



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1991

773

Pentti Hakkila

HAKKUUPUISTUMAN LATVUSMASSA

Crown mass of trees at the harvesting phase

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 857 051  
Phone:

- Telex: 121286 metla sf  
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: Director:	Professori Professor	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: Distribution of publications:	Kirjastonhoitaja Librarian	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: Editorial office:	Toimittajat Editors	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

# FOLIA FORESTALIA 773

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1991

Pentti Hakkila

## HAKKUPOISTUMAN LATVUSMASSA

Crown mass of trees at the harvesting phase

*Approved on 10.7.1991*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. MENETELMÄ .....	4
3. AINEISTO .....	6
4. PUUKOHTAINEN LATVUSMASSA .....	7
41. Puutunnukset latvusmassan selittäjinä .....	7
42. Puutunnukset neulasmassan selittäjinä .....	9
43. Puutunnukset kuolleitten oksien massan selittäjinä .....	11
5. LEIMIKKOKOHTAINEN LATVUSMASSA .....	12
6. LATVUSMASSAN KOOSTUMUS .....	16
61. Kosteus .....	16
62. Puun, kuoren ja neulasten osuudet .....	17
7. LATVUSMASSAN PYSTYSUUNTAINEN JAKAUMA PUUSSA .....	18
71. Elävän latvuksen massan pystysuuntainen jakauma .....	18
72. Neulasmassan pystysuuntainen jakauma .....	18
KIRJALLISUUS – REFERENCES .....	21
SUMMARY .....	22

Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. *Folia Forestalia* 773. 24 p.

Kun runkopuu ja latvusmassa otetaan talteen samanaikaisesti, puun eri komponenttien osuudet raaka-aineessa on tunnettava. Metsäntutkimuslaitos tutki latvusmassan määrää, koostumusta ja puun pituussuuntaista jakaumaa männyssä, kuusessa ja koivussa. Aineisto kerättiin pelkästään hakkuussa poistetuista puista harvennus- ja päätehakkuuleimikoista. Se käsitti kaikkiaan 6500 puuta, joitten latvusmassa punnittiin 2 m:n runkopätkittäin.

Latvus- ja neulasmassan puukohtaista vaihtelua selittivät parhaiten rungon rinnankorkeusläpimitta, pituus ja latvussuhde. Neulasten kuivamassan määrä oli kuivaan runkomassaan verrattuna Etelä-Suomen männyllä ensiharvennusleimikoissa 10,4 %, muissa harvennusleimikoissa 5,7 % ja päätehakkuuleimikoissa 4,2 %. Kuusella vastaavat luvut olivat 19,1 %, 14,7 % ja 15,0 %. Jos puusta jätetään 3 m:n latvakappale metsään, neulasmassan poistuma supistuu ensiharvennusleimikoissa männyllä 52 % ja kuusella 34 %.

In the integrated recovery of stem and crown, the proportions of the different tree components in the raw material must be known. The Finnish Forest Research Institute carried out a study on the quantity, composition and vertical distribution of crown mass in Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and mixed birch (*Betula pendula* and *B. pubescens*) at the harvesting phase. The research material was composed exclusively of trees which were to be removed from the stand during the coming logging season in accordance with the Finnish forest management principles. Altogether, the crown mass of 6500 trees was measured by 2-meter tree sections.

External tree characteristics such as breast height diameter, tree height and crown ratio explained best the tree-to-tree variation of crown and needle mass. As compared to dry stem mass, the amount of dry needle mass was in southern Finland in pine trees harvested from first thinnings 10.4 %, from other thinnings 5.7 % and from final cuttings 4.2 %. The corresponding figures were for spruce 19.1 %, 14.7 % and 15.0 %. A simple way to reduce needle removal in conjunction with whole-tree logging is topping the trees on site. In first thinnings 52 % of pine needles and 34 % of spruce needles remain in a 3 m top which corresponds to 5–6 cm top diameter of pulpwood.

Keywords: crown mass, needle mass, harvesting phase, vertical distribution, whole-tree utilization.  
FDC 32 + 331 + 537

Author's address: Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-1160-0

ISSN 0015-5543

Helsinki 1991. Valtion painatuskeskus

# 1. Johdanto

Puukaupan piiriin on tullut uusia tavaralajeja, kun metsäbiomassaa on ryhdytty käyttämään energialähteenä. Siihen on johtanut myös pyrkimys kohottaa korjuun tuottavuutta työvaiheita vähentämällä, karsinnan vaatimuksia keventämällä ja puitten joukkokäsittelyllä. Runkopuun lisäksi tuolloin saatetaan ottaa talteen myös latvusmassaa.

Uusia tavaralajeja ovat esimerkiksi kokonaiset karsimattomat puut eli kokopuu, edellisistä katkotut karsimattomat pätvät eli osapuut, kokopuusta tai osapuusta tehty kokopuuhaake sekä hakkuutähteestä tehty haake. Kanadassa on äskettäin esitetty ”trimmed tree concept”, joka tähtää puun ulosottoon metsästä kokonaisena mutta kuitenkin siten, että siitä jo palstalla riivitään koneellisesti neulas (Bjerkelund 1989).

Näitä uusia menetelmiä sovellettaessa on latvusmassan määrä tunnettava hakkuun ja kuljetuksen työvaikeutta arvioitaessa. Se on tunnettava myös raaka-ainetta mitattaessa ja hinnoiteltaessa sekä koneita ja menetelmiä kehiteltäessä. Latvusmassatietoja voidaan hyödyntää niinikään metsätalouden ja ympäristöhoidon suunnittelussa ja jokapäiväisissä käytännön tehtävissä esimerkiksi seuraavia ongelmia ratkaistaessa:

- Hakkuutähteitten suojavaikutus koneitten aiheuttamaan painumista ja juuristovaurioita vastaan heikosti kantavilla mailla
- Hakkuutähteitten peittovaikutus taimiin poistettaessa siemen- ja suojuspuita uudistusaloilta
- Hakkuutähteistä aiheutuva metsäpalovaara ja uudistusalan soveltuvuus kulutuskohteeksi
- Hakkuutähteitten vaikutus maanmuokkauksen, istutuksen tai kylvön työvaikeuteen uudistusaloilla
- Latvusmassan lannoitusvaikutus harvennushakkuissa, sen talteenotosta tai kasaantumista aiheuttavat ravinnepappiot ja tähteistä mahdollisesti huuhtoutuvien ravinteitten vaikutus vesistöihin
- Hakkuutähteistä retkeilylle ja muulle virkistyskäytölle aiheutuva haitta
- Hakkuutähteitten energiapotentiaali
- Latvusmassan merkitys ilmähän hiilen sitojana

Latvusmassan määrä ja koostumus vaihtelevat muun muassa puulajista, puuston koosta, metsikön tiheydestä ja kehityshistoriasta, kasvupaikan maantieteellisestä sijainnista, perintöteki- jöistä sekä puuston terveydentilasta riippuen. Koska latvusmassaa on vaikeata mitata käytän-

nön toimissa, sen määrä on arvioitava puustotai leimikkotunnusten pohjalta lähtien.

Latvusmassatutkimusten tarkastelukulma on useimmiten ekologinen. Ne liittyvät lähinnä biomassan tuotoksen ja ravinnekierron tutkimukseen (Hitchcock & McDonnell 1979). Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastolla on vuodesta 1987 lähtien ollut käynnissä tutkimus, jossa selvitetään rungon puuaineen, rungon kuoren sekä elävän latvuksen kokonaisuus määrää ja määräsuhteita valtakunnan metsien inventoinnin kertakoealoilta kerätystä aineistosta (Korhonen & Maltamo 1990).

Teknis-taloudellisesti suuntautuneita latvusmassatutkimuksia, joissa tarkastelu kohdistuu nimenomaan hakkuuvaiheeseen puustoon, on tehty vain vähän. Suomessa niitä on julkaistu aikaisemmin Metsäntutkimuslaitoksen toimesta yhteispohjoismaisen hakkuutähdeprojektin (Hakkila 1969, 1971) ja lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin (Kanninen ym. 1979) tuloksina. Ruotsissa on julkaistu latvusmassan määrää selvitteleviä tutkimuksia sekä männystä (Albrektson 1980) että kuusesta (Marklund 1987). Varhaisemmat tutkimukset eivät kuitenkaan enää tyydytä uusien korjuuteknisten ratkaisujen synnyttämää tiedontarvetta.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto keräsi vuosina 1984–1986 uusien korjuumenetelmien käyttöönoton synnyttämän tarpeen tyydyttämiseksi latvusmassa-aineiston, jolla etsittiin vastausta ennen kaikkea seuraaviin kysymyksiin:

1. Mikä on harvennus- ja päätehakkuissa poistettavien erikokoisten puitten latvusmassan määrä ja koostumus?
2. Mikä on harvennus- tai päätehakkuuleimikosta poistettavan puuston latvusmassan kokonaisuusmäärä ja koostumus?
3. Miten suuri osuus latvusmassasta liittyy markkinakelpoiseen rungonosaan ja mikä osuus jää rungon markkinakelvottomaan latvakappaleeseen sen katkaisukohdasta riippuen?

Jotta tulokset säilyttäisivät kelpoisuutensa korjuutekniikan, vähimmäisläpimitan ja karsinta-vaatimusten muuttuessa, tehtävänasettelussa pyrittiin vapautumaan vallitsevasta korjuukäytännöstä. Tavoitteena oli *selvittää runkopuun*

*mukaan jäävän latvusmassan potentiaalinen määrä* korjattaessa karsimaton puu kokonaisuena tai tietystä kohdasta latvasta katkaistuna. Sitä vastoin ei etsitty vastausta kysymykseen, paljonko tästä karsimattoman puutavaran latvusmassasta putoaa pois ja häviää korjuun eri vaiheissa. Myös viimeksi mainittu kysymys on tärkeä, mutta se on korjuu- ja kuljetusmenetelmään ja -oloihin kiinteästi kytkeytyvä ja niin ollen tutkimuksellisesti erillinen tehtävä.

Tässä tutkimuksessa *latvusmassaan sisältyy puun kaikkien elävien ja kuolleitten oksien massa* kaikkine komponentteineen. Koska koivut kaadettiin keväällä ennen lehtien puhkeamista tai syksyllä lehtien jo varistua, koivua koskevat tulokset viittaavat aina lehdettömään latvukseen. Milloin puhutaan elävän latvuksen massasta, mukaan ei lasketa kuolleita oksia. Päinvastoin kuin eräissä muissa tutkimuksissa, *latvusmassaan ei sisällytetä rungon markkinakelvotonta latvakappaletta* vaan siis ainoastaan oksat. Kaikki *mittaustulokset on muunnettu kuivamassaksi* kosteusnäytteitten kautta. Tulokset voidaan muun-

taa takaisin tuoremassaksi luvun 61 keskimääräisiä kosteusprosentteja käyttäen. *Kosteus on laskettu latvusmassan tuorepainosta* puun kaatohekellä. Se siis ilmoittaa veden osuuden tuoremassasta.

Tutkimus tehtiin metsäteollisuuden puunkorjuuorganisaatioitten aloitteesta ja rahoitettiin pääosaksi maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusvaroin. Leimikoita etsittäessä saatiin apua lukuisilta metsäteollisuusyrityksiltä. Erityisen suuri oli Veitsiluoto Oy:n panos sekä tutkimuksen suunnittelu- että toteutusvaiheessa.

Aineiston keruuta johti metsätal.ins. Hannu Kalaja, jonka lisäksi kenttäryhmien johtajina toimivat tutkimuksen eri vaiheissa myös metsätal.teknikot Olavi Kohal, Tapio Nevalainen ja Erkki Salo. Suunnittelija Hannu Aaltio teki tilastolliset analyysit ja toimistosihtööri Maija Tuuri konekirjoitustyön. Käsikirjoituksen tarkastivat professorit Pertti Harstela ja Kari Mielikäinen. Englanninkielisen yhdistelmän tarkasti Phillip Lewis. Lausun parhaat kiitokseni yllä mainituille sekä kaikille muille tutkimuksessa mukana olleille.

## 2. Menetelmä

### *Leimikkokohteet*

Ekologiset latvusmassatutkimukset sekä metsävarojen inventointi kohdistuvat metsikön kaikkiin puihin ja kaikkiin kehitysvaiheisiin. Korjuun ja käytön kannalta merkitystä on kuitenkin lähinnä vain sillä latvusmassalla, joka puissa on hakkuuhetkellä. Koska tavoitteena siis oli nimenomaan korjuussa poistettavien mutta ei kasvamaan jäävien puitten latvusmassan mittaaminen, aineistoon kelpuutettiin yksinomaan hakkuuvuoroon tulleita ja siinä ominaisuudessa jo leimikoiksi merkittyjä kohteita. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ne saatiin metsäteollisuusyritysten paikallisesta pystyleimikkovarannostaan osoittamista harvennus- ja uudistushakkuukohteista.

Leimikoitten välillä on suuria eroja puuston koon ja kehityshistorian suhteen. Vastaavasti niiden välillä on eroja myös latvusmassan määrässä ja koostumuksessa. Tästä syystä ja käytännön sovellusta silmällä pitäen leimikot jaettiin 4 luokkaan, jotka mukailevat metsiköitten tavanomaista kehitysluokkakajoa seuraavasti:

Leimikkoluokka 2. Ensiharvennusvaiheen metsiköt. Vastaa kehitysluokkaa 2.

Leimikkoluokka 3. Varttuneet harvennusmetsiköt, joissa on vuorossa toinen tai kolmas kaupallinen harvennus. Vastaa kehitysluokkaa 3.

Leimikkoluokka 4. Uudistuskypsyden saavuttaneet Vart-

tuneet metsiköt, jotka hakataan paljaaksi, suojuuspuuasentoon tai siemenpuuasentoon. Vastaa kehitysluokkaa 4.

Leimikkoluokka 6. Vajaapuustoisuuden ja vajaatuottoisuuden vuoksi uudistettavat, yleensä pienpuuvaltaiset metsiköt, joille on tyypillistä kasvupaikalle huonosti soveltuva tai vähäarvoinen puusto. Vastaa kehitysluokkaa 6.

Aineistoon sisältyy kaikkiaan 130 leimikkokohdetta. Niistä merkittiin muistiin muun muassa seuraavat yleistiedot:

- Leimikon numero (1–130)
- Mittausajankohta
- Maantieteellinen sijainti
- Leimikkoluokka
- Vallitseva puulaji
- Puutavarakertymä hakkuussa, m<sup>3</sup>/ha

### *Koalojen valinta leimikosta*

Kustakin tutkimukseen hyväksytystä leimikosta otettiin 5 koelaa, joista jokaisen edellytettiin edustavan samaa leimikkoluokkaa. Koalojen kokonaismäärä oli yhteensä 650.

Leimikon ensimmäisen koalan keskipiste oli tarkalleen 50 m:n etäisyydellä leimikon etureunasta. Seuraavat

koealat valittiin sen jälkeen 50 m:n välein samasta kulku-suunnasta tai, ellei tämä leimikon koon tai muodon vuoksi ollut mahdollista, vastaavasti 50 m:n etäisyydeltä kääntämällä kulkusuuntaa suorassa kulmassa. Koealan suuruus määrytyi puuston tiheyden mukaan. Koealalta ja sen välittömästä ympäristöstä kerättiin seuraavat tiedot:

- Koealan numero (1–5)
- Kasvupaikkatyyppi
- Puuston pohjapinta-ala ennen hakkuuta, m<sup>2</sup>/ha
- Puuston keskipituus ennen hakkuuta, dm
- Puuston runkotilavuus ennen hakkuuta, m<sup>3</sup>/ha
- Puuston keski-ikä ennen hakkuuta, vuotta

### *Koepuitten valinta koealalta*

Kultakin koealalta kaadettiin 10 lähinnä sen keskipistettä sijainnutta hakkuussa poistettavaa puuta. Koepuita kertyi siten leimikkoa kohti 50 ja koko aineistoon 6500. Koepuiksi hyväksyttiin männyt, kuuset ja lehdeettömänä vuodenaikana myös koivut. Rinnankorkeuslähpimitan tuli olla kuoren päältä vähintään 45 mm. Koepuista mitattiin seuraavat tunnuksat:

- Puun numero (1–10)
- Kuorellinen lähimitta 1,3 m:n korkeudella maasta, mm
- Lähimitta kuoren päältä 0, 1 ja 2 m:n etäisyydeltä kaatoleikkauksesta sekä sen jälkeen aina 2 m:n välein, mm
- Puun pituus, dm
- Elävän latvuksen alarajan korkeus, dm
- Alimman kuivan oksan korkeus, dm
- Tukkipuitten tukkiosan pituus, dm
- Puun ikä, vuotta
- Hakkuuvaikeuden mukainen oksaisuusluokka (1–5)

### *Koepuitten latvusmassan punnitus tuoreena*

Koepuut karsittiin runkomyötäisesti. Oksat jaoteltiin 2 m:n runkopätkiä vastaaviin eriin. Kuolleet oksat erotettiin elävistä.

Kukin näin syntynyt oksaerä punnittiin kolmijalan varaan ripustetulla 10 kg:n tai 50 kg:n dynamometrillä yhdessä tai tarpeen vaatiessa useassa erässä. Punnitustulosten summa osoitti latvuksen tuoremassan puukohtaaisesti.

### *Kosteus- ja neulasnäytteitten keruu*

Kunkin koealan 10 koepuun joukosta arvottiin yksi kosteus- ja lehtimassanäytteitten keruuseen. Näytepuuta oli kaikkiaan 650.

Näistä puista otettiin näyte elävistä oksista jokaista 2 m:n runkopätkää kohti. Näytteeseen valittiin asianomaisesta rungonosasta silmävaraisesti niin paljon kokonaisia eläviä oksia, että sen tuorepainoksi tuli 0,5–1,0 kg. Poikkeuksen muodostivat tapaukset, joissa rungonosan oksien

massa oli puun kokonaislatvusmassaan verrattuna merkityksettömän pieni. Näyte koostui aina vähintään yhdestä kokonaisesta oksasta. Lisäksi kerättiin puun kaikkia kuoleita oksia edustava yhteinen kosteusnäyte.

Jotta kosteudessa ei olisi ennättänyt tapahtua virhettä aiheuttavia muutoksia, näytteet otettiin heti latvuksen tuoremassan punnituksen jälkeen. Ne punnittiin välittömästi 1 kg:n jousivaa’alla ja varastoitiin muovipusseihin. Pussit toimitettiin kylmävarastoon ja edelleen laboratorioon kosteuden sekä kuivamassan neulasosuuden määrittämistä varten. Milloin pusseja jouduttiin varastoimaan lämpimässä, niitä säilytettiin avoimina näytteen pilaantumisen estämiseksi.

### *Kosteus- ja neulasnäytteitten laboratoriokäsittely*

Näytteet kuivattiin lämpökaapissa 103°:n lämpötilassa. Männyllä ja kuusella näytteen kuivamassa määritettiin erikseen neulasille ja erikseen erottelemattomalle puu- ja kuorimassalle. Punnitustulosten perusteella laskettiin latvusmassan kosteus tuorepainon pohjalta sekä havupuilla lisäksi neulasten osuus latvuksen kuivamassasta.

### *Tulosten laskenta*

Pääosassa koepuista latvusmassasta määritettiin ainoastaan tuorepaino. Jotta punnitustulokset olisi voitu muuntaa kuivapainoiksi, kullekin leimikolle laskettiin 5 näytepuun kosteusnäytteitten perusteella latvusmassan keskimääräinen kosteus. Leimikkokohtaisiin kosteusmuuntolukuihin päädyttiin siksi, että tietyn leimikon koepuut oli kaadettu samojen sääolojen vallitessa, ja latvusmassan keskimääräinen kosteus taas vaihtelee sateista ja muista säätekijöistä riippuen.

Puukohtaiset latvusmassayhtälöt laskettiin valikoivalla regressioanalyysillä (luku 41). Latvuksen kokonaiskuivamassan lisäksi laskettiin männyllä ja kuusella vastaavat yhtälöt myös pelkästä neulasmassasta (luku 42). Tähän oli käytettävissä se 10 %:n osa-aineisto, josta otettiin yhdistetty kosteus- ja neulasnäyte. Tarkoitukseseen soveltuvia mäntyjä oli kaikkiaan 283 ja kuusia 218 kappaletta.

Latvuksen kuivamassa esitetään kiloina puuta kohti, eräissä tapauksissa myös suhdelukuna puun koko maanpäällisen osan tai rungon kuivamassasta. Vertailussa tarvittu kuorellisen rungon kuivamassa laskettiin rungon mitatun tilavuuden sekä pystypuitten kuivapainotaulukoista saadun rungon keskimääräisen puuaineen tiheyden tuloa ottaen huomioon kuoren, rungon sisäisten oksien sekä maantieteellisen sijainnin edellyttämät korjaukset (Hakkila 1979).

Tutkimuksessa selvitetään myös latvusmassan jakaantumista puuaineen, kuoren ja neulasten kesken (luku 62) sekä toisaalta puun pystysuunnassa (luku 7). Neulasmassan osuus mitattiin edellä kuvatulla tavalla suoraan laboratorionäytteistä. Puuaineen ja kuoren keskinäiset painosuhteet oletettiin Metsäntutkimuslaitoksen aikaisempien tutkimusten mukaisiksi (Hakkila 1971).

### 3. Aineisto

Tutkimusaineisto kerättiin 130 leimikosta, joitten sijainti nähdään kuvasta 1 ja keskimääräiset puustotunnukset taulukosta 1. Seuraavat luvut osoittavat koepuitten rinnankorkeuslähpimitan vaihteluvälin.

	Rinnankorkeuslähpimitan vaihteluväli, mm
Mänty, Etelä-Suomi	45 – 402
Mänty, Pohjois-Suomi	45 – 396
Kuusi, Etelä-Suomi	45 – 431
Kuusi, Pohjois-Suomi	50 – 364
Koivu, Etelä-Suomi	43 – 410
Koivu, Pohjois-Suomi	60 – 274

Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsälautakunnat kattavassa *Pohjois-Suomessa* oli 39 leimikkoa ja muut metsälautakunnat kattavassa *Etelä-Suomessa* 91 leimikkoa. Etelä- ja Pohjois-Suomen raja kulkee tässä metsälautakuntajakoon perustuvassa ryhmittelyssä lähellä leveysastetta 64. Koska tulokset on tarkoitettu palvelemaan puutavaran korjuun ja sitä seuraavan metsänuudistamisen suunnittelua, ne esitetään leimikkoluokittain.

*Ensiharvennusleimikoista* (luokka 2) kaadettuja puita sisältyy aineistoon 1800. Leimikkotarjonnasta johtuen pääosa niistä on mäntyjä. Pohjois-Suomen ensiharvennusleimikoista kuusia ja koivuja kertyi niin niukalti, että niiden tuloksia ei esitetä.

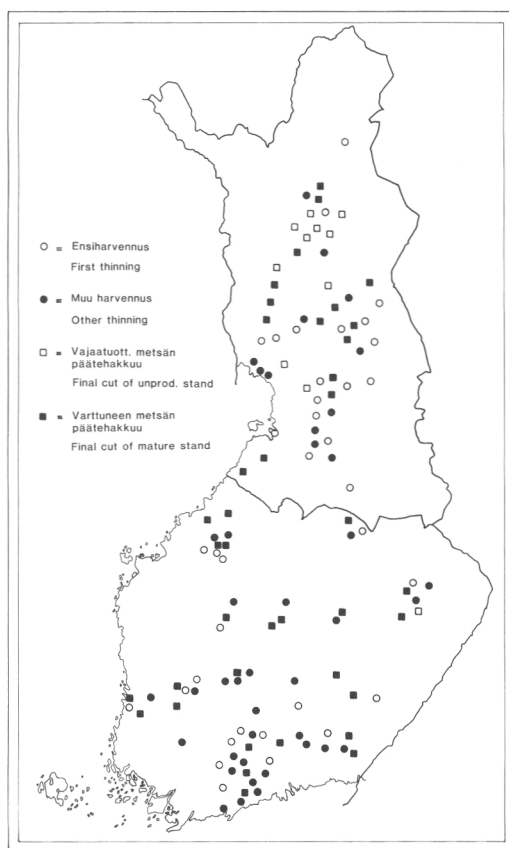
Ensiharvennuspuille on pienen koon lisäksi ominaista, että kuolleitten oksien vyöhyke ulottuu usein vielä lähes maahan saakka ja että elävä latvus on runkoon suhteutettuna pidempi kuin muissa leimikkotyypeissä. Elävän latvuksen osuus puun koko pituudesta eli latvussuhde oli männyllä ja koivulla noin 60 % ja kuusella 80 %. Salmisen ja Varmolan (1990) mukaan ensiharvennusmännikön latvussuhde riippuu ratkaisevasti taimikkovaiheen harvennuksen voimakkuudesta.

*Muista harvennusleimikoista* (luokka 3) kerätty aineisto sisältää kaikkiaan 2050 koepuuta. Pohjois-Suomen koivujen osalta aineisto jäi niin pieneksi, että niiden tuloksia ei esitetä. Kuolleitten oksien alaraja oli männyllä keskimäärin 3 m:n, kuusella alle 1 m:n ja Etelä-Suomen koivulla 5 m:n korkeudella. Elävä latvus oli vain 0,5–1,5 m pidempi kuin ensiharvennuksissa. Alaharvennusperiaatteen mukaisesta valinnasta johtuen latvussuhde on lyhimmillään myöhäisissä harvennuksissa poistettavissa puisa. Etelä-Suomessa se oli männyllä 40–45 %, kuusella 65–70 %, ja koivulla 50–55 %, Pohjois-Suomessa hieman suurempi. Hakuuvaikeuden mukainen oksaisuusluokka on kaikilla puulajeilla tässä leimikkoluokassa vastaavasti alimmillaan.

*Vartuneen metsän päätehakkua* (luokka 4) edustavassa aineistossa on 2050 puuta. Tämän leimikkoluokan puut ovat etelässä merkittävästi järeämpiä kuin pohjoisessa. Elävä latvus on pidempi kuin harvennuspuidella. Latvussuhde on keskimäärin pienempi kuin ensiharvennuksissa

mutta suurempi kuin muissa harvennuksissa.

Neljäntenä leimikkoluokkana on tutkimuksessa mukana *vajaatuottoisen pienpuuvaltaisen metsän päätehakkua* (luokka 6). Kokopuunakorjuuta sovelletaan useasti juuri tällaisissa kohteissa. Koepuut, lukumäärältään yhteensä 600, ovat etupäässä etelän ja pohjoisen koivuja sekä pohjoisen kuusia. Tämän kohderyhmän puilla elävä latvus ulottuu harvan kasvuasennon vuoksi keskimäärin alemmaksi kuin saman kokoluokan puilla muissa leimikkoluokissa. Latvussuhde ja oksaisuusluokka ovat niin ollen suuria. Nämä piirteet ovat erityisen kärjekkäät Pohjois-Suomen vajaatuottoisten metsien pienikokoisissa kuusissa.



Kuva 1. Tutkimusleimikkoitten sijainti Etelä- ja Pohjois-Suomessa.

Figure 1. Location of the research stands in southern and northern Finland.



Taulukko 1. Koepuitten mitat leimikkoluokittain. Aritmeettisia keskiarvoja.  
Table 1. Measurements of the sample trees by stand class. Arithmetic means.

Puulaji <i>Tree species</i>	Sijainti <i>Location</i>	Leimikko- luokka* <i>Stand class*</i>	Puita, kpl <i>Number of trees</i>	D <sub>1,3</sub> , mm <i>Dbh, mm</i>	Tilavuus, m <sup>3</sup> <i>Volume, m<sup>3</sup></i>	Alin kuol- lut oksa, m <i>Lowest dead branch, m</i>	Alin elävä oksa, m <i>Lowest live branch, m</i>	Pituus, m <i>Height, m</i>	Latvus- suhde,% <i>Crown ratio,%</i>	Oksaisuus- luokka <i>Branchiness class</i>
Mänty <i>Pine</i>	Etelä <i>South</i>	2	795	85	0,032	0,7	3,8	8,7	57	2,1
		3	536	140	0,141	2,9	8,1	14,2	43	1,9
	Pohj. <i>North</i>	4	479	225	0,406	5,6	9,7	17,7	45	2,0
		2	484	81	0,028	0,8	3,3	8,2	60	2,2
		3	187	111	0,076	2,9	5,6	11,2	49	1,7
		4	204	169	0,207	3,4	5,9	12,6	54	2,2
Kuusi <i>Spruce</i>	Etelä <i>South</i>	2	208	98	0,051	0,3	2,3	10,5	78	2,8
		3	719	128	0,116	0,7	4,1	12,7	66	2,6
	Pohj. <i>North</i>	4	417	197	0,364	1,0	4,0	16,9	75	2,9
		3	113	124	0,102	0,9	2,8	10,3	70	2,8
		4	471	148	0,139	0,8	2,3	11,2	78	3,4
		6	306	119	0,066	0,5	1,4	8,2	81	3,7
Koivu <i>Birch</i>	Etelä <i>South</i>	2	297	103	0,060	2,6	4,9	12,1	61	2,3
		3	495	115	0,088	1,5	5,1	14,6	52	1,5
	Pohj. <i>North</i>	4	404	173	0,266	5,6	7,8	17,8	56	1,7
		6	155	138	0,154	3,9	5,6	14,1	60	2,0
		4+6	117	130	0,079	3,1	3,5	9,8	64	2,7

\* Selitys sivulla 4 – Explanation on page 23.

## 4. Puukohtainen latvusmassa

### 4.1. Puutunnukset latvusmassan selittäjinä

Latvusmassatietoja sovelletaan ensisijaisesti leimikkokohtaisina. Leimikon hakkuupoistuman latvusmassa voidaan määrittää runkolukusarjasta ja puukohtaisista tunnuksista lähtien.

Yksityisen puun latvusmassan mittaaminen on käytännön metsätaloudessa tietenkin mahdollonta, mutta koska puun biomassakomponentit ovat allometrisiä korreloiden keskenään, latvusmassa voidaan arvioida runkotunnuksiin perustuvien regressioyhtälöitten pohjalta. Selittävien muuttujien tulee olla helposti mitattavia ja yhtälöitten itsensä kohtuullisen yksinkertaisia. Puukohtaisen latvusmassan selittäjät voidaan luokitella seuraavasti:

- rungon kokoa kuvaavat muuttujat
- rungon kasvunopeutta kuvaavat muuttujat
- latvuksen kokoa kuvaavat muuttujat
- metsikköoloja kuvaavat muuttujat

Tavoitteena on ollut perustaa yhtälöt sellaisiin puukohtaisiin muuttujiin, jotka tulevat korjuun

suunnittelun tai toteutuksen jossakin vaiheessa joka tapauksessa mitatuiksi tai jotka muutoin ovat helposti määritettävissä. Tässä tutkimuksessa luovuttiin metsikön kasvatushistorian, tiheyden, kasvupaikan laadun ja muitten metsikköoloja kuvaavien yleistunnusten käytöstä puukohtaista latvusmassaa selittävinä muuttujina osin niitten vaatimattoman lisäselitysvoinman ja osin myös luokittelun epätasällisuuden ja subjektiivisuuden vuoksi.

Koska puukohtaiset muuttujat korreloivat yleisesti keskenään, ne kuluttavat yhtälöissä toistensa selitysvoimaa niin, että monimuuttujamalleissa jo neljännen selittäjän teho jää yleensä varsin vähäiseksi. Tarkin ja käytökelpoisin latvusmassaa (y) selittävä yksityinen puutunnus on *rinnankorkeusläpimitta* (D), jonka mukaiset runkolukusarjat voidaan määrittää niin pystymittauksessa kuin nopeasti yleistyvässä hakkuukonemittauksessakin. Riippuvuussuhdetta voidaan kuvata esimerkiksi seuraavalla yhtälöllä:

$$y = b_0 + b_1 D^{b_2}$$

Mallia on sovellettu lukuisissa tutkimuksissa siten, että  $b_2$ -kertoimelle on annettu arvoksi 2 tai harvemmin 3. Eksponentti asettuu todellisuudessa usein näitten lukujen välille, esimerkiksi Wiantin (1979) tutkimuksessa yhdeksästä lehti-puulajista Appalachian alueella Yhdysvalloissa se oli 2,4–2,7. Käsillä olevassa tutkimuksessa päädyttiin elävien oksien kuivamassan osalta valikoivassa regressioanalyysissä samankaltaiseen tulokseen seuraavin kertoimin:

	$b_2$ -kertoimen arvo	Yhtälön selityksaste, $R^2$
Mänty	2,566	0,836
Kuusi	2,579	0,881
Koivu	2,406	0,657

Koska latvusmassa kasvaa rungon läpimitan mukana nopeasti, myös poikkeamat regressiokäyrältä kasvavat vastaavasti. Kun käyrä linearisoidaan logaritmien avulla, poikkeamat tasoittuvat käyrän eri osissa. Logaritmiyhtälö saa seuraavan yleisesti käytetyn muodon, joka myös tässä tutkimuksessa antoi hyvän tuloksen erityisesti männylle ja koivulle:

$$\ln y = b_0 + b_1 \ln D$$

Marklundin (1987) laajassa kuusta koskevassa latvusmassa-aineistossa Ruotsissa edellinenkin malli ei kuitenkaan johtanut täysin tyydyttävään tulokseen varsinkaan pienillä puilla. Korkeamman selityksasteen antoi läpimittamuuttuja, jonka osakomponenttina oli myös vakiotermi seuraavasti:

$$\ln y = b_1 D/(D+b_0)$$

Tässä tutkimuksessa testattiin edellä kuvattuja ja eräitä muita vaihtoehtoisia malleja. Ensimmäisessä vaiheessa ainoana puutunnukseksi oli mukana rinnankorkeusläpimitta erilaisina muunnoksina. Ottaen huomioon sekä selitysvaima että sovelluksen helppous käyttökelpoisimpaan tulokseen päästiin seuraavilla yhtälöillä, joista ensimmäiset selittävät vain elävien oksien massaa ja jälkimmäiset elävien ja kuolleitten oksien kokonaismassaa. Jäännöshajonta ei ole todellisuudessa samansuuruinen regressiokäyrän koko pituudella, vaan pienillä puilla se on keskimääräistä pienempi ja suurilla keskimääräistä suurempi.

	$R^2$	Jäännöshajonta, kg tai ln kg
Elävän latvuksen kuivamassa:		
Mänty: $\ln y = -9,3954 + 2,3268 \ln D$	0,878	0,427
Kuusi: $y = -3,71 + 0,10229 D + 3,30 \cdot 10^{-6} D^3$	0,881	11,73
Koivu: $\ln y = -10,7699 + 2,6016 \ln D$	0,839	0,451
Koko latvuksen kuivamassa:		
Mänty: $\ln y = -8,8027 + 2,2475 \ln D$	0,905	0,358
Kuusi: $y = -4,34 + 0,11571 D + 3,34 \cdot 10^{-6} D^3$	0,892	11,53
Koivu: $\ln y = -10,2692 + 2,5124 \ln D$	0,838	0,436
y = latvuksen kuivamassa, kg		
D = rinnankorkeusläpimitta, mm		
H = puun pituus, dm		
He = elävän latvuksen alarajan etäisyys maan tasalta, dm		
LS = latvussuhde, %		

Rinnankorkeusläpimitan sijasta rungon kokoa kuvaavana muuttujana voidaan vaihtoehtoisesti käyttää puun pituutta (H). Pituuden lisääntyminen merkitsee paitsi rungon koon kasvua toisaalta tietyn läpimittaluokan puitteissa samanaikaisesti myös solakoitumista. Siihen puolestaan liittyy oksien ohentuminen ja karsiutuminen ja sitä kautta samalla myös latvusmassan supistuminen (Hakkila 1971). Rinnankorkeusläpimitan ja sen kanssa rinnakkain käytetyn pituuden vaikutukset ovat siis osin vastakkaisia. Tämä tulee selkeästi näkyviin Quelletin (1983) tutkimuk-

ssa, jossa 11 kanadalaisen puulajin latvusmassaa selitettiin seuraavalla yhtälöllä:

$$y = b_0 D^{b_1} H^{b_2}$$

Mainitussa tutkimuksessa läpimitan eksponentti  $b_1$  oli kaikissa tapauksissa positiivinen vaihdellen välillä 1,3 – 3,1. Pituuden eksponentti  $b_2$  sen sijaan oli yhtä tapausta lukuun ottamatta negatiivinen välillä -0,1 – -1,1.

Pituuden selitysvaima on pienempi kuin rinnankorkeusläpimitan. Mutta kun sekä puun pi-

tuus että rinnankorkeusläpimitta otetaan selittäjiksi rinnakkain, latvusmassayhtälön luotettavuus kasvaa. Tällaiset yhtälöt soveltuvat perinteisen pystymittauksen käytäntöön vaatimatta tuekseen lisämittauksia, sillä otantaan perustuvat pituus-

jakaumat ovat käytettävissä. Tässä tutkimuksessa selitysaste kasvoi männyllä runsaat 2 prosenttiyksikköä mutta muilla puulajeilla vähemmän, kun yhtälöön lisättiin läpimitan rinnalle myös pituus.

	R <sup>2</sup>	Jäännös- hajonta, kg tai ln kg
Elävän latvuksen kuivamassa:		
Mänty: $\ln y = -5,2678 + 3,4914 \ln D - 1,9498 \ln H - 47,454 D/H^2$	0,908	0,370
Kuusi: $y = 0,4112 + 0,00026724 D^2 + 1,41 \cdot 10^{-6} D^3 + 0,00043562 D^3/H$	0,893	11,14
Koko latvuksen kuivamassa:		
Mänty: $\ln y = -9,7486 + 0,0016023 D + 2,5600 \ln D - 0,0063173 H$	0,925	0,318
Kuusi: $y = 0,4866 + 0,00035026 D^2 + 1,35 \cdot 10^{-6} D^3 + 0,00042424 D^3/H$	0,903	10,90

Tarkkuus kasvaa edelleen, kun mukaan otetaan vielä elävän latvuksen absoluuttista tai suhteellista pituutta kuvaava muuttuja: elävän latvuksen alarajan korkeus maan tasalta, elävän latvuksen pituus tai latvussuhde eli elävän latvuk-

sen pituus sadanneksina puun koko pituudesta. Tällöin joudutaan kuitenkin tavanomaisen pystymittauksen lisäksi tekemään ylimääräisiä mittauksia, joskin esimerkiksi latvussuhde lienee arvioitavissa silmävaraisestikin.

	R <sup>2</sup>	Jäännös- hajonta, ln kg
Elävän latvuksen kuivamassa:		
Mänty: $\ln y = -11,059 + 2,56050 \ln D - 0,0058932 H_e + 8,14 \cdot 10^{-5} (D+180) \cdot LS + 1,13 \cdot 10^{-6} D \cdot LS^2$	0,935	0,310
Kuusi: $\ln y = -9,821 + 2,3031 \ln D + 0,017075 LS + 992,36/H^2$	0,923	0,282
Koivu: $\ln y = -12,4606 + 2,73067 \ln D + 1788,90/H^2 + 0,01664 LS$	0,886	0,366
Koko latvuksen kuivamassa:		
Mänty: $\ln y = -10,230 + 2,5478 \ln D - 0,0050869 H_e + 0,0057087 LS$	0,938	0,288
Kuusi: $\ln y = -9,3308 + 2,2742 \ln D + 872,51/H^2 + 0,013594 LS$	0,932	0,258
Koivu: $\ln y = -9,0521 + 2,0532 \ln D + 5,498 \cdot 10^{-5} (D+180) \cdot LS$	0,879	0,378

Regressioyhtälöitten selitysastetta ei onnistuttu parantamaan muuttujalla, joka kuvasti leimikon maantieteellistä sijaintia Suomen etelä-pohjois-suunnassa. Kuten luku 5 myöhemmin osoittaa, etelän ja pohjoisen välillä on kyllä leimikkotasolla selviä eroja oksamassan suhteellisessa määrässä runkopuuhun verrattuna, mutta nämä leimikoittaiset erot ovat itse asiassa seuraus puutunnusten eroista etelän ja pohjoisen välillä. Kun vertailun kohteena ovat rinnankorkeusläpimitaltaan, pituudeltaan ja latvussuhteeltaan samanlaiset puut, maantieteellinen sijainti menettää merkityksensä.

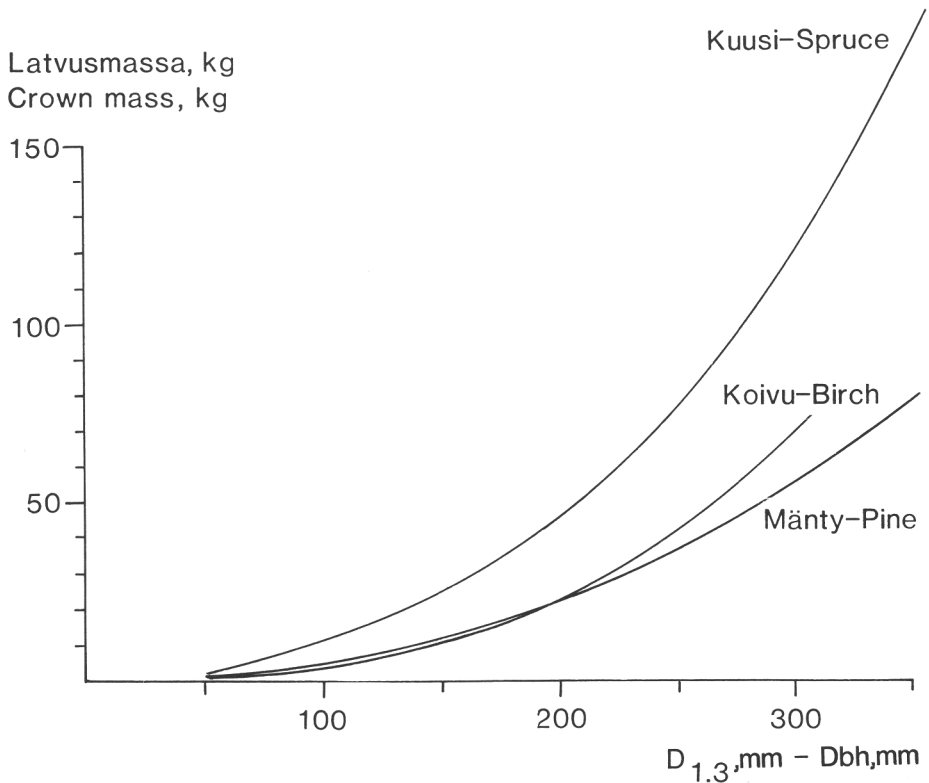
Kuva 2 osoittaa männyn, kuusen ja koivun koko latvuksen kuivamassan puun rinnankorkeusläpimitasta riippuen. Kuusen latvusmassa on mäntyyn verrattuna kaksinkertainen. Koivulla latvusmassa on hieman pienempi kuin männyllä, kun puut ovat rinnankorkeusläpimitaltaan alle 20 cm. Järeissä koivuissa on usein muuta-

mia paksuja oksia, jotka nostavat latvusmassan mäntyä suuremmaksi. Korostettakoon jälleen, että tässä tutkimuksessa koivun latvusmassa on mitattu lehdittä mutta havupuitten lehtineen.

## 42. Puutunnukset neulasmassan selittäjinä

Latvusmassan talteenoton ja käytön yhteydessä tulee tuntea lehtien suhteellinen osuus. Esimerkiksi seuraavat tarpeet edellyttävät lehtien osuuden tuntemista:

- Korjuun eri vaiheissa latvusmassasta häviää lehtiaimesta. Tiettyä tekniikkaa käyttäen on mahdollista jättää valtaosa lehdistä metsään. Jäljelle jäävän latvusmassan määrän arvioimiseksi on tunnettava lehtien osuus.
- Huomattava osa puustoon sitoutuneista ravinteista on lehdistä. Vaihtoehtoisten korjuumenetelmien metsä-



Kuva 2. Männyn, kuusen ja koivun koko latvuksen kuivamassa puun rinnankorkeusläpimitasta riippuen.

Figure 2. Whole crown mass of pine, spruce, and leafless birch trees as a function of breast height diameter. Dry mass basis.

maassa aiheuttamien ravinnetappioiden arvioimiseksi on tunnettava lehtien osuus latvusmassasta.

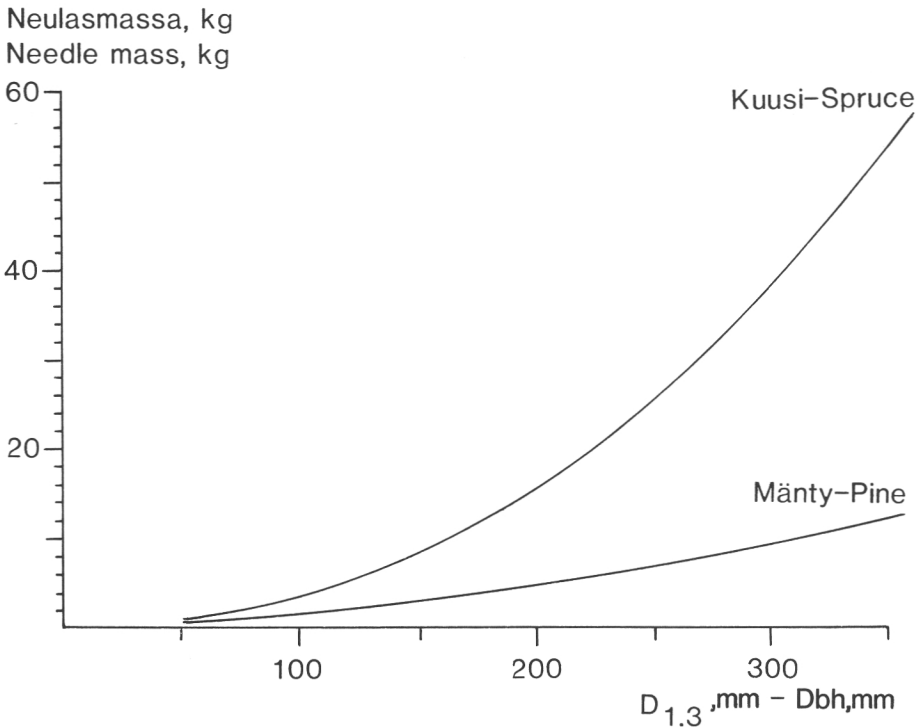
- Kun latvusmassaa sisältäviä puutavaralajeja käytetään massa- ja levyteollisuuden raaka-aineena, lehdet vaikuttavat haitallisesti valmistusprosessiin sekä tuotteen saantoon ja laatuun (Hakkila 1989). Raaka-aineen käytökelpoisuus siis riippuu myös lehtien osuudesta.
- Muusta latvusmassasta erotettuina lehdet muodostavat potentiaalisen raaka-ainelähteen rehu- ja kemianteollisuudelle, joskaan niitä ei nykyisin hyödynnetä. Kehitystyö, suunnittelu ja kannattavuuslaskelmat edellyttävät lehtimassan määrän tuntemista.
- Ainakin havupuilla lehtien lämpöarvo on korkeampi kuin puun ja kuoren. Latvusmassan keskimääräinen lämpöarvo riippuu siis lehtien osuudesta.

Männyn ja kuusen neulasmassassa tapahtuu vuoden mittaan muutoksia, jotka häiritsevät tutkimusta. Neulasmassa on suurimmillaan kasvukauden päättyessä ja pienimmillään uuden kasvukauden alkaessa, kun vanhin neulasvuosikerä on välillä varissut pois. Ilmiö aiheuttaa tutkimusaineistossa vaihtelua, jota ei voida selittää

puukohtaisin tunnuksin. Selittämättä jäävä vaihtelu on ehkä osin tästä syystä männyllä suhteellisesti suurempi kuin kuusella, kun neulaskertoja on vähemmän ja yhden neulaskerran vaikutus niin ollen suhteellisesti suurempi. Jukola-Sulosen (1990) mukaan männyn ja kuusen neulaskertojen määrä oli vuosina 1986–1988 keskimäärin seuraava:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
	Neulaskertoja, kpl	
Mänty, latvuksen alaosa	3,5	4,8
Mänty, latvuksen yläosa	3,6	4,4
Kuusi, latvuksen alaosa	7,4	10,7

Koska tutkimusaineisto kerättiin vuosina 1984–1986 huhtikuun ja lokakuun välisenä ajanjaksona, tulokset edustavat tämän vuodenajan keskimääräistä tasoa viime vuosikymmenen puolivälissä. Sen jälkeen puuston neulasmassassa on saattanut tapahtua muutoksia ilman epäpuhtauksien aiheuttaman neulaskadon seurauksena. Eri-



Kuva 3. Männyän ja kuusen neulasten kuivamassa puun rinnankorkeusläpimitasta riippuen.  
 Figure 3. Needle mass of pine and spruce trees as a function of breast height diameter. Dry mass basis.

tyisesti kuusen mutta myös muitten puulajien lehtimassan on todettu vähentyneen (Jukola-Sulonen 1990). Varhaisten vertailuarvojen puuttessa ei voida kuitenkaan tietää, mikä osuus 1980-luvun jälkipuoliskolla havaitusta harsuuntumisesta on ilman epäpuhtauksien ja mikä taas puuston tihentymiseen ja ikääntymiseen sekä muihin luonnollisiin syihin liittyvää vaihtelua.

Sekä männyllä että kuusella rinnankorkeusläpimita yksin selittää tässä aineistossa noin 70 % runkojen välisestä neulasmassan vaihtelusta (kuva 3). Kun selittäjiin lisätään puun pituus ja elävän latvuksen pituus, selitysaste nousee männyllä 76 %:iin ja kuusella 90 %:iin. Seuraavat yhtälöt katsottiin käytäntöön parhaiten soveltuviksi:

Neulasten kuivamassa

	R <sup>2</sup>	Jäännöshajonta, kg tai ln kg
Mänty: $\ln y = -7,47 + 1,6975 \ln D$	0,688	0,514
$\ln y = -9,01 + 1,8485 \ln D + 0,0155 LS$	0,732	0,477
Kuusi: $\ln y = -9,03 + 2,2204 \ln D$	0,715	0,513
$y = 0,37 + 1,592 \cdot 10^{-8} \cdot D^3 \cdot LS + 4,73 \cdot 10^{-6} D \cdot LS^2$	0,883	4,14

Regressioyhtälön selitysvoima on männyllä vaatimaton, mutta kuusella merkittävästi suurempi. Vielä parempaan tulokseen on kuusella päästy aikaisemmin Ruotsissa suuressa aineistossa, jossa puitten rinnankorkeusläpimita vaihteli välillä 103–634 mm. Neulasmassan vaihtelusta voitiin selittää 94 %, kun riippumattomina muuttujina olivat vastaavasti rinnankorkeusläpimita, puun pituus ja latvuksen pituus (Marklund 1987). Aineisto oli mitattu kesäkuun puolivälin ja syyskuun alun välisenä aikana, jolloin vuodenajoitusten muutosten aiheuttamat häiriöt todennäköisesti jäivät pienemmiksi kuin käsillä olevassa tutkimuksessa. Myös neulasnäytteen pieni koko on ilmeinen satunnaisvaihtelun lähde tämän tutkimuksen aineistossa.

#### 43. Puutunnukset kuolleitten oksien massan selittäjinä

Kun puu kasvaa pituutta, sen alimmat oksat jäävät varjoon, alkavat menettää lehtiä ja lopulta kuolevat. Latvuksen supistuminen riippuu metsikön kasvatusiheydestä, harvennusten ajankohdasta ja voimakkuudesta sekä toisaalta myös puitten perinnöllisistä ominaisuuksista. Ulkoi-

set häiriötekijät saattavat tilapäisesti nopeuttaa oksien kuolemista, niin että latvuksen supistuminen etenee ajoittain sysäyksittäin. Tästä on esimerkkinä männiköitä 1980-luvulla vaivannut versosurmaepidemia, joka monin paikoin tyypisti mäntyjen elävää latvusta alhaalta käsin johtaan pahimmillaan puun ja jopa koko metsikön kuolemaan.

Kuolleista oksista varisevat vähitellen myös kuori ja ohuet kärkiosat. Ennen pitkää oksa katkeaa, ohut nopeammin kuin paksu, jättäen jäljelle vain lyhyen kuorettoman tyngän.

Puussa kulloinkin jäljellä olevien kuolleitten oksien massaa on vaikea ennustaa rungon ulkoisten tunnusten perusteella. Se luonnollisesti kasvaa muun latvusmassan tavoin puun koon mukana, mutta esimerkiksi rinnankorkeusläpimitta ja puun pituus selittävät vain vähäisen osan vaihtelusta. Seuraavat luvut osoittavat kuolleitten oksien keskimääräisen kuivamassan rinnankorkeusläpimitaltaan erikokoisissa puissa:

D <sub>1,3</sub> , mm	Mänty	Kuusi	Koivu
Kuolleitten oksien kuivamassa, kg/puu			
100	1,1	0,7	0,3
200	3,0	2,4	0,7
300	5,0	4,5	1,1

## 5. Leimikkokohtainen latvusmassa

Leimikon hakkuupoistuman latvusmassa voidaan arvioida puukohtaisilla latvusmassayhtälöillä pystymittauksen runkolukusarjojen pohjalta. Pystymittauksen käyttö on kuitenkin supistumassa hakkuun koneellistumisen myötä.

Milloin puustotietoja ei ole tarjolla, latvusmassa-arvion lähtökohdaksi on asetettava poistettavan runkopuun kokonaistilavuus, joka on saatettu määrittää esimerkiksi relaskoopikoealoilta, hakkuukoneen mittalaitteella tai varastopinoista. Arvioon tarvitaan tuolloin muuntolukuja, jotka osoittavat latvuksen kuivamassan kiloina runkopuun kuutiometriä kohti. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää taulukoita 2–4. Niissä tulokset esitetään leimikkoluokittain, jotka myös heijastavat poistettavan puuston läpimittaa ja latvussuhdetta. Keskimääräislukuja olisi ehkä mahdollista tarkentaa metsikön varhaisempaa kasvatusstiheyttä kuvaavia tietoja hyväksi käyttäen, mutta korjaustekijän soveltaminen olisi käytännössä pulmallista ja siitä saatava hyöty kuitenkin vähäinen.

Kuolleitten oksien kuivamassa on männyllä ja kuusella lähes saman suuruinen mutta koivulla nopeasta lahoamisesta johtuen paljon pienempi. Puuyksilöitten välinen vaihtelu on samassakin rinnankorkeusläpimittaluokassa suuri ja puutunnuksiin perustuvan regressioyhtälön selitysvoi- ma niin ollen keho:

Kuolleitten oksien kuivamassa	R <sup>2</sup>	Jäännös- hajonta,kg
Mänty: $y = -0,84 + 0,0194 D$	0,228	2,46
Kuusi: $y = -0,62 + 0,0134 D$ $+ 3,9 \cdot 10^{-8} D^3$	0,266	1,89
Koivu: $y = -0,07 + 0,0040 D$	0,020	1,63

Myös runkomuoto ja latvussuhde selittävät vaihtelua. Sekä männyllä että kuusella on solakassa puussa keskimääräistä enemmän kuolleita oksia. Latvussuhde taas näyttää vaikuttavan siten, että kuolleitten oksien kuivamassa kasvaa latvussuhteen supistuessa. Mutta näittenkin muutujain mukana ollessa yhtälön selityssaste jää männyllä 36 %:iin ja kuusella 39 %:iin, koivulla vielä paljon pienemmäksi.

Poistettavan puuston *kokonaislatvusmassa* on rungon tilavuuteen suhteutettuna suurin kuusi-leimikoissa, yleensä 150–200 mutta ääritapauksissa jopa yli 300 kg kuivamassaa kuorellisen rungon kuutiometriä kohti. Männyn latvuksessa kuivamassaa on 80–160 kg rungon kuutiometriä kohti eli oleellisesti vähemmän kuin kuusella mutta toisaalta kuitenkin enemmän kuin koivulla, jonka lehdettömyys tosin vaikeuttaa puulajien välistä vertailua tässä tutkimuksessa. Jos havupuistakin jätetään lehtimassa huomioon ottamatta ja vertailu rajoitetaan vain oksien puu- ja kuoriainekseen, niin koivulla näyttää olevan latvusmassaa hieman enemmän kuin männyllä.

Pohjois-Suomessa puut ovat Etelä-Suomeen verrattuina lyhyitä ja tanakoita, ja niitten elävä latvus on suhteellisesti pidempi. Siksi latvusmassaa on suhteessa runkopuuhun pohjoisessa enemmän. Tämän tutkimusaineiston puiteissa ero tosin ei ole nähtävissä vielä ensiharvennusleimikoissa, mutta varttuneissa metsiköissä se on selvä.

Taulukko 2. Elävän latvuksen ja koko latvuksen tuoremassa suhteessa rungon tilavuuteen ja kuivamassa suhteessa rungon kuivamassaan eri leimikkoluokissa.

Table 2. Green mass of live crown and whole crown as related to the stem volume, and dry mass as related to the dry mass of stem by stand class.

Puulaji <i>Tree species</i>	Sijainti <i>Location</i>	Leimikko- luokka <i>Stand class</i>	Elävä latvus <i>Green crown</i>	Koko latvus <i>Whole crown</i>	Elävä latvus <i>Green crown</i>	Koko latvus <i>Whole crown</i>
				Tuoremassa, kg/rungon m <sup>3</sup> <i>Green mass, kg/m<sup>3</sup> stem volume</i>		Kuivamassa, % rungon kuivamassasta <i>Dry mass, % of dry stem mass</i>
Mänty <i>Pine</i>	Etelä <i>South</i>	2	259	309	27,0	34,3
		3	142	168	16,6	21,9
		4	165	175	18,9	21,4
	Pohjoinen <i>North</i>	2	229	257	25,6	30,9
		3	167	180	20,4	23,6
		4	216	224	26,4	28,8
Kuusi <i>Spruce</i>	Etelä <i>South</i>	2	408	427	54,4	58,7
		3	291	306	44,0	48,3
		4	313	321	51,3	54,2
	Pohjoinen <i>North</i>	3	324	333	50,3	53,9
		4	389	400	60,7	64,1
		6	595	606	85,5	88,6
Koivu <i>Birch</i>	Etelä <i>South</i>	2	147	162	17,8	20,5
		3	201	210	18,7	19,8
		4	152	154	15,5	15,9
	Pohjoinen <i>North</i>	6	177	182	19,2	20,8
		4	206	215	23,3	24,4
		6	233	238	31,3	32,0

Hoidetuista metsiköistä latvusmassaa kertyy suhteellisesti eniten ensiharvennusleimikoista. Tämä selittyy poistettavien puitten pienellä koolla, suurella latvussuhteella sekä nuorille puille ominaisella runsaalla lehtimassalla. Lisäksi ensiharvennusmetsien puissa on jäljellä verraten paljon kuolleita oksia, kun latvusto on sulkeutunut vasta äskettäin eivätkä kuolleet oksat ole ennättäneet vielä karsiutua. Myöhäisemmissä harvennuksissa, joissa hakkuu vieläkin selkeämmin kohdistuu vallittuihin latvuseroksiin, poistettavien puitten latvusmassa on pienimmillään. Varttuneen metsän päätehakkuvaiheessa latvusmassaa kertyy puitten järeytymisestä huolimatta jälleen hieman enemmän, sillä vallitsevatkin puut joutuvat hakkuun kohteeksi. Tämä kuvaus sopii aineiston kaikkiin metsänhoidollisesti käsiteltyihin havupuustoihin. Koivulla sen sijaan, ehkä aineiston riittämättömyydestä johtuen, vastaavaa ilmiötä ei voitu osoittaa. Koivulla

latvusmassa oli päin vastoin suurimmillaan myöhäisissä harvennuksissa. Oksikkaitten susipuitten osuus ehkä oli tuossa hakkuuvaiheessa merkittävä.

Suhteellisesti suurimmat latvusmassat mitattiin kuitenkin vajaapuustoisissa pienpuuvaltaisissa leimikoissa, jotka hakattiin uudistamista varten paljaiksi. Niillehän on luonteenomaista harva kasvuasento ja sen seurauksena lyhyehkö ja usein tyvekäs runko sekä pitkä ja tuuhea latvus. Nämä leimikot ovat korjuuteknisten hyötyjen ja biomassakertymän kannalta yleensä edullisimpia kokopuunakorjuun sovelluskohteita, mutta toisaalta taas metsämaan ravinnevaroihin kohdistuva rasitus on niissä suuri, erityisesti jos latvusmassa otetaan talteen lehtineen. Pohjois-Suomen vajaatuottoisten pienpuuleimikoitten kuusissa kuivan latvusmassan määrä oli keskimäärin 313 kg/m<sup>3</sup> runkopuuta eli huomattavasti enemmän kuin missään muussa leimikkoluo-

Taulukko 3. Latvuksen kuivamassa kiloina rungon kuorellista kuutiometriä kohti leimikkoluokittain.  
 Table 3. Dry crown mass in kilograms per m<sup>3</sup> of unbarked stemwood by stand class.

Leimikkoluokka Stand class	Latvuksen osa Crown component	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce		Koivu – Birch	
		Etelä South	Pohjoinen North	Etelä South	Pohjoinen North	Etelä South	Pohjoinen North
Latvusmassa kg/m <sup>3</sup> runkokuuta Crown mass kg/m <sup>3</sup> stemwood							
Ensiharvennus First thinning	Elävät oksat: Live branches:						
	Neulasen – Needles	37,8	41,6	74,9			
	Puu + kuori Wood + bark	73,8	61,2	104,6		79,0	
	Kuolleet oksat Dead branches	29,5	20,5	13,8			8,7
	Koko latvus Whole crown	141,2	123,3	193,3			87,6
Muu harvennus Other thinning	Elävät oksat: Live branches:						
	Neulasen – Needles	20,6	28,4	54,6	59,1		
	Puu + kuori Wood + bark	41,6	49,7	83,9	109,1		108,0
	Kuolleet oksat Dead branches	18,5	11,3	14,1	8,4		5,8
	Koko latvus Whole crown	80,7	89,4	152,7	176,6		113,8
Varttuneen metsän päätehakkuu Final cut of mature stand	Elävät oksat: Live branches:						
	Neulasen – Needles	19,2	30,0	59,4	76,3		
	Puu + kuori Wood + bark	55,4	71,0	98,4	131,5		81,5 113,9
	Kuolleet oksat Dead branches	7,5	6,4	6,6	9,7		1,3 6,2
	Koko latvus Whole crown	82,1	107,4	164,4	217,5		82,8 120,1
Vajaatuottoisen metsän päätehakkuu Final cut of unproductive stand	Elävät oksat: Live branches:						
	Neulasen – Needles				129,2		
	Puu + kuori Wood + bark				174,9		95,2 131,9
	Kuolleet oksat Dead branches				8,5		3,3 3,8
	Koko latvus Whole crown				312,6		98,5 135,6

kassa. Latvusmassan potentiaalinen raaka-ainelisa on silloin peräti 89 % rungon kuorelliseen massaan verrattuna.

Kuolleitten oksien massa on suurin männyllä (taulukko 3). Ensiharvennusmänniköissä kuolleitten oksien kuivamassa on 20–30, myöhäisemmissä harvennusleimikoissa 10–20 ja varttuneen männikön päätehakkuussa enää 5–10 kg/

m<sup>3</sup> runkokuuta. Kuolleita oksia on männiköissä etelässä enemmän kuin pohjoisessa, missä elävän latvuksen vyöhyke on pidempi ja lumi ilmeisesti toisaalta katkoo ja pudottelee kuivia oksia tehokkaammin. Koivussa kuolleita oksia on vähän, sillä kuoltuaan koivun oksat lahoavat nopeasti.

Kuolleitten oksien käytännöllinen merkitys on



Taulukko 4. Kuiva neulamassa suhteessa elävän latvuksen, koko latvuksen, rungon ja puun koko maanpäällisen osan kuivamassaan leimikkoluokittain.

Table 4. Dry needle mass as compared to the dry mass of live crown, whole crown, stem, and whole tree by stand class.

Leimikkoluokka Stand class	Vertailun kohde Object of comparison	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce	
		Etelä South	Pohjoinen North	Etelä South	Pohjoinen North
Neulamassa, % – Needle mass, %					
Ensiharvennus First thinning	Elävä latvus Live crown	39,1	40,5	41,7	
	Koko latvus Whole crown	31,2	32,5	38,1	
	Runko – Stem	10,4	10,3	19,1	
	Koko puu Whole tree	7,7	7,7	12,3	
Muu harvennus Other thinning	Elävä latvus Live crown	33,1	36,1	39,4	35,0
	Koko latvus Whole crown	26,1	31,0	35,9	33,3
	Runko – Stem	5,7	8,1	14,7	19,0
	Koko puu Whole tree	4,6	6,3	10,1	11,5
Varttuneen metsän pääte- hakkuu Final cut of mature stand	Elävä latvus Live crown	25,7	29,7	37,6	36,7
	Koko latvus Whole crown	23,0	25,8	35,5	34,8
	Runko – Stem	4,2	7,4	15,0	21,9
	Koko puu Whole tree	3,5	5,6	10,3	13,1
Vajaatuott. metsän pääte- hakkuu Final cut of unproductive stand	Elävä latvus Live crown			42,5	
	Koko latvus Whole crown			41,0	
	Runko – Stem			35,2	
	Koko puu Whole tree			18,5	

puunkorjuun ja sen kehittämisen kannalta vähäinen. Ne eivät juurikaan vaikeuta moottorisahalla tai hakkuukoneella tapahtuvaa karsintaa, ja muutoinkin niitä katkeilee jo puuta kaadettaessa ja puutavaraa siirreltäessä. Kun oksat kuollessaan menettävät lehtien ohella nopeasti myös kuoren ja hienoimmat kärkiosansa, kuolleitten oksien ravinnepitoisuus on alhainen. Niitten talteenotolla siis tuskin on merkitystä metsämaan viljavuudelle. Uudistusalaa muokattaessakin niiden haittavaikutus on vähäinen.

Lehdillä sen sijaan on suuri merkitys ainakin havupuitten latvusmassassa, jossa neulasten

osuus vaihtelee laajoissa rajoissa leimikko-oloista riippuen. Taulukon 4 pohjalta voidaan tehdä seuraavat päätelmät:

1. Elävän latvuksen massan neulasipitoisuus on männylä 25–40 % ja kuusella 35–42 %. Se on suurin ensiharvennusleimikoissa ja pienin päätehakkuuleimikoissa, sillä latvusmassan neulasipitoisuus supistuu puuston järetyessä. Neulamassahan käy läpi alituista uudistumisprosessia, kun taas puuainees säilyy niin kauan kuin oksa on elävä.
2. Koko latvusmassan neulasipitoisuus on muutaman prosenttiyksikön alhaisempi, kun elävien oksien lisäksi

myös kuolleet oksat otetaan huomioon. Ero eläviin oksiin on tuntuvin ensiharvennuskäytöksissä, joissa kuolleita oksia on jäljellä vielä runsaasti.

3. *Rungon massa suhteutettuna neulamassa* on männyllä ensiharvennusleimikoissa keskimäärin 10 % mutta päätehakkuuleimikoissa Etelä-Suomessa vain 4

% ja Pohjois-Suomessa 7 %. Kuusella neulamassan osuus on mäntyyn nähden leimikkotyypeittäin kaksinkertainen jopa nelinkertainen. Useimmissa kuusileimikoissa se on 15–20 % mutta Pohjois-Suomen vajaatuottoisten pienpuuvaltaisten päätehakkuuleimikoitten erityistapauksessa keskimäärin jopa 35 %.

## 6. Latvusmassan koostumus

### 61. Kosteus

Latvusmassan kosteus on sidoksissa puun elintoimintoihin. Burgerin (1939) mukaan kuusipuu käyttää Sveitsissä vuosittain 165 kg vettä jokaisesta neulaskiloaan kohti.

Lehtien kosteus vaihtelee vuodenajan ja jopa vuorokaudenajan mukaan sekä säästä riippuen. Lehtien kosteusmuutokset heijastuvat oksien pintapuun ja nilan kosteudessa, niin että latvukseen muodostuu kosteusgradientti. Kosteuden vaihtelun merkitys on latvusmassan korjuun ja käytön kannalta vähäinen, mutta se häiritsee latvusmassan mittaustutkimuksia.

Kosteus on suurin lehdissä ja oksan ohuitten osien kuoressa. Havupuitten neulasissa kosteus on yleisesti 50–60 %, lehtipuitten lehdissä 60–65 % (Hakkila 1989). Nuoressa koivussa, haavassa ja harmaalepässä lehtien kosteus on jopa 65–70 % (Simola 1977). Mitä suurempi on lehtien ja mitä pienempi vastaavasti puuaineen osuus latvusmassassa, sitä korkeampi on sen keskimääräinen kosteus.

Kosteus kohoaa latvuksen tyveltä sen kärkeä kohti. Tämä selittyy kuolleitten oksien osuuden vähenemisellä ja neulasten osuuden kasvulla. Se selittyy edelleen myös oksien läpimitan pienemisellä, sillä oksan järeytyessä sen kosteus alenee puuaineen tiheyden kasvun, lehti- ja kuoriosuuden supistumisen sekä mahdollisen sydänpuumuodostuksen seurauksena. Seuraavista luvuista nähdään läpimitan vaikutus männyn ja kuusen elävien oksien kosteuteen kesäaikana (Hakkila 1971):

Oksan osa	Mänty		Kuusi	
	Etelä	Pohjoinen	Etelä	Pohjoinen
	Kosteus, % tuoremassasta			
Alle 1 cm:n osat				
neulasineen	57	53	54	47
1–2 cm:n osat	56	55	45	42
2–4 cm:n osat	54	53	43	40
4–6 cm:n osat	52	50	42	42
6–8 cm:n osat	47	48		

Latvusmassan kosteuden puukohtainen vaihtelu ei juurikaan selity puun koolla tai oksaisuudella. Kosteus kyllä korreloi positiivisesti esimerkiksi latvussuhteen kanssa, mutta riippuvuus on hataraa. Käsillä olevassa tutkimuksessa puukohtaisten erojen syntyyn on aivan ilmeisesti vaikuttanut kaatohetken ja sitä edeltäneitten päivien säätila, johon puutunnusten mahdollinen selitysarvo peittyi.

Kosteuserot ovat kuitenkin selvät puulajien ja toisaalta Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Koivun oksissa kosteus on selvästi alhaisempi kuin kuusella ja erityisesti männyllä. Näin siitä huolimatta, että koivuaineisto kerättiin osin keväällä ennen lehtien puhkeamista ja osin syksyllä lehtien jo varistua, jolloin lehtipuitten kosteus on ainakin rungossa korkeampi kuin keskikesällä. Männyn ja kuusen aineistojen keruu taas ajoittui tasaisesti koko lumettomalle kaudelle. Kuolleet oksat alentavat latvusmassan keskimääräistä kosteutta tuntuvimmin männyllä, jolla niitten osuus on suurin. Koivulla taas kuolleet oksat vaikuttavat tuskin lainkaan, sillä niitten määrä on pieni ja kosteus miltei sama kuin elävien oksien.

	Elävä latvus	Koko latvus
	Kosteus, % tuoremassasta	
Mänty neulasineen:		
Etelä-Suomessa	55,4	52,4
Pohjois-Suomessa	54,5	51,5
Kuusi neulasineen:		
Etelä-Suomessa	52,0	50,6
Pohjois-Suomessa	48,0	46,9
Koivu lehdittä:		
Etelä-Suomessa	46,6	46,2
Pohjois-Suomessa	44,6	44,2

Kuolleitten oksien kosteus vaihtelee sääsuhteitten mukana enemmän kuin elävien. Männnyllä ja kuusella kuolleet oksat ovat kuitenkin aina eläviä oksia selvästi kuivempia. Koivun kuolleissa oksissa puuaineen sijaan on yleensä kosteata, sillä lahon pehmentäminä koivun kuolleet oksat imevät kosteutta herkästi mutta luovuttavat sitä

hitaasti. Kuolleitten oksien kosteus oli havupuilla keskimäärin vain 22 % mutta koivulla 48 %.

## 62. Puun, kuoren ja neulasten osuudet

Näytteitten laboratorioskäsitely mahdollisti neulasten ja kuolleitten oksien erottamisen muusta

latvusmassasta. Puu- ja kuoriainesta sen sijaan ei kustannussyistä eroteltu toisistaan. Erikokoisten mäntyjen ja kuusien elävien oksien kuorisadannes on mitattu kuitenkin Metsäntutkimuslaitoksen aikaisemmassa tutkimuksessa (Hakkila 1971), jonka mukaan neulasettomien elävien oksien kuoriosuus on puuston koosta riippuen mänyllä 30–35 ja kuusella noin 40 %. Koska kuorisadannestietoja ei ole saatavilla koivun oksista

Taulukko 5. Männen ja kuusen latvuksen kuivamassan koostumus eri leimikkoluokissa.  
Table 5. Composition of dry crown mass of pine and spruce by stand class.

Leimikkoluokka Stand class	Latvuksen osa Crown component	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce	
		Etelä South	Pohjoinen North	Etelä South	Pohjoinen North
Osuus, % – Proportion, %					
Ensiharvennus <i>First thinning</i>	Elävät oksat: <i>Live branches:</i>				
	Neulaset – <i>Needles</i>	26,8	33,7	38,7	
	Kuori – <i>Bark</i>	19,4	17,2	21,4	
	Puu – <i>Wood</i>	32,9	32,5	32,7	
	Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	20,9	16,6	7,2	
	Koko latvus <i>Whole crown</i>	100,0	100,0	100,0	
Muu harvennus <i>Other thinning</i>	Elävät oksat: <i>Live branches:</i>				
	Neulaset – <i>Needles</i>	25,5	31,8	35,8	33,4
	Kuori – <i>Bark</i>	17,8	18,3	21,6	26,3
	Puu – <i>Wood</i>	33,7	37,3	33,4	35,5
	Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	23,0	12,6	9,2	4,8
	Koko latvus <i>Whole crown</i>	100,0	100,0	100,0	100,0
Varttuneen metsän päätehakkuu <i>Final cut of mature stand</i>	Elävät oksat: <i>Live branches:</i>				
	Neulaset – <i>Needles</i>	23,4	27,9	36,1	35,1
	Kuori – <i>Bark</i>	20,5	19,0	23,3	23,1
	Puu – <i>Wood</i>	47,0	47,1	36,6	37,3
	Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	9,1	6,0	4,0	4,5
	Koko latvus <i>Whole crown</i>	100,0	100,0	100,0	100,0
Vajaatuottoisen metsän päätehakkuu <i>Final cut of unproductive stand</i>	Elävät oksat: <i>Live branches:</i>				
	Neulaset – <i>Needles</i>				41,3
	Kuori – <i>Bark</i>				24,5
	Puu – <i>Wood</i>				31,5
	Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>				2,7
	Koko latvus <i>Whole crown</i>				100,0

ja koska koivusta ei mitattu myöskään lehtimassaa, tarkastelu rajoittuu tässä havupuihin.

Taulukko 5 osoittaa, että erot latvusmassan koostumuksessa ovat etelän ja pohjoisen välillä erityisesti männyllä merkittäviä. Männyn latvusmassassa neulasten osuus on suurempi ja kuolleitten oksien pienempi Pohjois-Suomessa. Erot selittyvät ainakin osaksi pohjoisen mäntyjen pitemmällä latvussuhteella.

Hakkuupoistuman latvusmassan neulaspitoisuus vähenee männyllä leimikkoluokittain ensiharvennusvaiheesta myöhäisempiin harvennuksiin ja edelleen päätehakkuihin siirryttäessä. Kuusella muutos on harvennushakkuissa samansuuntainen, mutta päätehakkupuustoissa neu-

laspitoisuus on jälleen hieman suurempi kuin myöhäisissä harvennuksissa, joissa päävaltapuihin kajotaan vain poikkeuksellisesti. Kun myös kuolleitten oksien massa vähenee leimikkoluokien välillä samaan tapaan, elävien oksien puuaineksen osuus kasvaa vastaavasti.

Taulukko 5 osoittaa, että elävien oksien kuoretoman puuaineksen osuus on havupuilla yleensä vain 32–37 % hakkuupoistuman latvusmassasta. Etenkin Pohjois-Suomen leimikoissa latvusmassa saattaa sisältää neulasia enemmän kuin elävien oksien puuainetta. Poikkeuksena on päätehakkuumänniköitten latvusmassa, jossa elävien oksien puuaineksen osuus on keskimäärin 47 % sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa.

## 7. Latvusmassan pystysuuntainen jakauma puussa

### 71. Elävän latvuksen massan pystysuuntainen jakauma

Biomassatutkimuksissa selvitetään yleensä latvusmassan kokonaismäärä, mutta sen sijaintia puun eri korkeuksilla on tutkittu tuskin lainkaan. Latvusmassan pystysuuntaisen jakauman tunteminen on kuitenkin hyödyksi korjuukoneita ja -menetelmiä kehiteltäessä.

Tässä tutkimuksessa puukohtaiset latvusmassamittaukset tehtiin kutakin 2 m:n runkopätkää kohti erikseen. Kun aineisto luokitellaan puun pituuden perusteella, tulokset voidaan esittää taulukon 6 muodossa. Taulukko osoittaa, miten suuri osuus puun elävän latvuksen massasta sijaitsee puun tietyllä korkeudella. Kukin taulukon tasoittamattomista luvuista edustaa siis 2 m:n rungonosaa vastaavaa latvusmassaa poikkeuksena pituusluokan viimeinen lukuarvo, joka edustaa latvuksen kärkikappaletta keskimäärin 1 m:n pituisena.

Valtaosa männyn elävän latvuksen massasta on pienillä puilla 1–5 m:n ja suurilla puilla 1–7 m:n etäisyydellä latvan kärjestä. Koivulla latvusmassan painopiste on selvästi alempana kuin männyllä, mihin tosin osaksi vaikuttaa lehtien puuttuminen koivun mittaustuloksista. Pienillä kuusilla keskittymä on niin ikään 1–5 m:n etäisyydellä kärkikasvaimesta, mutta suurilla kuusilla latvusmassa jakautuu tasaisemmin puun eri korkeuksille.

### 72. Neulasmassan pystysuuntainen jakauma

Neulasisto on tihein latvuksen ylimmissä osissa, koska auringon valoa on siellä runsaimmin. Latvuksen varjoisaan alaosaan muodostuu oksien pidentyessä rungon tuntumaan sydän, josta neulasetsat tyystin puuttuvat. Tästä syystä neulasmassan painopiste on ylempänä kuin koko latvusmassan keskimäärin.

Neulasmassan osuus latvusmassasta on pienimmillään elävän latvuksen alarajalla, missä oksien elinvoima on ehtymässä. Siellä oksat ovat verraten paksuja, ja niitä luonnehtii korkea puuaineen tiheys ja keskimääräistä alhaisempi kuoripitoisuus. Nämä erot heijastuvat myös puun elävän latvuksen massatiheydessä, joka esimerkiksi kuusella on latvuksen tyvellä 2–3 kg mutta latvuksen kärjessä vain 0,15 kg kuiva-ainetta latvuksen sisäisen ilmatilan kuutiometriä kohti (Korotjaev 1984).

Männyllä merkittävä osa neulasmassasta keskittyy ensiharvennuksissa 1–3 m:n, myöhäisissä harvennuksissa 1–4 m:n ja päätehakkuvaiheessa 2–5 m:n etäisyydelle puun kärkipisteestä. Kuusella neulasia on runsaimmin vastaavasti 1–4 m:n, 1–7 m:n ja 3–9 m:n etäisyydellä kärkipisteestä.

Kokopuunakorjuu, jota monesti sovelletaan pikemminkin hakkuun työvaihteiden vähentämiseksi ja tuottavuuden kohottamiseksi kuin biomassan talteenoton tehostamiseksi, saattaa etenkin vähäravinteisilla kasvupaikoilla johtaa metsämaan köyhtymiseen. Ravinnetappioitten kasvu on paljolta seurausta neulasten poistamisesta.

ta. Ainakaan karuilla mailla ei niin ollen voida sallia, että neulasmassaa viedään metsästä rajoituksetta. Keinoja kokopuunakorjuun aiheuttamien ravinnetappioitten supistamiseksi ovat esimerkiksi rasikuivatus tai puitten piiskaus ketjuvarstalla. Yksinkertainen kompromissiratkaisu

on myös ylimmän latvaosan jättäminen kasvu paikalle, jolloin kuitenkin muu osa puusta otetaan talteen oksineen.

Taulukkojen 6 ja 7 avulla voidaan arvioida, miten paljon latvus- ja neulasmassapoituma supistuu Etelä-Suomessa, jos puusta jätetään met-

Taulukko 6. Latvuksen kuivamassan suhteellinen jakauma puun pystysuunnassa Suomen eteläosassa.

Table 6. Proportional distribution of dry crown mass in the vertical direction of the tree in southern Finland.

Korkeus maasta, m <i>Distance from ground, m</i>	Puun pituus, m – <i>Tree height, m</i>								
	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	16–18	18–20	20–22	22–24
	Osuus latvusmassasta, % – <i>Proportion of crown mass, %</i>								
<b>Mänty – Pine</b>									
0–2	1	0	0						
2–4	26	8	2	0	0				
4–6	57	42	15	4	3	0	0	0	
6–8	16	43	40	20	10	3	1	1	0
8–10		7	37	38	25	12	6	3	1
10–12			7	33	34	25	15	6	4
12–14				5	25	33	26	16	8
14–16					4	24	30	27	18
16–18						3	19	30	27
18–20							3	15	28
20–22								2	12
22–24									2
<b>Kuusi – Spruce</b>									
0–2	10	5	3	2	1	0	1	0	0
2–4	36	20	13	7	5	2	4	3	3
4–6	41	35	24	16	10	6	7	6	5
6–8	13	33	30	24	16	12	9	9	8
8–10		7	25	27	21	17	13	11	10
10–12			5	20	25	22	16	13	12
12–14				4	19	23	18	15	13
14–16					3	16	18	17	14
16–18						2	12	16	15
18–20							2	9	12
20–22								1	7
22–24									1
<b>Koivu – Birch</b>									
0–2	15	4	1	0	0				
2–4	53	19	4	1	1	1			
4–6	28	42	23	10	5	2	0	1	0
6–8	4	30	37	28	17	8	4	2	4
8–10		5	29	36	26	19	11	8	10
10–12			6	22	30	28	26	17	11
12–14				3	18	26	24	25	19
14–16					3	14	24	24	23
16–18						2	10	15	19
18–20							1	7	9
20–22								1	4
22–24									1

sään tietyn pituinen latvakappale. Sama asia on osoitettu leimikkotyypeittäin taulukossa 8, jossa katkaistavan latvakappaleen pituus on kaikissa tapauksissa 3 m.

Myöhäisissä harvennuksissa ja varttuneen metsän päätehakuissa, erityisesti kuusikoitten ja koivikoitten päätehakuissa, kolmimetrinen latvakappaleen mukaan jää suhteellisen pieni osuus latvus- ja neulasmassasta. Varttuneen metsän päätehakuuileimikoissa latvaläpimitta on 3 m:n etäisyydellä puun kärkipisteestä männyllä 7–8 cm, kuusella 6–7 cm ja koivulla 4 cm (Laasasenaho 1975).

Sen sijaan ensiharvennumänniköissä latvakappaleeseen jää esimerkkitapauksessa Etelä-Suomessa 31 % elävän latvuksen ja 52 % neulasten kuivamassasta. Ensiharvennuskusikoissa vastaavat luvut ovat 21 ja 34 %. Ensiharvennusleimikoissa, joissa kokopuunen etelmiä yleisimmin käytetään, ravinnetappioita voidaan siis tällä tavoin rajoittaa rationalisointiedusta merkittävästi kuitenkin tinkimättä. Laasasenahon (1975) mukaan kuoreton katkaisuläpimitta on tuolloin ensiharvennusleimikoissa männyllä noin 5 cm, kuusella 5–6 cm ja koivulla 3–4 cm.

Taulukko 7. Neulasten kuivamassan suhteellinen jakauma puun pystysuunnassa Suomen eteläosassa.

Table 7. Proportional distribution of dry needle mass in the vertical direction of the tree in southern Finland.

Korkeus maasta, m Distance from ground, m	Puun pituus, m – Tree height, m								
	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	16–18	18–20	20–22	22–24
	Osuus neulasmassasta, % – Proportion of needle mass, %								
	Mänty – Pine								
0–2	8	3	0						
2–4	61	38	9	4					
6–8	31	51	42	19	3	1			
8–10		8	41	36	13	7	1		
10–12			8	34	35	17	9	3	2
12–14				7	42	36	30	13	4
14–16					7	33	38	22	10
16–18						6	19	36	21
18–20							3	23	37
20–22								3	23
22–24									3
	Kuusi – Spruce								
0–2	2	2	1	3				1	
2–4	31	13	7	5	3	1	1	3	1
4–6	46	33	20	12	8	3	3	6	2
6–8	21	43	36	22	14	9	6	9	4
8–10		9	30	28	23	15	13	10	10
10–12			6	26	30	23	19	11	13
12–14				4	20	26	21	16	13
14–16					2	20	24	16	16
16–18						3	9	17	17
18–20							4	9	15
20–22								2	8
22–24									1

Taulukko 8. Puusta katkaistuun 3-m latvakappaleeseen jäävä osuus elävän latvuksen ja neulasten kuivamassasta eri leimikkoluokissa.

Table 8. The proportions of live crown mass and needle mass attached to a 3-m top bucked from trees from different stand classes. Dry mass basis.

	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce		Koivu – Birch
	Etelä South	Pohjoinen North	Etelä South	Pohjoinen North	Kaikki All
Osuus latvusmassasta, % – Proportion of crown mass, %					
Ensiharvennus <i>First thinning</i>	30,5	38,8	21,3		16,8
Muu harvennus <i>Other thinning</i>	25,6	28,5	19,5	17,3	18,5
Päätehakkuu <i>Final cut</i>	19,5	23,5	7,6	11,6	7,0
Osuus neulasmassasta, % – Proportion of needle mass, %					
Ensiharvennus <i>First thinning</i>	52,2	57,0	34,1		
Muu harvennus <i>Other thinning</i>	42,1	43,5	27,1	22,0	
Päätehakkuu <i>Final cut</i>	30,1	36,7	11,1	17,5	

## Kirjallisuus – References

- Albrektsen, A. 1980. Tallens biomassa. Storlek – utveckling – uppskattningsmetoder. Summary: Biomass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Amount – development – methods of mensuration. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Rapport 2-1980. 189 s.
- Bjerkelund, T.C. 1989. Development of conceptual forest operations system based on the trimmed tree form. IUFRO meeting on Harvesting and Utilization of Tree Foliage. Riga, Latvia. 15 s.
- Burger, H. 1939. Der Kronenaufbau gleichaltiger Nadelholzbestände. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 21: 5–57.
- Hakkila, P. 1969. Weight and composition of the branches of large Scots pine and Norway spruce trees. Lyhennelmä: Järeitten mänty- ja kuusipuitten oksien paino ja koostumus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67(6). 37 s.
- 1971. Coniferous branches as a raw material source. Lyhennelmä: Havupuu oksat raaka-ainelähteenä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 75(1). 60 s.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Lyhennelmä: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96(3). 59 s.
- 1989. Utilization of residual forest biomass. Springer Verlag. Berlin–Heidelberg–New York. 568 s.
- Hitchcock, H.C. III & McDonnell, J.P. II 1979. Biomass measurement: a synthesis of the literature. Teoksessa Frayer, W.E. (toim.). Forest resource inventories II. Colorado State University. s. 544–595.
- Jukola-Sulonen, E.-L. 1990. The vitality of conifers in Finland, 1986–88. Teoksessa: Kauppi, R., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer Verlag, Berlin–Heidelberg–New York. s. 523–560.
- Kanninen, K., Uusvaara, O. & Valonen, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole-tree raw material. Folia Forestalia 403. 48 s.
- Korhonen, K. & Maltamo, M. 1990. Männyn maanpäällisten osien kuivamassat Etelä-Suomessa. Joensuun tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 371. 29 s. + liitt. 13 s.
- Korotjaev, L.V. 1984. Mathematical model of the crown of northern spruce. Lesnoj Zhurnal 1: 46–54.
- Laasasenaho, J. 1975. Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta. Summary: Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diam-

eter. *Folia Forestalia* 233. 20 s.

Marklund, L.G. 1987. Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Sweden. Sammanfattning. Biomassafunktioner för gran i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogstaxering. Rapport 43. 127 s.

Quellet, D. 1983. Biomass prediction equations for twelve commercial species in Quebec. Canadian Forestry Service, Information Report LAU-X-62E. 34 s.

Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppien kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary:

Development of seeded Scots pine stands from pre-commercial thinning to first commercial thinning. *Folia Forestalia* 752. 29 s.

Simola, P. 1977. Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. Summary: The biomass of small-sized hardwood trees. *Folia Forestalia* 302. 16 s.

Wiant, H.W. Jr. 1979. Estimating woody biomass using 3P and point sampling. In: Frayer, W.E. (ed.). Forest resource inventories II. Colorado State University. s. 757–762.

*Total of 18 references*

## Summary

### Crown mass of trees at the harvesting phase

#### Background

To increase the productivity of logging work and to intensify the recovery of forest biomass, new manual and mechanized logging systems are being developed in which delimiting of timber is abandoned and trees are recovered with branches intact. Stem and crown mass are thus harvested in an integrated operation. Then, for operational planning and value estimation of the raw material, the proportions of different tree components must be known. While the measurement of stem volume is simple and reliable, no proven methods are available for the measurement of crown mass in practical forestry.

Traditionally, studies on crown mass have an ecological approach, whereas technically oriented crown mass studies continue to be rare. In northern Europe, extensive crown mass studies for technical purposes have been carried out by the Finnish Forest Research Institute (Hakkila 1969, 1971, 1989, Kanninen et al. 1979) and the Swedish University of Agricultural Sciences (Marklund 1987). However, as raw material requirements have been changed and logging technology has been developed, the results of these earlier studies are not fully sufficient to meet the present needs of forest operations research, timber procurement, and machine design.

#### Research problem

As part of a large project on the utilization of small-sized timber, the Finnish Forest Research Institute carried out a new study on the quantity, composition, and vertical distribution of crown mass in Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*), and mixed birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*). The work was specifically restricted to the harvesting phase of trees in different types of thinnings and final cuttings in managed forests. Answers were sought to the following questions:

- What is the quantity and composition of crown mass in single trees at the time of removal from a stand in

accordance with the forest management principles generally applied in Finland? To be applicable in practical forestry, the crown mass data for single trees should be presented as a function of external tree characteristics which can be easily determined.

- What is the total quantity of crown and needle mass of logging removal per unit area under different conditions? The data are needed specifically according to tree species and cutting treatment, i.e. first thinnings, other thinnings, final cuttings of mature stands, and final cuttings of unproductive hardwood-dominated stands.
- What is the vertical distribution of crown mass in a tree, and which proportion of the crown mass is attached to the unmerchantable tree top? The data are needed for the optimum solution in method development and holistical system design.

In the first place, the results of the study are thus intended for use in development of logging machines and systems, in value estimation and measurement of timber in conjunction with the integrated harvesting of stem and crown mass, and in forest energy calculations. In addition, they can also be used to estimate the amount of slash in logging sites from the point of view of fire hazard, prescribed burning, protection against rutting and soil compaction, and difficulty of work in site preparation and planting in regeneration areas. Furthermore, since intensification of biomass recovery cannot be put into effect without ecological consequences, results of the present study can be used as a basis for nutrient loss estimation from the ecosystem as well.

#### Data and methods

The research material was composed of trees marked in advance by practical foresters for logging during the coming year. Altogether, 130 stands were selected for the study from different parts of Finland (Figure 1) in 1984–



1986. From each stand, five sample plots of ten trees were selected. Thus, the material consisted of 650 sample plots and 6500 trees with a breast height diameter of 43–431 mm (Table 1). The stands were classified and analyzed according to the type of treatment as follows: first thinning (class 2); other thinnings (class 3); clear cutting of a mature stand (class 4), and clearcutting of an unproductive hardwood-dominated stand (class 6).

The fieldwork was carried out between April and October. Development of new leaves and shedding of old in the course of the material collection therefore increased unexplained variation in the leaf mass. Since the deviation from regression line caused by this variation is the most disturbing in hardwoods, the material for birch was collected during early spring and late autumn when the trees were leafless.

After felling and delimiting a sample tree, the fresh mass of live branches was measured separately for each 2-meter section of the tree. The fresh mass of dead branches was measured for the whole tree only. Laboratory samples were taken from each 2-meter section of every tenth tree for the measurement of the moisture content and proportion of needles in the crown mass.

The results are given as dry mass of *live crown* (live branches including foliage), *whole crown* (both live branches including foliage and dead branches), and needles. For pine and spruce, the mass of live crown and that of whole crown include needle mass as it appeared during the time of the study. For birch the results represent the leafless period of the year only.

### *Crown mass of single trees*

As compared to stem mass, the relative amount of crown mass decreases with increasing age and size of the tree. In southern Finland, the proportion of whole crown mass in pine trees from first thinnings was 34.3 %, from other thinnings 21.9 % and from final cuttings 21.4 %. The corresponding figures for spruce were 58.7 %, 48.3 % and 54.2 % and for leafless birch 20.5 %, 19.8 % and 15.9 %. In northern Finland the relative amount of crown mass was generally somewhat larger (Table 2). All figures are given here on the dry mass basis.

Breast height diameter (Figure 2), tree height, and the height of live crown base from the ground were the best independent variables in regression equations for crown mass. A logarithmic multiple regression equation explained 94 % of the tree-to-tree variation of whole crown mass for pine, 93 % for spruce and 88 % for birch. Trees with equal stem and crown size had the same amount of crown mass both in southern and northern Finland.

### *Needle mass of single trees*

In southern Finland, the proportion of needle mass in pine trees harvested from first thinnings was 10.4 %, from other thinnings 5.7 % and from final cuttings 4.2 % as compared to stem mass. The corresponding figures for spruce were 19.1 %, 14.7 % and 15.0 %. Considerably

higher percentages were measured in northern Finland (Table 4).

Breast height diameter (Figure 3) and crown ratio together explained 73 % of the tree-to-tree variation of needle mass in pine, and 88 % in spruce. Development of new needles and shedding of old during the course of the field work season were an important cause of unexplained variation in the needle mass. Data for pine were more greatly affected since the number of needle year classes in pine is smaller than in spruce.

### *Crown mass by stand class*

Relatively, the amount of crown mass was largest in spruce stands, commonly 150–200 kg but in extreme cases over 300 kg dry mass per cubic meter of stem volume. The amount of crown mass was essentially less in pine, generally 80–160 kg per cubic meter of stem volume. For birch the figures were even lower, but the crown mass of birch did not include foliage in this study (Table 3).

The relative yield of crown mass from logging operations in silviculturally managed stands was largest in the first thinnings. This is a result of small tree size, large crown ratio, large needle mass, and rather large mass of remaining dead branches because self-pruning of dead branches has hardly started yet. In later thinnings, where trees are typically selected from below from dominated crown classes, the yield of crown mass was at its lowest. In final cuttings the crown mass yield increased slightly again when the trees from the dominating crown class were also removed.

### *Composition of crown mass*

In southern Finland, average moisture content of live crown on the green mass basis was 55.4 % for pine, 52.0 % for spruce and 46.6 % for leafless birch. In northern Finland the moisture content for all species was somewhat lower. When the dead branches were also taken into account, the moisture content of whole crown mass was reduced by 0.4–3.0 percentage units, depending on the tree species. The effect of dead branches was strongest in pine and weakest in birch.

Average content of wood proper from live branches in crown mass varied from 32 to 37 % for pine and spruce from different stand classes. Pine from final cuttings was an exception, the wood content of crown mass being as high as 47 %. Content of bark in the crown mass of pine and spruce in southern Finland was 17–20 %, in northern Finland a little higher (Table 5).

### *Vertical distribution of crown mass*

Most of the crown mass in small pines lies 1–5 m and in large pines 1–7 m from the tree top. Small spruce trees differ only slightly from small pines, but in large spruce trees the crown mass is distributed more evenly throughout

the live crown. As regards the needle mass, its center of gravity is always higher in the crown than is that of the whole crown mass (Tables 6 and 7).

Whole-tree logging results in increased nutrient losses from forest soil. Since the needles are particularly rich in nutrients, reduction in the growth potential of the site depends greatly on whether needles are left on site or recovered together with other components of the crown mass. Therefore, unnecessary removal of needles must be

avoided particularly on poor and sensitive sites. A simple way to reduce the needle removal in conjunction with whole-tree logging is topping the trees before off-road transport. In first thinnings in southern Finland as much as 52 % of pine needles and 34 % of spruce needles remain in a 3-meter top which corresponds to 5–6 cm top diameter of pulpwood. However, in later thinnings and final cuttings the benefit of leaving the unmerchantable top on site is considerably less (Table 8).

# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 5331 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 1381

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Field Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* PL 16  
96301 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* PL 44  
69101 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema  
*Ruotsinkylä Field Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

1991

- No 768 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Harmaalepän vesojen biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö.  
Biomass production and nutrient consumption of the sprouts of *Alnus incana*.
- No 769 Silfverberg, Klaus & Issakainen, Jorma: Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin.  
Effects of ash fertilization on forest berries.
- No 770 Lipponen, Katriina: Juurikäävän kantotartunta ja sen torjunta ensiharvenusmetsiköissä.  
Stump infection by *Heterobasidion annosum* and its control in stands at the first thinning stage.
- No 771 Selander, Jukka & Immonen, Auli: Lannoituksen vaikutus männyntaimen tuhonalttiuteen tukkimiehentäille.  
Effect of fertilization on the susceptibility of Scots pine seedlings to the large pine weevil, *Hylobius abietis*.
- No 772 Sirén, Matti (red.) Flerträdsteknik och skonsamma maskiner i första gallring. Slutrapport från ett av Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR) genomfört forskningsprojekt, 1987 – 1989.  
Puiden joukkokäsittely ja kevyt teknologia ensiharvennuksissa. Yhteispohjoismaisen NSR-projektin loppuraportti, 1987 – 1989.  
Multi-tree processing and light technology in first thinnings. Final report for a research project of the Nordic Research Council on Forest Operations (NSR), 1987 – 1989.
- No 773 Hakkila, Pentti: Hakkuupoistuman latvusmassa.  
Crown mass of trees at the harvesting phase.
- No 774 Korhonen, Kari T.: Sekamallitekniikalla laadittujen runkokäyrämallien käyttö metsäinventoinnissa.  
Using taper curve models based on mixed linear models in forest inventory.
- No 775 Oja, Seppo & Salonen, Tommi (toim.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1990.  
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1990.
- No 776 Mielikäinen, Kari & Valkonen, Sauli: Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa.  
Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland.