirischen Lärche in Finnland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 12. 46 s.

Mattson, L. 1917. Form och formvariationer hos lärken. Studier över trädens stambyggnad. MSS: 841–922.

Mineev, A.V. 1976. Nekotorye razmerno-kachestvennye kharakteristiki krupnomernogo listvennitschnogo syr'ya raionov vostochnoi Sibiri. Lesnoi-Zhurnal 6: 115–118. Tiivistelmä "Some dimensional and qualitative characteristics of large larch roundwood in E.Siberia". Julkaisussa: Forestry Abstracts 1977 038-06822.

Pinomittausohje. 1991. Maa- ja metsätalousministeriö. 7 s.

- Puutavarapölkkyjen mittausohje. 1991. Maa- ja metsätalousministeriö. 5 s. + liitt.
- Rikkonen, P. 1987. Havutukkien kuorelliseen läpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen. Summary: Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark. *Folia Forestalia* 684. 47 s.
- 1988. Etelä-Suomen pikkutukkien tilavuuden määrittäminen latvaläpimitan perusteella. Summary: Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter. *Folia Forestalia* 712. 18 s.
- Sipi, M. 1988. Lehtikuusen tuotanto- ja käyttöominaisuudet mekaanisessa metsäteollisuudessa. Lehtikuusisahatavaran kuivaus- ja laatuominaisuuksia. Teknillinen korkeakoulu, puun mekaanisen teknologian laboratorio, Tiedonanto 45. 41 s.
- Strand, L. 1963. Tillvekst og produktion af europeisk og sibirisk lärk. Summary: Growth and yield – European and Siberian larch. *Tidsskr. Skogbr.* 71(3): 143–164.
- Tiihonen, P. 1974. Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä. Zusammenfassung: Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. *Folia Forestalia* 211. 16 s.
- Tuimala, A. 1993a. Lehtikuusen viljely Suomessa. Julkaisussa: Myllynen, A.-M. & Sinkevich, S.M. (toim.). Venäläis-suomalainen harvennushakkuuseminaari Kauniaisessa 9.–11.11.1992. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantoja 7. s. 77–82.
- 1993b. Lehtikuusipuun ominaisuudet ja käyttö. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 79–90.
- Verkasalo, E. 1993a. Lehtikuusen mittaus ja kauppa. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 91–98.
- 1993b. Lehtikuusitukkien laatu Suomessa. Summary: Technical quality of larch saw logs in Finland. *Folia Forestalia* 823. 26 s.
- Vuokila, Y. 1960a. Lehtikuusen kuutioimisyyhtälöt ja -taulukot. Summary: Tree volume functions and tables for larch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 51(10). 89 s.
- 1960b. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On development of Siberian larch stands and their importance to forestry in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 52(5). 111 s.
- Zacco, P. 1975. Relationstal hos sågtimmer. Summary: Conversion factors of saw logs. *Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära, Rapport R 94.* 39 s.+liitt.

## 29 viitettä