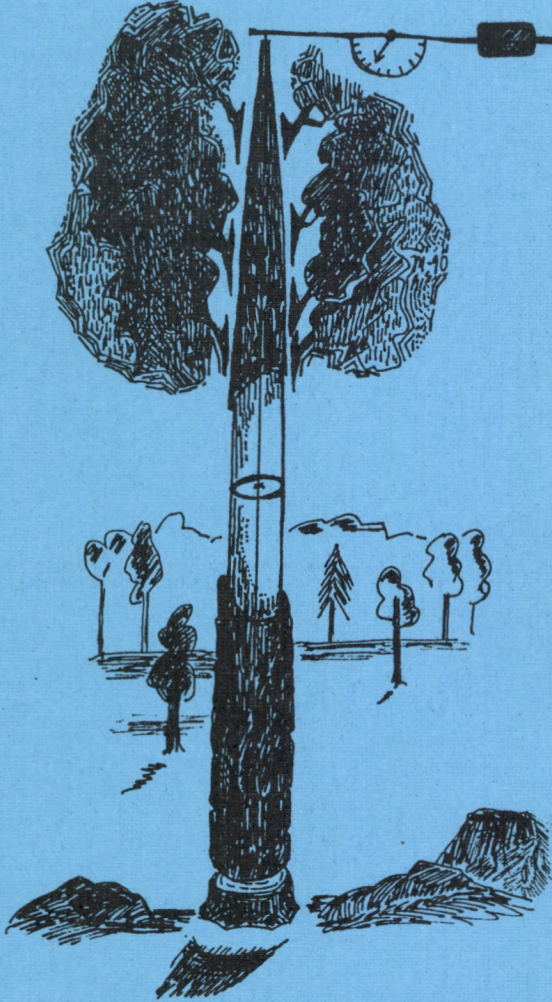


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 371

Joensuun tutkimusasema

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Suontutkimusosasto



KARI T. KORHONEN JA MATTI MALTAMO

MÄNNYN MAANPÄÄLLISTEN OSIEN KUIVAMASSAT ETELÄ-SUOMESSA

JOENSUU 1990

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TIEDONANTOJA 371

Joensuun tutkimusasema

MÄNNYN MAANPÄÄLLISTEN OSIEN KUIVAMASSAT ETELÄ-SUOMESSA

Kari T. Korhonen ja Matti Maltamo

Joensuu 1990

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa esiteltiin laskentamenetelmä männyn maanpäällisten osien (runkopuu, rungon kuori, oksat) kuivamassojen laskemiseksi ja julkaistiin alustavia tuloksia. Tutkimuksen aineistona oli Lounais-Suomesta vuosina 1988 ja 1989 mitatut Valtakunnallisen puututkimuksen (VAPU) mäntykaatokoepuut, joita oli yhteensä 121 kappaletta. VAPUn mittausohjeet julkaistiin liitteenä.

Runkopuun kuivamassa laskettiin puun eri korkeuksien läpimittojen avulla lasketun tilavuuden ja tiheysnäytteiden avulla lasketun puun tiheyden perusteella. Rungon kuoren massa määritettiin mittaamalla kuoren määrä rungon pituusyksikköä kohti (g/cm) seitsemässä rungon kohdassa ja tasoittamalla kuoren määrä kolmannen asteen splinifunktion avulla. Oksamassa laskettiin laatimalla koeoksista regressioyhtälö ennustamaan oksien tuoremassaa. Tuoremassan laskemisen jälkeen massat muutettiin koealakohtaisten suhdelukujen avulla kuivamassoiksi.

Puun eri osien massat olivat keskinäisessä riippuvuussuhteessa; rungon massan kasvaessa myös oksien massa lisääntyi. Suurten puiden kohdalla oli puiden välinen hajonta kuitenkin huomattavan suurta. Oksamassa oli joissakin pienissä puissa jopa suurempi kuin rungon massa, kun taas suurissa puissa oksamassa oli huomattavasti pienempi kuin runkomassa.

Tutkimuksessa laadittiin myös regressiomallit ennustamaan eri osien massoja puutunnuksilla. Parhaiten pystyttiin ennustamaan runkopuun massaa ja huonoiten oksamassaa. Lisäksi laadittiin malli ennustamaan puun koko maanpäällistä massaa.

Tutkimuksessa käytettyjä lyhenteitä:

a_i = mallin kerroin

d = puun rinnankorkeusläpimitta, cm

d_o = oksan tyviläpimitta, mm

h = puun pituus, m

h_e = elävän latvuksen korkeus, m

ka = keskiarvo

L = oksan pituus

m_i = ositteen i massa, kg (r = runkopuu, k = rungon kuori, o = oksat)

max = maksimi

min = minimi

RH = oksan suhteellinen korkeus latvuksessa

t = puun biologinen ikä, v

W = yksittäisen oksan massa

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
11. Tutkimuksen tausta	5
12. Tutkimuksen tarkoitus	6
2. AINEISTO	7
3. MENETELMÄT	9
31. Massojen laskenta	9
311. Runkopuu	9
312. Rungon kuori	10
313. Oksat	11
32. Massojen mallittaminen	13
4. TULOKSET	15
41. Runkopuun massa	15
42. Rungon kuoren massa	16
43. Oksamassa	17
44. Puun eri osien massojen suhteet	20
5. TULOSTEN TARKASTELU	23
51. Kuivamassojen laskennan virhelähteet	23
52. Massamallien estimaattien summaaminen	24
53. Tutkimushankkeen tulevaisuus	26

KIRJALLISUUS

LIITTEET

1. JOHDANTO

11. Tutkimuksen tausta

Alueellisesti kattavin suomalainen selvitys puun runkomassasta on Hakkilan (1979) tutkimus, joka perustuu vuosina 1968-1972 eri puolelta Suomea kerättyyn aineistoon. Tutkimuksen tuloksena saatiin kuivamassataulukot männylle, kuuselle ja koivulle. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin puun tiheyden yhteisvaihtelua metsikkö- ja puutunnusten kanssa. Suppeammista aineistoista vastaavia selvityksiä on tehty useita (esimerkiksi Hakkila 1966, Hakkila ym. 1968, Uusvaara ym. 1979)

Kuoren määrää rungossa on selvitetty toisaalta rungon kuorettomien läpimittojen ja kuorettoman tilavuuden ennustamiseksi sekä toisaalta kuoren massan selvittämiseksi. Kuoren paksuutta rinnankorkeudella on tutkinut ja mallittanut Suomessa Päivinen (1978). Kuoren massaa ja tiheyttä ovat selvittäneet Hakkila (1966) ja Kärkkäinen (1976).

Oksamassa voidaan jakaa erikseen varsinaiseen oksapuuhan, kuoreen, lehtiin ja käpyihin. Lisäksi elävät ja kuolleet oksat voidaan jaotella erikseen. Kuoren osuus oksamassasta on varsin huomattava verrattuna kuoren osuuteen puun runkomassasta (Hakkila 1971).

Männyn oksien massaa ovat tutkineet muun muassa Hakkila (1970) ja Hytönen (1987). Männyn monopodiaalinen kasvutapa aikaansaa säännöllisyyttä latvukseen, kun taas kuusen välioksat voivat aiheuttaa ongelmia latvuksen kuvaamisessa malleilla. Monilla lehtipuilla on latvuksen rakenne niin epäsäännöllinen, että varsinkin latvuksen yläosissa rungon ja oksien erottaminen voi olla vaikeaa.

Oksamassan tutkiminen on yleensä keskittynyt puussa tietyllä hetkellä olevan massan selvittämiseen, mikä onnistuu puuanalyyseissä tehtävien mittausten kautta. Oksamassan kehittymisen tutkiminen on puolestaan jäänyt vähemmälle huomiolle, sillä oksien kasvun mittaaminen on työlästä eikä siihen useinkaan ole mahdollisuuksia. Sama työläisyys vaikeuttaa myös oksamassan eri ositteiden erottelua.

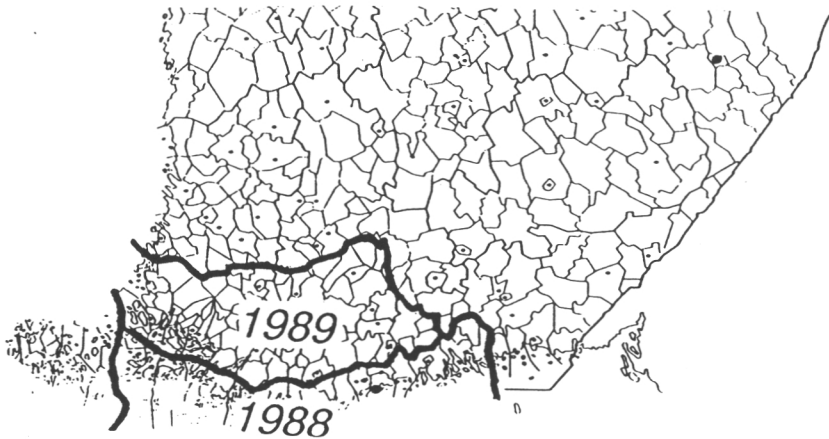
Puun maanpäällisten osien massaa on tutkittu usein myös yhdessä, koska eri osien välillä vallitsee voimakas riippuvuussuhde varsinkin nuorissa puissa. Kokonaismassaa on selvitetty muun muassa Mälkösen (1974) ja Finerin (1990) tutkimuksissa ja männyn laatukasvatus -tutkimushankkeen (Kellomäki 1988) yhteydessä. Hakkilan (1989) julkaisussa on laajasti selvitetty hakkuutähteiden hyödyntämistä. Ruotsissa on puolestaan tutkittu laajasti männyn massoja valtakunnallisen aineiston perusteella (esim. Albrektson 1980, Albrektson ym. 1984).

12. Tutkimuksen tarkoitus

Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen osasto käynnisti vuonna 1987 hankkeen valtakunnallisen koepuuaineiston keräämiseksi. Tässä VAPU -nimellä tunnetussa projektissa kaadetuista männyistä, kuusista ja koivuista mitataan runkoon ja latvukseen sekä niiden kehitykseen liittyviä tunnuksia puun eri osien välisten suhteiden mallittamiseksi. Tässä tutkimuksessa esitellään menetelmä eri osien massojen laskemiseksi ja julkaistaan alustavia tuloksia männyn runkokuoren, rungon kuoren ja oksien massoista. Lisäksi julkaistaan aineiston mittausohjeet.

2. AINEISTO

Tutkimuksen aineisto koostuu kesinä 1988 ja 1989 mitatuista mäntykaatokoepuista. Kesällä 1988 mitattiin 41 mäntyä Helsingin metsälautakunnan alueelta ja kesällä 1989 80 mäntyä Lounais-Suomen ja Uudenmaan-Hämeen sekä osittain Satakunnan metsälautakunnan alueilta. Tutkimusalueiden sijainti selviää kuvasta 1. Koealat oli valittu valtakunnan metsien 8. inventoinnin kertakoealoista. Yhdelle lohkolle osui maksimissaan 3 koealaa.



Kuva 1. Tutkimusalue.

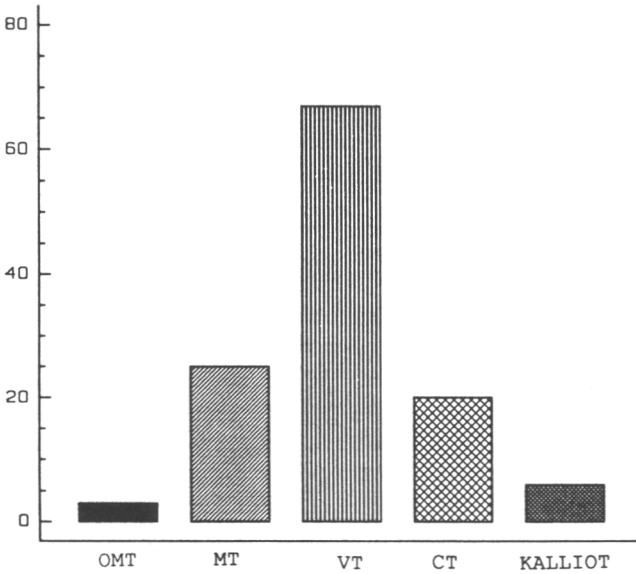
Kaatokoepuista mitattiin kuorelliset ja kuorettomat läpimitat 16 suhteelliselta ja 1,3 ja 6 m:n absoluuttisilta korkeuksilta. Lisäksi rungosta otettiin tiheysnäytteet viideltä ja kuorinäytteet seitsemältä suhteelliselta korkeudelta. Tiheys- ja kuorinäytteet käsiteltiin laboratoriossa.

Kaikista oksista mitattiin tyviläpimitta, laatu ja etäisyys maahan. Kymmenestä koeoksasta mitattiin lisäksi oksan pituus, lähtökulma sekä tuoremassa, ja kolmesta koeoksasta otettiin oksanäytteet kuivamassojen määrittämistä varten. Aineiston keruun tarkempi kuvaus on VAPU-projektin mittausohjeissa (liite 1).

Kaatokoepuuaineiston puutunnukset ovat taulukossa 1. Koepuiden ikävaihtelu on varsin suurta, mikä johtuu osaksi siitä, että vuoden 1988 koealoista osa oli sattunut merenrantakallioille. Havaintojen vähäisen lukumäärän vuoksi ei kivennäis- ja turvemaakoealoja eroteltu toisistaan. Kasvupaikkojen osuudet ovat kuvassa 2.

Taulukko 1. Kaatokoepuiden ja koealojen keskimääräiset puu- ja metsikkötunnukset.

	min.	ka.	max.
Läpimitta, cm	5,1	17,1	45,0
Pituus, m	3,5	12,7	27,5
Latvusrajan korkeus, m	0,3	6,7	16,7
Puun biologinen ikä, t	12	69	173
Metsikön pohjapinta-ala	0	17	35



Kuva 2. Eri kasvupaikoille sattuneiden puiden lukumäärät. Kalliot on VMI-luokituksen luokka kalliomaat ja hietikot.

3. MENETELMÄT

31. Massojen laskenta

311. Runkopuu

Runkopuun kuivamassa laskettiin tiheyden ja rungon tilavuuden avulla. Tiheys määritettiin viideltä suhteelliselta korkeudelta otetusta näytekiekosta. Kustakin kiekosta otettiin 2 cm * 2 cm * 2 cm:n suuruisia näytteitä ytimeistä puun pintaan (ks. liite 1), jolloin saatiin tietoa tiheyden vaihtelusta sekä puun pituuden että säteen suunnassa.

Jokaiselle 2*2*2 cm³:n näytepalikalle laskettiin painokerroin sen mukaan, kuinka suurta osaa näyte edustaa rungon tilavuudesta. Painokertoimen laskennassa laskettiin ensin, kuinka suurta osaa palikka edustaa kyseisen suhteellisen korkeuden pohjapinta-alasta. Seuraavaksi laskettiin, kuinka suurta osaa kyseisen mittauskorkeuden näytteet edustavat koko runkopuun tilavuudesta. Näytepalikan painokerroin saatiin edellä mainittujen osuuksien tulosta. Laskenta voidaan kuvata matemaattisella yhtälöllä seuraavasti.

$$\begin{aligned}
 p_{ij} &= \frac{v_i}{v} * \frac{g_{ij}}{\sum_{j=1}^{k_i} g_{ij}} \\
 &= \frac{v_i}{v} * \frac{(s_{ij} - s_{i(j-1)})^2}{r_i^2} \quad (1)
 \end{aligned}$$

missä i = suhteellinen korkeus ($i=1, \dots, 5$),

j = näytteen järjestysnumero ytimeistä lukien,

k_i = korkeudelta i säteen suunnassa otettujen näytteiden lukumäärä,

v = rungon kuoreton tilavuus,

v_i = korkeuden i edustaman rungon osan tilavuus,

g_{ij} = näytteen j edustama poikkileikkausala korkeudella i ,

s_{ij} = näytteen j ulkoreunan etäisyys ytimestä ja

r_i = runkokuun kuoreton säde suhteellisella korkeudella i .

Runkokuun kuivamassa saatiin summaamalla kaikkien näytteiden painotetut tiheydet ja kertomalla summa runkokuun kuorettomalla tilavuudella yhtälön (2) mukaisesti.

$$m_r = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{k_i} p_{ij} * T_{ij} * v, \quad (2)$$

missä m_r = runkokuun kuivamassa,

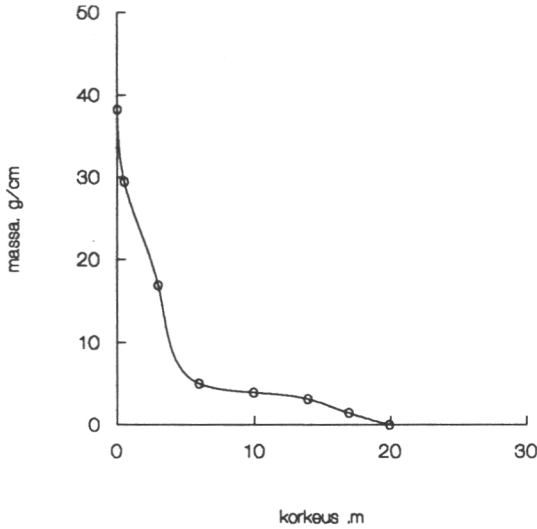
T_{ij} = näytteen tiheys ja

muut merkinnät ovat kuten yhtälössä (1).

312. Rungon kuori

Kuorinäytekiekoista mitattiin maastossa kiekkojen paksuudet ja laboratoriossa kiekkoista irrotettujen kuorien kuivamassat. Näin mittaustuloksista voitiin laskea kullekin puulle kuoren määrä (g/cm) seitsemällä eri korkeudella rungossa. Saadut seitsemän havaintoa tasoitettiin kolmannen asteen splinifunktioiden avulla (paloittain) jatkuvaksi yhtälöksi, joka kertoo kuoren määrän (g/cm) missä tahansa rungon kohdalla.

Kuoren kuivamassa laskettiin integroimalla saatua splinifunktiota numeerisesti puun tyveltä latvaan. Kuvassa 3 on esimerkki puusta eri korkeuksilta mitatuista kuoren massoista ja havaintoihin tasoitetusta splinifunktiosta.



Kuva 3. Esimerkki kuoren määrän tasoittamisesta splinifunktiolla.

313. Oksat

Oksatiedoista voitiin laskea vain elävien oksien kokonaismassa. Koeoksista ei ole eritelty oksapuuta ja kuorta, joten kuoren osuutta massasta ei voida määrittää. Hakkilan (1971) mukaan kuoren osuus oksamassasta on 30-35 %. Neulasten osuus massasta puolestaan olisi voitu estimoida ainoastaan sisällä mitattujen oksanäytteiden avulla. Koska kaikkia oksia ei punnittu, vaan ainoastaan 10 koeoksa, oli mitattujen koeoksien ja lukuoksien välille laadittava yhtälöt ennustamaan oksien tuoremassaa.

Oksan tyviläpimitta on käytetyin selittäjä oksakohtaisissa massamalleissa (Sato & Madgwick 1982). Tyviläpimitan lisäksi voidaan käyttää myös muita oksakohtaisia tunnuksia. Esimerkiksi Madgwickin ja Jacksonin (1974) tutkimuksessa laskettiin oksan massa seuraavalla mallilla:

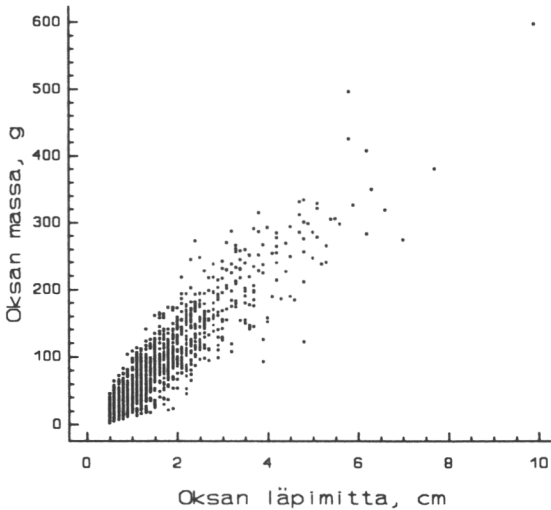
$$\ln W = a_0 + a_1 \ln d_o^2 L + a_3 RH + a_4 RH^2, \quad (3)$$

Tyviläpimitan, suhteellisen korkeuden ja oksan pituuden lisäksi selittäjinä voivat olla esimerkiksi oksan ikä (Whittaker 1965) ja oksan tyviläpimitan neliön ja pituuden tulotermin (d_0^2h). Myös puukohtaisia selittäjiä on käytetty oksakohtaisten regressiomallien laadinnassa (Ek 1979).

Tässä tutkimuksessa käytettiin oksamassan laskemiseen seuraavaa yhtälöä:

$$\ln W = a_0 + a_1 * \ln d_0. \quad (4)$$

Koeoksien tuoremassan ja tyviläpimitan välinen korrelaatio koko aineistossa on kuvassa 4. Koska valitussa mallissa on käytetty logaritimuunnosta, on malliin tehtävä harhattomuuskorjaus. Harhattomuuskorjauksena käytettiin Taylorin sarjakehitelmän avulla johdettua korjaustermiä.



Kuva 4. Oksan tyviläpimitan ja maastossa mitatun tuoremassan välinen suhde koko aineistossa.

Aineiston vuoksi ei esimerkiksi oksan pituutta voitu käyttää selittäjänä. Malli laadittiin puukohtaisesti, joten yhteensä laadittiin 121 yhtälöä. Yhden koepuun kohdalla ei logaritminen yhtälö soveltunut, jolloin käytettiin vastaavaa lineaarista mallia:

$$W = a_0 + a_1 * d_o. \quad (5)$$

Oksamassan laskeminen koski ainoastaan eläviä oksia. Tuoremassojen laskemisen jälkeen massat muutettiin kuivamassoiksi, jotta vertailuja puun rungon massaan voitaisiin tehdä. Kuiva- ja tuoremassan välille laskettiin koelakohtaiset keskimääräiset suhteet oksanäytteiden avulla. Kuiva- ja tuoremassan välisessä suhteessa ei ollut mitään trendiä esimerkiksi oksan massan suhteen, joten aineistoa ei eroteltu muuten kuin koelooittain. Näytteitä kertyi koelooittain 9:stä 15:een kappaletta.

32. Massojen mallittaminen

Puun eri massojen mallittamisessa käytetään yleensä hyväksi puun osien välistä allometriaa. Tällöin puun massa voidaan estimoida sen tiettyjen ulkoisten tunnusten avulla (Mälkönen 1974). Allometriaan perustuvilla malleilla päästään yleensä varsin korkeaan selityssasteeseen laadittavassa aineistossa, mutta ongelmana on tulosten yleistettävyyys. Allometriaan perustuvia regressiomalleja on käytetty runsaasti muun muassa tilavuus- ja massataulukoiden laadintaan. Yleisimmin käytetty yhtälön muoto on seuraava:

$$m_i = a_0 * d^{a_1}. \quad (6)$$

Yhtälö 6 esitetään usein logaritmisessa muodossa

$$\ln m_i = a_0 + a_1 \ln d. \quad (7)$$

Rungon puuaineen ja kuoren massaa estimoivissa yhtälöissä on käytetty selittäjänä usein rinnankorkeusläpimitan toista potenssia ja pituutta. Hakkila (1967) käytti kuoren massaa estimoivassa yhtälössä selittäjänä myös puun ikää.

Latvuksen massaa estimoivissa yhtälöissä selittäjinä voidaan käyttää rinnankorkeusläpimitan ohella ja sijasta puun tai latvuksen pituutta, puun läpimittaa elävän latvuksen alarajalla ja muita vastaavia puun ulkoisia tunnuksia. Kendallin ja Brownin (1978) tutkimuksessa todettiin, että mantopuun läpimitta selittää niin oksa- kuin neulasmassaakin paremmin kuin rinnankorkeusläpimitta. Tämä on luonnollinen seuraus piippumalliteorian (Shinozaki ym. 1964) olettamuksista. Vastaaviin tuloksiin on päädytty myös mm. Albrektonin (1984) ja Cernyn (1990) tutkimuksissa. Mantopuuosuuden selvittäminen on kuitenkin vaikeampaa kuin rinnankorkeusläpimitan ja muiden ulkoisten tunnusten mittaaminen.

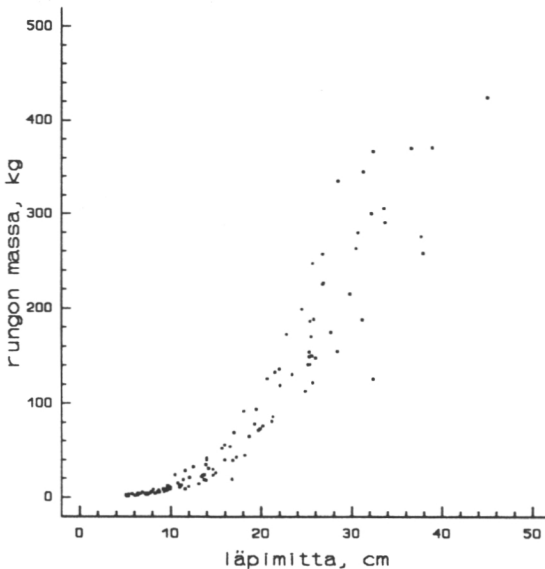
Hakkilan (1970) tutkimuksessa oksien kuiva- ja tuoremassoja ennustettiin puun rinnankorkeusläpimitan toisella potenssilla. Mälkönen (1974) kuvasi latvuksen massaositeita muuttujilla läpimitan neliö * puun pituus ja suhteellinen korkeus. Myös Braekken (1986) tutkimuksessa turvemaiden männiköissä ja kuusikoissa valittiin läpimitan neliö selittäväksi muuttujaksi.

4. TULOKSET

41. Runkopuun massa

Mitattujen mäntyjen runkopuun kuivamassa vaihteli 1,32 kg:sta 424,44 kg:aan. Keskimääräinen massa oli 87,45 kg. Liitteessä 2 on korrelaatiomatriisi, josta löytyy runkopuun kuivamassan korrelaatiot keskeisten puu- ja metsikkötunnusten kanssa. Runkopuun kuivamassa korreloi odotetun voimakkaasti puun kokoa kuvaavien tunnusten kanssa. Korrelaatio myös puun iän ja puuston pohjapinta-alan kanssa oli tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Runkopuun kuivamassaa estimoivien mallien laadinnassa käytettiin lähtökohtana edellä mainittua korrelaatiomatriisia ja korrelaatiokuvia. Kuvassa 5 on kuivamassan ja läpimitan välinen korrelaatiokuva, joka paljastaa riippuvuuden olevan epälineaarinen ja heteroskedastinen.



Kuva 5. Runkopuun kuivamassa läpimitan funktiona.

Kuvan perusteella selitettäväksi muuttujaksi valittiin kuivamassan luonnollinen logaritmi, jolloin selitettävän muuttujan varianssi saatiin vakioksi tärkeimmän

selittäjän, läpimitan suhteen. Aluksi laadittiin malli, jossa selittäjinä kokeiltiin läpimitan ja pituuden erilaisia muunnoksia. Parhaimmaksi osoittautui yhtälö, jossa selittäjinä olivat läpimitan toisen potenssin logaritmi ja pituuden logaritmi.

Mallin selitystekeksi saatiin 99,23 % ja keskivirheeksi 0,145. Mallin kertoimet ilmenevät yhtälöstä (8), jossa harhattomuuskorjaustermi on lisätty vakioon. Yhtälössä massa on kilogrammoina, läpimitta senttimetreinä ja pituus metreinä.

$$m_r = \exp(-4,182 + 0,879 \cdot \ln d^2 + 1,215 \cdot \ln h), \quad (8)$$

missä merkintä $\exp(\dots)$ tarkoittaa 2,7182 korotettuna suluissa olevan lausekkeen osoittamaan potenssiin.

Rungon massan mallin residuaaleja tarkasteltiin ennusteen, selittäjien ja muutamien muiden aineistossa olevien muuttujien suhteen. Kuvien perusteella malli näytti toimivan hyvin kaikissa aineiston osajoukoissa. Rungon kuivamassaa ennustavaan yhtälöön kokeiltiin selittäjiksi myös muita aineistossa mitattuja selittäjiä ja näiden muunnoksia. Merkittäväksi selittäjäksi läpimitan ja pituuden lisäksi saatiin ainoastaan puun biologisen iän luonnollinen logaritmi. Ikää selittäjänä käyttäen tuli mallin keskivirheeksi 0,139. Yhtälö on aritmeettiseen skaalaan muutettuna

$$m_r = \exp(-4,326 + 0,842 \cdot \ln d^2 + 1,212 \cdot \ln h + 0,087 \cdot \ln t). \quad (9)$$

42. Rungon kuoren massa

Mitattujen mäntyjen kuorien kuivamassa vaihteli 0,34 kg:sta 45,60 kg:aan. Keskimääräinen massa oli 9,11 kg. Kuoren kuivamassan korrelaatiot aineistosta mitattujen keskeisten muuttujien kanssa näkyvät liitteessä 2 olevasta korrelaatiomatriisista. Korrelaatiomatriisia ja -kuvia tarkasteltaessa havaittiin, että kuoren massaa selittävät läpimitta ja pituus.

Harhattomuuskorjaus mukaan ottaen on kuoren massan yhtälöksi saatiin:

$$m_k = \exp(-4,344 + 0,885 \cdot \ln d^2 + 0,435 \cdot \ln h). \quad (10)$$

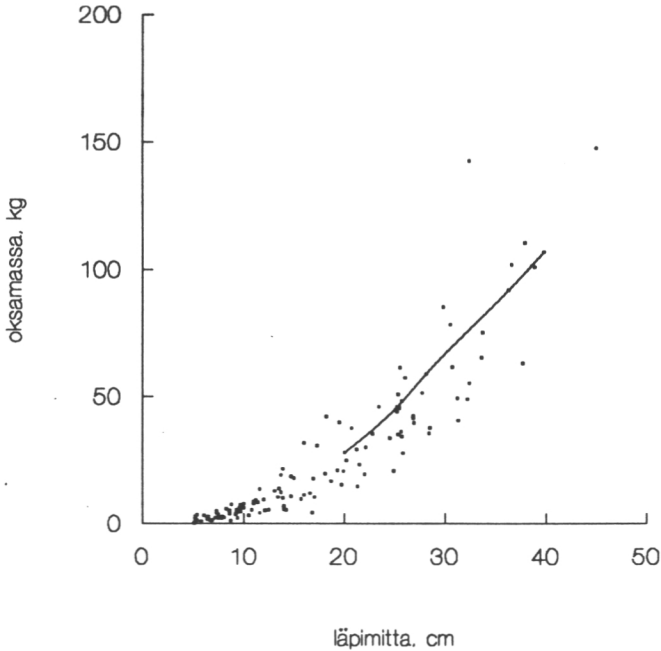
Kuorimallin selitysasteeksi saatiin 98,13 % ja keskivirheeksi (RMSE) 0,168. Kuoren massan mallin residuaaleja tarkasteltiin ennusteen, selittäjien ja muutamien muiden aineistossa olevien muuttujien suhteen. Kuvien perusteella malli näytti toimivan hyvin kaikissa aineiston osajoukoissa. Kokeiltaessa kuoren kuivamassan selittäjiksi myös muita aineistossa mitattuja muuttujia merkittäväksi selittäjäksi saatiin kasvupaikkaa kuvaava dummy-muuttuja, joka perusteella kuivien kankaiden boniteetti luokan metsiköissä kasvavat puut poikkeavat muista kuoren massaltaan. Tällaisen mallin keskivirheeksi tuli 0,161. Yhtälö on aritmeettiseen skaalaan muutettuna:

$$m_r = \exp(-4,409 + 0,905 \cdot \ln d^2 + 0,3925 \cdot \ln h + 0,101 \cdot CT), \quad (11)$$

missä CT = 1, jos puu kasvaa kuivien kankaiden boniteetilla
= 0, muulloin.

43. Oksamassa

Muutettaessa oksien tuoremassoja kuivamassoiksi oli keskimääräinen muutossuhde 0,44 ja hajonta 0,05. Minimissään suhde oli 0,23 ja maksimissaan 0,67. Oksamassa vaihteli aineistossa 300 grammasta 147,55 kilogrammaan, keskimääräinen oksamassa oli 24,5 kilogrammaa. Sekä oksien tuore- että kuivamassa korreloivat voimakkaasti puun rinnankorkeusläpimitan kanssa Riippuvuus on selvästi epälineaarista, kuivamassan kohdalla vielä enemmän kuin tuoremassan. Läpimitan ja kuivamassan riippuvuus on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Oksamassan ja puun läpimitan välinen välinen suhde. Kuvaan piirretty viiva on Hakkilan (1970) tutkimuksesta.

Oksamassaa verrattiin järeiden runkojen kohdalla Hakkilan (1970) laskemiin arvoihin. Hakkilan tutkimuksen mukainen rinnankorkeusläpimitan ja oksien kuivamassan välinen suhde on kuvassa 6 piirretty yhtenäisellä viivalla havaintojoukkoon. Hakkilan (1970) tutkimuksessa puut jaettiin kolmeen oksaisuusluokkaan, joista tässä yhteydessä on verrattu keskimmäistä luokkaa.

Myös muut puun ulkoiset tunnuksset, kuten latvusraja, pituus, latvuksen pituus ja puun ikä korreloivat puun oksamassan kanssa, mutta riippuvuus ei ole niin suurta kuin rinnankorkeusläpimitan kohdalla. Esimerkiksi puun iän ja oksamassan korrelaatioon vaikuttavat aineistossa olevat hyvin vanhat, huonolla kasvupaikalla kasvaneet pienet puut.

Korrelaatiokuvien ja korrelaatiomatriisin avulla laadituista regressiomalleista kokonaisoksamassaa selitti parhaiten seuraava malli:

$$\ln m_o = a_0 + a_1 * \ln(d) + a_2 * \ln(h) + a_3 * d^2 + a_4 * (h-h_e). \quad (12)$$

Jos malli esitetään aritmeettisena kertoimien kanssa saadaan seuraava yhtälö:

$$m_o = \exp[-3,0599 + 3,1287*\ln(d) - 1,3936*\ln(h) - 0,0005298*d^2 + 0,1162*(h-h_e)]. \quad (13)$$

Mallin voimakkain selittäjä oli puun rinnankorkeusläpimitta, mutta myös puun pituudella oli suuri selityskyky. Mallin selitysaste oli 94,7 % ja keskivirhe 0,303. Tarkasteltaessa mallin residuaaleja ennustetun oksamassan ja eri muuttujien suhteen havaittiin, että tulosten tarkkuus heikkenee aineiston suurissa puissa, joissa massan määrä vaihteli suuresti.

Mallilla 13 laskettiin myös Hytösen (1987) tutkimuksessa määritettyjen koealakoh- taisten keskimääräisten puiden massoja. Tulokset ovat taulukossa 2. Mallilla 13 lasketut tulokset kävivät isojen puiden osalta erittäin hyvin yhteen Hytösen saamiin tuloksiin.

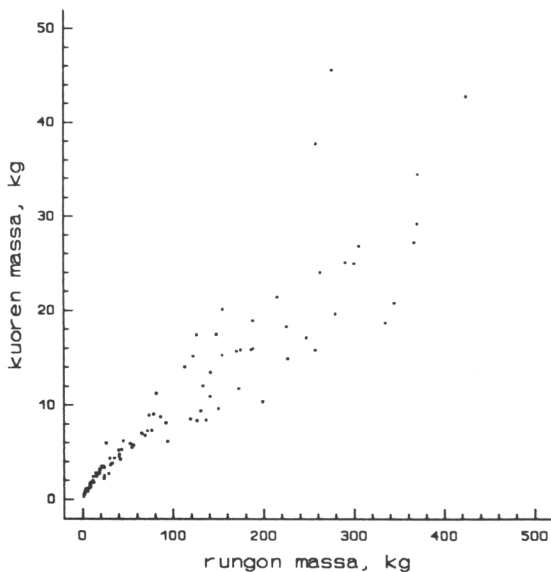
Taulukko 2. Mallilla 13 lasketun oksamassan vertaaminen Hytösen (1987) tuloksiin (m_{o1} = Hytösen laskema oksamassa, m_{o2} = oksamassa mallilla 13).

Koeala	d	h	h_e	m_{o1}	m_{o2}
1	23,5	19,6	11,2	28,62	28,63
2	28,7	20,8	12,2	43,69	43,66
3	12,7	9,0	2,7	10,93	11,90
4	10,5	8,0	2,2	8,10	7,50
5	5,7	4,5	0,8	3,04	2,02

44. Puun eri osien massojen suhteet

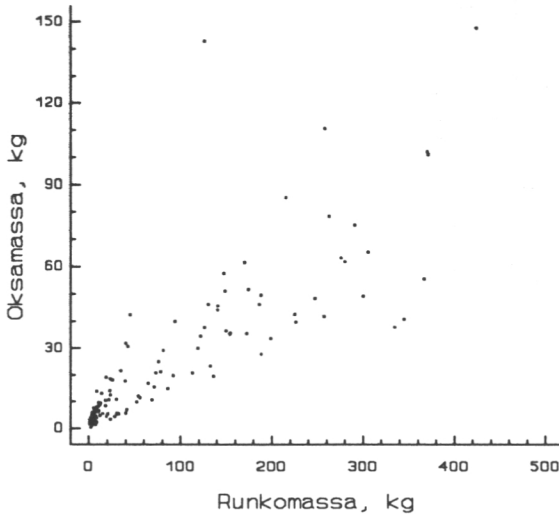
Hakkila (1979) on esittänyt taulukot rungon puuaineen ja kuoren yhteiselle kuivamassalle. Taulukot ovat puulajikohtaisia ja niissä on selittäjinä joko d ja h tai d , d_6 ja h . Liitteessä 3 on esitetty tämän tutkimuksen aineistolla lasketut taulukot. Liitteessä massat on esitetty läpimitan ja pituuden funktiona. Tulokset on saatu käyttämällä kutakin läpimita- pituusyhdistelmää selittäjinä yhtälössä 8. Runko- ja kuorimassamallien antamat tulokset on summattu yhteen. Ennen summausta runkopuun massassa on sisäoksien vaikutus otettu huomioon kertomalla mallin antama tulos 1,01:llä (ks. Hakkila 1979).

Liitteessä 3 esitetyt rungon kuivamassat ovat jonkin verran suurempia kuin Hakkilan (1979) esittämät luvut. Ero johtunee aineistojen edustavuudesta - tämän tutkimuksen aineisto on kerätty ainoastaan eteläisestä Suomesta kun taas Hakkilan aineisto edusti koko Suomea. Hakkilan (1979) mukaan eteläisessä Suomessa puuaineen tiheys on noin 8 % suurempi kuin koko maassa keskimäärin.



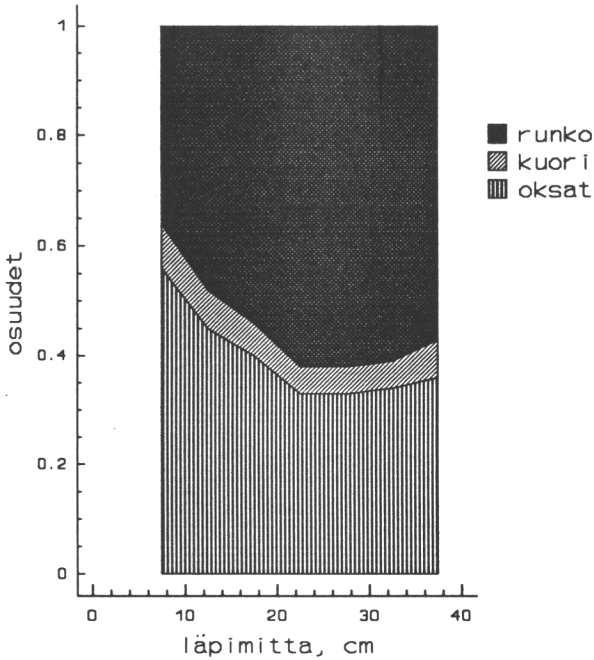
Kuva 7. Runkopuun ja rungon kuoren massan välinen riippuvuus

Kuvissa 7 ja 8 on tarkasteltu runkopuun, rungon kuoren ja oksien massojen suhteita havaintoaineistossa. Kuvassa 9 on esitetty eri osien massojen suhteelliset osuudet läpimitan funktiona. Osuudet on laskettu keskiarvoina viiden cm:n läpimittaluokissa - viimeinen havainto on läpimittaa 35 cm suuremmat puut.



Kuva 8. Runkopuun massan ja oksamassan välinen riippuvuus.

Koko aineistossa oli oksa- ja runkopuun välinen suhde keskimäärin 0,436. Vastaavasti Kellomäen (1988) tutkimuksessa saatiin nuorten mäntyjen kohdalla suhteeksi mustikkatyypillä 0,644 ja puolukkatyypillä 0,576. Oksa- ja runkomassan välinen suhde vaihteli suuresti puun koon mukaan. Aineiston pienimmissä puissa oli oksamassa jopa yli puolitoistakertaa suurempi kuin runkomassa, kun taas suuremmissa puissa oli oksamassaa minimissään vain noin kymmenesosa runkomassasta.



Kuva 9. Eri massaositteiden suhteelliset osuudet rinnankorkeusläpimitan funktiona.

Tutkimuksessa laadittiin malli myös puun maanpäällisten osien massojen summalle. Parhaaksi havaittiin yhtälö.

$$\ln(m_t) = a_0 + a_1 \cdot \ln(d) + a_2 \cdot h + a_3 \cdot d^2 + a_4 \cdot \ln(h_e) + a_5 \cdot h \quad (14)$$

Aritmeettiseen skaalaan muutettuna ja harhattomuuskorjaus huomioonottaen saadaan yhtälö:

$$m_t = -2,649 + 2,127 \cdot \ln(d) + 0,117 \cdot h - 0,000202 \cdot d^2 - 0,1496 \cdot \ln(h_e) - 0,00163 \cdot h^2. \quad (15)$$

Mallin selitysaste oli 98,8 % ja keskivirhe 0,1579.

5. TULOSTEN TARKASTELU

51. Kuivamassojen laskennan virhelähteet

Rungon kuivamassa laskettiin viideltä eri korkeudelta otetun tiheysnäytteen avulla. Otoks oli korkeuden suhteen systemaattinen, joten on mahdollista, että otoksen perusteella laskettu tiheyden estimaatti on harhainen. Säteen suunnassa näyte jaettiin kahden cm:n pituisiin osiin, ja kustakin osasta määritettiin tiheys erikseen. Osien tiheyttä painotettiin sen mukaan, kuinka suurta osaa näytteen ottamiskohta edusti rungon poikkileikkauksesta kyseisellä korkeudella. Näin korjattiin virhettä, joka aiheutui siitä, että kussakin poikkileikkauksessa ytimen lähellä olevasta osasta tuli yhtä suuri näyte kuin poikkileikkauksen ulkokehällä olevista osista. Muutaman kiekon avulla tarkastettiin, muuttuuko keskimääräinen tiheys, jos kunkin korkeuden näyte jaetaan kahden cm:n pätkien sijasta yhden cm:n pätkiin. Tulos oli, että laskettu kiekon keskimääräinen tiheys ei muuttunut.

Kuoren kuivamassojen määrittäminen perustui myös systemaattiseen otokseen rungon eri korkeuksilta. Systemaattisuudesta aiheutunut harha lienee kuitenkin olematon, sillä näytteistä saadut havainnot tasoitettiin koko runkoa koskeviksi splinifunktioiden avulla. Näytteitä otettaessa osa kuoresta on voinut karista ennen kiekon kuorimista. Tästä aiheutuvaa massan aliarviointia pyrittiin välttämään tarkastamalla maastossa, että näytteen ottamiskohdissa runko ei ollut kolhiutunut kaadettaessa.

Oksamassan laskeminen perustui kymmeneen koeoksaan, jotka oli valittu systemaattisesti. Tällöin oksat eivät välttämättä kuvaa edustavasti puun oksien kokojakaumaa. Toisaalta on vaikea saada otoksen perusteella parempaakaan kuvaa latvuksen oksista. Koeoksien edustavuuden lisäksi vaikuttaa oksamassan laskemiseen se, kuinka tarkat mallit pystytään laatimaan koe- ja lukuoksien välille.

Yleistettäessä koeoksien massatietoja lukuoksille käytettiin tavallista pienimmän neliösumman regressioanalyysiä, joka olettaa, että havainnot ovat toisistaan riippumattomia. Aineiston hierarkkisesta luonteesta johtuen ei näin ole, vaan

havainnot ovat korreloituneet niin yhden puun kuin koealankin sisällä. Havaintojen korreloituneisuuden aiheuttamista ongelmista olisi päästy eroon käyttämällä oksakohtaisten regressiomallien laadinnassa lineaarista sekamallitekniikkaa, joka olettaa havaintojen olevan korreloituneita (Searle 1987).

Oksamassan laskennassa aiheutti ongelmia puu, jonka läpimitta oli 32,4 cm ja pituus 11,4 m. Kyseiselle puulle täytyi oksamassa laskea lineaarisella mallilla, koska logaritmisella mallilla saatiin selvästi liian suuri oksamassa. Lineaarisella mallillakin saatiin kyseiselle puulle oksamassaa yli 140 kilogrammaa, mikä näkyy useissa kuvissa selvästi poikkeavana havaintona (esim. kuva 6).

Muutettaessa tuoremassoja kuivamassoiksi laskettiin koealakohtaiset keskimääräiset suhteet, jotka eivät pidä täysin paikkaansa puukohtaisesti. Toisaalta havaintoja on puukohtaisesti niin vähän, että tuore- ja kuivamassan suhteen määrittäminen pelkästään kolmen havainnon perusteella olisi voinut johtaa suurempaan virheeseen.

Tässä tutkimuksessa ei oksamassaa jaettu erikseen neulasiin ja oksapuuhun, sillä neulasten osuus oli määritetty ainoastaan oksanäytteistä. Neulasmassan määrittäminen oksanäytteiden avulla olisi ollut epätarkkaa ja perustunut puukohtaisesti ainoastaan kolmeen oksanäytteeseen, joissa neulasten osuus vaihtelee hyvinkin suuresti.

52. Massamallien estimaattien summaaminen

Tutkimuksessa laadittiin erilliset mallit runkopuun, kuoren ja oksien kuivamassan estimoimiseksi. Lisäksi laadittiin yhtälö puun koko maanpäällisen osan massan estimoimiseksi. Koska eri komponenttien yhtälöiden kerroinestimaatit ja residuaalit eivät ole korreloimattomia, eri komponenttien mallien estimaattien summasta ei saada samaa tulosta kuin koko massaa estimoivalla mallilla (Cunia & Briggs 1984). Eron merkitsevyyden tarkastelemiseksi laskettiin aineiston puille kokonaisuudessaan

sekä osamallien (yhtälöt 8, 10 ja 13) summan avulla sekä summamallin (yhtälö 15) avulla. Keskimääräiseksi eroksi saatiin 0,58 kg (0,4 % kuivamassojen keskiarvosta), eron keskihajonnaksi 6,82 kg (5,1 % massojen keskiarvosta) ja suurimmaksi poikkeamaksi 35,68 kg. Systemaattista eroa ei ole, mutta yksittäisillä puilla ero voi olla huomattava.

Cunian ja Briggsin (1984) tutkimuksessa esiteltiin kolme menetelmää vaahteran eri massakomponenttien yhteensopivuuden parantamiseksi. Ensiksi laskettiin toisaalta eri massakomponenteille (runko, kuori, oksat ja lehdet) ja toisaalta kokonaismassalle regressiomallit erikseen. Jokaisessa mallissa oli samat selittävät muuttujat, puun rinnankorkeusläpimitta ja sen neliö.

Ensimmäisessä menetelmässä kokonaismassan additiivisuus aikaansaatiin summaamalla eri osien mallien kertoimet kokonaismassan malliin. Toisessa menetelmässä käytettiin puolestaan erikseen estimoitua kokonaismassan mallia, jonka kertoimiin sovitettiin eri osien massamallit. Näiden kahden yksinkertaisen menetelmän etuna on se, että kokonais- ja eri osien massat vastaavat toisiaan, mutta toisaalta näissä menetelmissä ei valita tilastollisesti parhaita malleja.

Kolmannessa menetelmässä massakomponenttien ja kokonaismassan mallit ratkaistiin yhdessä. Osamalleista ja kokonaismalleista tehtiin lineaarinen yhtälöryhmä, joka ratkaistiin tavanomaisella pienimmän neliösumman menetelmällä. Osamallien ja kokonaismallin parametrien välille asetettiin side-ehdot takaamaan osamallien additiivisuus. Cunian ja Briggsin (1984) tutkimuksessa suositeltiin käytettäväksi tätä kolmatta menetelmää, vaikka se onkin tilastollisesti monimutkaisin ja vaativin.

53. Tutkimushankkeen tulevaisuus

Tässä yhteydessä julkaistut tulokset on laskettu alueelta, joka kattaa vain osan Suomesta. Aineiston keruun jatkuessa voidaan laskea alueellisesti kattavampia tuloksia. Aineiston koon kasvaessa kuivamassamallit laaditaan myös kuuselle ja koivulle.

Tässä tutkimuksessa esitetyllä tavalla laaditut kuivamassamallit antavat koko rungon tai latvuksen massan puuta kuvaavien tunnusten funktiona. Mikäli esimerkiksi rungon kuivamassaa halutaan laskea eri osissa runkoa (esimerkiksi kuituosan kuivamassa) on mallitettava puuaineen tiheysvaihtelu rungon sisällä. Tällaista tiheysmallia laaditaan VAPU-aineistosta Joensuun Yliopistossa ja saatava malli korvannee osittain tässä esitetyt kuivamassamallit.

KIRJALLISUUS

- Albrektson, A. 1980. Tallens biomassa. Storlek - utveckling - uppskattningsmetoder. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel rapporter nr. 2:1-189.
- 1984. Sapwood basal area and needle mass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees in Central Sweden. *Forestry* 57 (1).
- , Valinger, E. & Jonsson, C. 1984. Några funktioner för bestämning av tallars biomassa i Södra Norrland. *Sveriges skogsförbunds tidskrift* 6: 5-11.
- Brakke, F.H. 1986. Distribution and yield of biomass from young *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands on drained and fertilized peatland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(1):49-66.
- Cerny, M. 1990. Biomass of *Picea Abies* (L.) Karst. in Midwestern Bohemia. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5(1):83-95.
- Cunia, T. & Briggs, R.D. 1984. Forcing additivity of biomass tables: some empirical results. *Canadian Journal of Forest Research* 14:376-384.
- Ek, A.R. 1979. A model for estimating branch weight and branch leaf weight in biomass studies. *Forest Science* 25(2):303-306.
- Finer, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. *Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica* 208. 63 s.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(5):1-98.
- 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. *Lyhennelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.* 66(8):1-60.
- 1970. 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):1-37.
- 1971. Coniferous branches as a raw material source. A sub-project of the joint Nordic research programme for the utilization of logging residues. *Seloste:*

- Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. Yhteispohjoismaisen hakkuu tähdeprojehtin alaprojekti. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 75(1):1-60.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(3):1-59.
- 1989. Utilization of Residual Forest Biomass. Springer series in Wood Science. 568 s.
- Hytönen, K. 1987. Oksabiomassan määrä ja kasvu kolmessa eri ikäisessä männikössä. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuu. 45 s.
- Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1988. Männyn laatukasvatus: tutkimushankkeen loppuraportti. Summary: Management of Scots pine for high quality timber: final report of the study report. 140 s.
- Kendall-Snell, J.A. & Brown, J.K. 1978. Comparison of tree biomass estimators - DBH and sapwood area. *Forest Science* 24(4):455-457.
- Kärkkäinen, M. 1976. Havutukkien kuoren tiheys ja kosteus. Summary: Density and moisture content of bark in pine and spruce logs. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 87(5):1-24.
- Madgwick, H.A.I. & Jackson, D.S. 1974. Estimating crown weights of *Pinus radiata* from branch variables. *New Zealand Journal of Forest Science* 4:520-528.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 85(5):1-87.
- Päivinen, R. 1978. Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. *Folia Forestalia* 353.
- Satoo, T. & Madgwick, H.A.I. 1982. Forest biomass. Nijhoff. Hague. 152 s.
- Searle, S. 1987. Linear models for unbalanced data.
- Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K. & Kira, T. 1964. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory I. Basic analysis. *Japan Journal of Ecology* 14:97-105.

Uusvaara, O. & Pekkala, O. 1979. Eräiden ulkomaisten ja kotimaisten puulajien puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Summary: Technical properties of the wood and pulp of certain foreign and uncommon native tree species. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 96(2):1-59.

Whittaker, R.H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch population. *Ecology* 46(3): 365-370.

LIITE 1: VALTAKUNNALLISEN PUUTUTKIMUKSEN (VAPU) MAASTO- JA LABORATORIOMITTAUSOHJEET

MAASTOTYÖOHJEET

Yleistä

Koealat on valittu VMI8:n valtion ja yhteisöjen maille sattuneista koealoista. Koeala etsitään kartan avulla ja VMI8:n lomakkeiden avulla tarkastetaan, että ollaan oikealla koealalla. Seuraavaksi etsitään kaatokoepuut myöhempänä olevien ohjeiden mukaisesti. Jollei koealalta tule kaadettavia puita, siirretään koealan paikkaa 10 m etelään ja katsotaan tuleeko mitattavia koepuita. Jollei vielääkään tule mitattavia puita, kokeillaan siirtää koealan paikka 10 m myös muiden pääilmansuuntien suunnassa. Jos koealalta tulee VAPU -kaatokoepuita, aloitetaan mittaukset. Mittauksia tehdään kolmella tasolla:

- 1) kuviot/koealat
- 2) pystykoepuut
- 3) kaatokoepuut.

Kuvio- ja koealatiedot

Koealoja perustetaan vain metsä- ja kitumaalle. Ryhmänjohtaja tarkistaa VMI:ssä kyseiseltä koealalta kirjoitetun kuviorivin ja merkitsee lomakkeelle muutokset. Lisäksi kuvataan koealan topografia samalla tavalla kuin VMI8:n pysyvillä koealoilla. Topografiaa kuvaavat muuttujat ovat seuraavat.

- a) Kaltevuuden suunta, joka osoittaa pää- tai väli-ilmansuunnan, jota kohti rinteessä maastossa todettu yleinen kaltevuussuunta viettää.
- b) Kaltevuus, joka mitataan korkeuserona 20 metrin matkalla kaltevuuden suunnassa.
- c) Topografinen asema. Koeala luokitellaan sijaintinsa mukaan johonkin seuraavista topografisista luokista: tasamaa tai loiva rinne, rinne, mäen laki ja rinteessä yläreuna, sekä laakso.

Edellä lueteltujen VMI-muuttujien lisäksi mitataan puuston pohjapinta-ala ja valtapituus kuviolla.

Pystykoepuut

Kaatokoepuiden valinnan jälkeen (selitetty myöhemmin) mitataan pystykoepuut koealan keskipisteen ympäriltä säteellä, jonka pituus on kauimmaisen kaatokoepuun etäisyys keskipisteestä + kaksi metriä, kuitenkin vähintään 5 metriä. Ainoastaan puut, jotka ovat rinnankorkeudeltaan vähintään yksi cm, otetaan lukuun. Alle 2 cm:n läpimittaiset puut luetaan vain, jos ne sijaitsevat alle metrin päässä koealan keskipisteestä.

Luetuista puista kirjataan lomakkeelle seuraavat tunnuksot (tarkemmat muuttujien kuvaukset ohjeet esim. VMI8:n ohjeessa):

1. Etäisyys koealan keskipisteestä, cm.
2. Suunta - " -
3. Puulaji.
4. Rinnankorkeusläpimitta kohtisuoraan koealan sädettä vastaan.
5. Syntytyapa.
6. Pituus, dm.
7. Latvusrajan korkeus, dm.
8. Puussa näkyvät tuhot.
9. Puun numero VMI:n koepuulomakkeella.

Pystykoepuihin kiinnitetään mittausten yhteydessä numerolaput ja joka neljänestä yli viiden cm:n läpimittaisesta männystä, kuusesta tai koivusta kairataan ytimeen saakka ulottuva ikänäyte rinnankorkeudelta. Ensimmäinen kairattava puu on pieninumeroisin mainitut ehdot täyttävä puu.

Lisäksi koealalla mitataan yli viiden cm:n läpimittaiset kannot vastaavan suuruiselta koealalta kuin pystykoepuut. Kannoista mitataan puulaji, kaatohetki, etäisyys, suunta ja läpimitta.

Kaatokoepuiden valinta

Kaatokoepuiksi kelpaavat yli viiden cm:n läpimittaiset haaroittumattomat (puu on haaroittunut, jos se jakautuu alle 70 %:n korkeudella kahteen haaraan, joista ohuempi on läpimitaltaan vähintään 50 % paksummasta) elävät männyt, kuuset ja koivut (valinnassa hies- ja rauduskoivua käsitellään yhtenä puulajina). Kaadettava puu saa olla korkeintaan 10 m:n päässä keskipisteestä. Jos kaatokoepuu joudutaan hylkäämään haaroittumisen takia, merkitään siitä tieto puidenlukulomakkeelle.

Kaatokoepuiksi valitaan ensisijaisesti vallitsevan jakson puita (ks. VMI8:n ohjeet). Ensimmäiset kaadettavat puut ovat kolme saman puulajin vallitsevan jakson puuta, jotka ovat lähimpänä koealan keskipistettä. Seuraaviksi kaadettaviksi valitaan seuraavaksi lähinnä koealan keskipistettä olevat kolme jonkin muun puulajin vallitsevan jakson puuta. Muuhun kuin vallitsevaan jaksoon kuuluvia puita valitaan kaatokoepuiksi vain sellaisessa tapauksessa, ettei koealalta muuten tule kuutta (tai edes kolmea) kaatokoepuuta.

Jos kaatokoepuita tulisi koealalta vain kolme (koealalla riittävästi vain yhden puulajin yhteen jaksoon kuuluvia puita), tarkistetaan onko koealan keskipisteestä 10 m:n säteellä useampia ko. puulajin ko. jaksoon kuuluvia puita. Mikäli kuvatonlaisia puita on neljä, valitaan neljä kaatokoepuuta, ja mikäli puita on viisi tai enemmän, valitaan viisi lähintä puuta kaadettaviksi. Näillä ohjeilla koealalta voi tulla kaadettavaksi kolmesta kuuteen puuta.

Koepuun kaataminen

Ennen puun kaatoa merkitään runkoon 1,3 m:n korkeus maanpinnasta ja suunta koealan keskipisteeseen sekä suunta pohjoiseen. Kaatoleikkaus on tehtävä mahdollisimman alas.

Kaatokoepuusta mitataan ennen kaatoa aiemmin lueteltujen pystykoepuumuttujien lisäksi kantoläpimitta ylimmän kaatoa haittaavan juurenniskan tai milloin sellaista ei ole, oletetun kaatoleikkauksen kohdalta kahdessa suunnassa.

Kaatokoepuun mittaaminen

Oksamittaukset

Oksamittaukset vaihtelevat puulajin mukaan. Seuraavat säännöt pätevät kuitenkin kaikille puulajeille:

- 1) Oksien luvun yhteydessä niistä merkitään lomakkeelle etäisyys maasta, läpimitta ja oksan laatu.
- 2) Jos koeoksaksi sattuva oksa on kaadettaessa katkeillut niin, ettei kaikkia osia kohtuullisella vaivalla löydy, valitaan koeoksaksi seuraava oksa.
- 3) Lomakkeille merkitään sisämittauksiin lähetettävistä näytteistä nettopainot = painot ilman pakkauspussia.
- 4) Niistä koeoksista, joista ei oteta näytteitä, sahataan tyveltä n. 2 cm:n kiekko. Kiekkoon merkitään latvan suunta.

Seuraavassa on kuvattu oksista tehtävät mittaukset puulajeittain.

A. Mänty

Oksien luku

Oksia luettaessa läpimitan ja etäisyyden lisäksi lomakkeelle merkitään oksakiehurun järjestysnumero, joten oksien luku on aloitettava latvasta. Rungon yli 15 cm:n läpimittaisesta osasta tarkistetaan kuolleista oksista, ovatko ne kuivia vai tuoreita. Oksa katsotaan kuivaksi, jos pinnanmyötäisesti karsittuna sen piiristä yli puolet on irti rungon puuaineesta. Oksa merkitään lahoksi, jos siinä on lahoa pinnanmyötäisen karsinnan jälkeen.

Oksan laadun merkitsemisessä käytetään seuraavia koodeja:

- 1 = elävä
- 2 = kuollut tuore
- 3 = kuollut kuiva
- 4 = laho
- 5 = elävä pystyoksa
- 6 = kuollut tuore pystyoksa
- 7 = kuollut kuiva pystyoksa
- 8 = laho pystyoksa.

Rungon alle 15 cm:n läpimittaisella osalla kaikki kuolleet oksat merkitään koodilla 2 (tai pystyoksat koodilla 6).

Koeoksien poiminta

Oksien luvun jälkeen elävien oksien lukumäärä jaetaan kymmenellä (merkitään osamäärä k:ksi). Satunnaislukutaulukosta valitaan kokonaisluku väliltä 1 - k ja luvun osoittama oksa on ensimmäinen koeoksa. Seuraavan koeoksan numero on ensimmäisen koeoksan numero + k jne.

Koeoksien mittaus

Koeoksa etsitään läpimitta- ja etäisyystietojen avulla. Oksasta mitataan läpimitta ensimmäisen läpimittamittauksen kanssa ristikkäiseen suuntaan, oksan lähtökulma, oksan pituus ja ilmansuunta, jolla puolella runkoa oksa on. Oksa irroitetaan rungosta, ja mikäli oksan neulasettoman osan pituus on yli 20 cm, oksan neulaselliset versot erotetaan neulasettomista versoista. Oksan neulasettoman osan kokonaisuudessa ja neulasellisten versojen kokonaisuudessa punnitaan.

Toisesta, viidennestä ja kahdeksannesta oksasta otetaan näytteet kuivamassan määrittystä varten. Mikäli oksa on alle 200 g:n painoinen, se lähetetään kokonaisuudessaan sisämittauksiin (erottaen neulaseton osa, jos se on yli 20 cm). Jos oksa painaa yli 200 g ja siinä on alle 20 cm neulasetonta osaa (eli neulasetonta osaa ei eroteta), siitä lähetetään sisämittauksiin kaksi 20 cm näytepalaa, jotka on erotettu oksan puolikkaiden keskeltä.

Jos neulaseton osa on erotettu, otetaan siitä puolikkaiden keskeltä 20 cm:n pituiset näytepätkät, jotka punnitaan yhdessä. Neulasellisesta osasta otetaan näytteeksi samoin kaksi 20 cm:n pätkää sivuoksiin - yksi kummankin puolikkaan keskiväliltä. Jos neulaseton osa on alle 80 cm pitkä, näytteeksi riittää yksi keskeltä otettu 20 cm:n pätkä. Näyteokseista merkitään lomakkeelle samat kokonaisuudet kuin muista koeoksista. Lisäksi punnitaan näytteiden massat.

B. Kuusi

Oksien luku

Alle 10 m pitkistä kuusista mitataan kaikkien oksien etäisyys maasta ja läpimitta. Vähintään 10 m:n puista mitataan vain ne oksat, jotka ovat parillisilla metreillä (etäisyys maasta 0 - 99 cm, 200 - 299 cm jne). Oksien laatu luokitellaan kuten männillä.

Koeoksien poiminta

Jotta koeoksiksi ei tulisi liikaa pieniä välioksia, valitaan koeoksat läpimitan mukaan. Oksien luvun yhteydessä lasketaan kullekin oksalle läpimittojen kertymä. Viimeisen oksan kohdalla oleva kertymä (kaikkien oksien läpimittojen summa) jaetaan kymmenellä (merkitään osamäärä k:ksi).

Satunnaislukutaulukosta valitaan kokonaisluku väliltä 1 - k ja ensimmäinen sellainen oksa, jonka kohdalla läpimittojen kertymä on vähintään saatu satunnaisluku, valitaan ensimmäiseksi koeoksaksi. Seuraava koeoksa on ensimmäinen sellainen oksa, jonka kohdalla kertymä on vähintään ensimmäisessä vaiheessa saatu satunnaisluku + k jne.

Koeoksien mittaukset ja näytteiden otto tehdään kuten männyllä.

C. Koivut Oksien luku

Jokaisen oksan läpimitta, laatu ja etäisyys tyvestä mitataan. Kuolleista (=lehdettomista) oksista ei tarvitse määrittää, onko oksa kuiva vai tuore, vaan kaikki kuolleet oksat merkitään koodilla 2 (pystytokset koodilla 6). Koeokset valitaan kuten männyllä.

Koeoksien mittaus

Koeoksa etsitään etäisyys- ja läpimittatietojen avulla ja oksasta mitataan samat tiedot kuin männyllä. Koeoksa irroitetaan rungosta. Toisesta, viidennestä ja kahdeksannesta koeoksasta lähetetään näytteet sisämittauksiin. Jos oksa on alle metrin mittainen, se otetaan näytteeksi kokonaisuudessaan. Isommista oksista näytteeksi otetaan kaksi n. 40 cm:n näytepalaa oksan puolikkaiden keskeltä. Näytteen kokonaisuudessa punnitaan.

Neulaskertojen mittaus

Neulaskertojen määrää arvioidaan havupuista kahdella tavalla. Ensimmäisessä menetelmässä neulasten eloonjäämisprosentti arvioidaan kaadetusta puusta ylhäältä lukien viidennentoista oksakiehkuran oksista. Ko. kiehkuran kahdesta oksasta, koealan keskipisteeseen lähinnä osoittavasta ja tämän vastapuoleisesta, arvioidaan oksan kärjestä lähtien oksan pääangan versossa kiinni olevien neulasten osuus siinä joskus olleiden neulasten määrästä (joka on laskettavista pudonneiden neulasten jättämistä 'arvista'). Arviointi tehdään kunkin vuoden versosta erikseen niin pitkälle kunnes vastaan tulee pelkkiä neulasettomia versoja.

Mikäli puussa ei ole 15 elävää oksakiehkuraa, lasketaan neulasia alimmasta oksakiehkurasta. Jos 15:nnessä oksakiehkurassa on oksa, jossa on neulasia oksan vanhimmassakin versossa, jatketaan neulasten arviointia 16:nnessä oksakiehkuran oksien vanhimmista versoista ja edelleen 17:nnessä oksakiehkurasta, jos on tarpeen. Määritettäessä 15:ttä oksakiehkuraa ei oteta huomioon arviointikesänä kasvanutta oksakiehkuraa. Vastaavasti neulasten eloonjäämisosuutta ei arvioida arviointikesän versoista.

Toisessa neulaskertojen arviointimenetelmässä arvioidaan ensin edellisenä kesänä syntyneen kiehkuran kahdesta oksasta (jotka valitaan kuten edellä) neulasten eloonjäämisprosentti oksan vanhimmassa (=lähinnä runkoa olevassa) kasvaimessa.

Neulaskerrat arvioidaan samalla tavalla vanhemmista kiehkuroista, kunnes vastaan tule kohta, josta eteenpäin kaikki kustakin kiehkurasta valituksi tulevat oksat ovat vanhimman kasvaimensa osalta neulasettomia.

Lomakkeelle merkitään puun tunnistetiedot, oksakiehkuran ikä (menetelmässä 1 yleensä 15, menetelmässä 2 merkitään 0), oksan suunta (1, jos koealan keskipisteen puoleinen oksa; 2, jos vastakkainen), ja neulasten eloonjäämisosuus seuraavin koodein:

0 = 0 - 5 % neulasista elossa

1 = 6 - 25 % - " -

2 = 26 - 50 % - " -

3 = 51 - 75 % - " -

4 = 76 - 95 % - " -

5 = 96 - 100 % - " -

Pituuskasvun mittaaminen

Männyllä ja kuusella mitataan latvasta mittauskesän ja 10 sitä edeltäneen kasvukauden pituuskasvut. Jos pituuskasvujen määrittäminen oksien avulla on epävarmaa, tehdään lisäksi riittävä määrä ikäkairauksia. Kun kaikki pituuskasvut on mitattu, tarkistetaan aina rungon ikä mittausten päättymiskohdasta.

Rungon teknisen laadun mittaaminen

Rungon teknistä laatua kuvataan apteeraamalla puu ns. Järvi-Suomen laatuvaatimuksilla. Jokaisesta apteeratusta tukista tai raakkiosasta merkitään lomakkeelle pituus ja laatuluokka seuraavien koodien mukaisesti (kuusitukkeja ei luokitella laadun mukaan):

1 = laatuluokka I

2 = - " - II

3 = - " - III

4 = tyveys tai leikko

5 = välivähennys (vain lehtipuilla)

Puun teknistä laatua kuvataan lisäksi merkitsemällä lomakkeelle kaikki tekniseen laatuun vaikuttavat viat (oksaisuutta lukuunottamatta). Viat kirjataan vain rungon yli 15 cm paksulta osalta. Mitattavat muuttujat ovat:

A. Vian laatu seuraavin koodein:

1 = pystyoksa

2 = haara

3 = mutka

4 = lenkous (vain puista, joiden d on vähintään 15 cm)

5 = koro tai haava

- 6 = kova laho tai koivulla värillinen puu
 7 = pehmeä laho
 8 = monivääryys
 9 = muu

Koodi 8 (monivääryys) kirjataan silloin, kun rungossa on havaittavissa samassa kohdin eri suuntaisia lenkouksia tai mutkia, jotka yhdessä tekevät rungon ko. kohdan raakiksi. On huomattava, että samassa kohdassa voi muulloinkin olla useampi kuin yksi vika; esimerkiksi pystyoksaan liittyy usein mutka.

B. Vian alkamiskohta (maanpinnan tasosta mitattuna). Tyvimutkan ja tyvilahon tapauksessa alkamiskorkeus on nolla.

C. Vian päättymiskohta (maanpinnan tasosta mitattuna).

D. Vian aste, joka haaroittumisen tapauksessa on luku, joka ilmoittaa, kuinka monta kymmenystä ohuemman haaran läpimitta on paksumman haaran läpimitasta. Mutkan tapauksessa vian aste on mutkan alkamis- ja päättymiskohdan välille pingoitettun langan poikkeama rungosta mutkan suurimmalla kohdalla.

Lenkouden aste mitataan useilla mittauksilla. Kaikissa mittauksissa lenkouden alkamiskohtana pidetään puun kaatokohtaa. Päättymiskohtana on ensin 4 m:n korkeus, sitten 6 metrin korkeus jne., kunnes lenkous ei muutu tai rungon läpimitta alittaa 15 cm. Muilta osin lenkouden aste mitataan samalla tavoin kuin mutkan aste.

Monivääryyden tapauksessa ei mutkan tai lenkouden suuruutta tarvitse mitata. Koron tai haavan tapauksessa vian aste on luku, joka ilmoittaa, kuinka monta kymmenettä osaa rungon piiristä koro tai haava leveimmällä kohdallaan on. Kun vika on lahoa, tulee tähän kohtaan nolla.

Rungon läpimitat

Rungosta mitataan läpimitat kahdessa suunnassa (koealan säteen suunnassa ja sitä vastaan kohtisuoraan) 1,3 ja 6 m:n vakiokorkeuksilta (maanpinnan tasosta mitattuna) sekä seuraavilta suhteellisilta korkeuksilta: 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 85, 90, 95 %. Suhteelliset korkeudet määritetään maanpinnan tasosta puun latvaan ulottuvalta osalta. Läpimitan mittaamiseksi runko katkaistaan ko. kohdalta ja mitataan ensin kuorellinen läpimitta, jonka jälkeen rungosta poistetaan kuori mittauskohdista ja mitataan kuoreton läpimitta.

Edellä lueteltujen läpimittojen lisäksi rungosta mitataan kuorelliset läpimitat elävän latvuksen alkamiskorkeudella kahdessa suunnassa.

Kasvunäytteet

Rungosta otetaan noin 3 cm:n paksuiset kasvunäytekiekot 1,3 ja 6 m:n korkeuksilta

sekä seuraavilta suhteellisilta korkeuksilta: 2,5, 7,5, 15, 30, 50, 70, 85 ja 95 %, mikäli ko. kohta on vähintään 20 cm:n päässä 1,3 ja 6 m:n kohdasta. Kiekot sahataan siten, että niiden alapinta tulee ko. kohtaan. Jos kiekko sattuisi oksan kohtaan, siirretään ottamiskohtaa lähimpään sopivaan paikkaan.

Ennen kiekkojen sahausta tulevaan kiekkoon merkitään koealan keskipisteen suunnan osoittava merkki. Mikäli kiekon halkaisija on yli 15 cm, otetaan kiekon sijasta vain noin 6 cm:n levyinen kaistale, josta pystytään mittaamaan kasvut koealan säteen suunnassa.

Havupuilla kasvunäytteisiin merkitään sydänpuun raja. Rajan löytämisessä on apuna ko. rungon kohdasta sahattu noin puolen cm:n paksuinen kiekko, josta sydänpuun raja löytyy valoa vasten katsomalla.

Koivuista otetaan pituuskasvujen määrittämiseksi latvasta lukien neljän metrin matkalta 2 - 3 cm:n kiekot 20 cm:n välein. Kiekot ympäröidään paperiteipillä, johon merkitään etäisyys latvasta ja nuoli, joka kertoo kumpaan kiekon pintaan etäisyys viittaa. Koska koivujen latvat viedään sisämittauksiin pituuskasvun määrittämiseksi, ei koivusta oteta niitä kasvunäytekiekkoja, jotka ovat puun viimeisellä 4 m:n osalla. Sen sijaan kuorelliset ja kuorettomat läpimitat mitataan, samoin otetaan kuori- ja tiheysnäytteet myös latvaosasta.

Lisäksi kaikista kaatokoepuista otetaan kannosta ikänäyte puun biologisen iän määrittämiseksi. Noin metrin päästä puun latvasta otetaan neulas/lehtinäyte ravinneanalyyseihin varten. Neulasnäytteet otetaan edellisen kesän neulasista. Jos puussa on käpyjä, lasketaan niiden lukumäärä.

Tiheysnäytteet

Rungosta otetaan noin 2,5 cm paksut tiheysnäytekiekot 5:n, 20:n, 40:n, 60:n ja 80:n prosenttien suhteellisilta korkeuksilta. Yli 15 cm:n läpimittaisista osista otetaan koko kiekon sijasta noin 4 cm leveä kaistale. Näyte ei saa osua oksaiseen kohtaan. Kiekkoihin merkitään koealan, puun ja kiekon numero sekä koealan keskipisteen suunta.

Kuorinäytteet

Koepuusta otetaan kuorinäytteet kasvunäytekiekoista lukuunottamatta 95 %:n korkeutta. Kuorikiekoista mitataan paksuus kahdesta kohdasta. Kiekot kuoritaan ja kuori lähetetään sisämittauksiin.

SISÄTYÖOHJEET

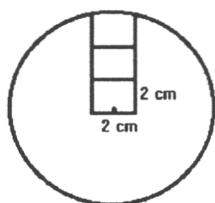
Oksanäytteet

Jokaisesta koeoksasta otettuja näytteitä käsitellään erikseen. Koivun oksanäytteistä irroitetaan ensimmäiseksi lehdet. Männyn ja kuusen neulaset voidaan erottaa joko ennen kuivausta tai kuivauksen jälkeen - yleensä neulaset irtoavat helpommin kuivauksen jälkeen.

Kuivatus tehdään paperipusseissa 105 asteen lämpötilassa kahden vuorokauden ajan. Neulaset/lehdet ja oksien rangat punnitaan erikseen.

Tiheysnäytteet

Maastossa tulevissa kiekkoissa tai kiekon osissa on merkitty koealan keskipisteen suunnan osoittava viiva. Kiekosta erotetaan merkistä ytimeen ulottuva 2 cm leveä kaistale. Kaistale jaetaan edelleen 2 cm pituisiin pätkiin - viimeinen pätkä jätetään joko 2 - 3 cm:iä tai 1 - 2 cm:iä pitkäksi, mutta ei alle 1 cm:seksi tai yli 3 cm:seksi. Jos kiekon halkaisija on alle 2 cm, kiekkoa käsitellään kokonaisena. Näytteiden ottoa kiekosta selventää oheinen kuva.



Näytepalat pidetään veteen upotettuna noin 3 vuorokautta. Imeytyistä näytteistä mitataan tilavuus upotusmenetelmällä seuraavasti:

- 1) vaa'an päälle asetetaan vesiastia ja vaaka taarataan nolnaan,
- 2) näyte kiinnitetään neulaan, joka on kiinnitetty poratelineeseen,
- 3) poratelineen avulla näyte upotetaan veden alle ja
- 4) vaa'an lukema kirjataan lomakkeelle.

Tiheysnäytteitä kuivataan 105 asteessa vähintään 2 vuorokautta. Näytteistä punnitaan kuivamassat.

Kasvunäytteet

Kasvunäytekiekoissa on koealan keskipisteen suunnan osoittava merkki. Ensiksi mitataan jokaisen luston paksuus ytimestä pintaan merkin osoittamassa suunnassa. Toinen mittaus tehdään ytimestä vastakkaiseen suuntaan. Molemmissa mittauksissa ensimmäinen "lusto" on ytimen keskipisteestä ytimen ulkopintaan ja vasta toinen mittaus on ensimmäinen varsinainen lusto. Viimeisenä lustona talletetaan aina mittauskesän kasvu. Lustoja mitattaessa näytettä on välillä kierrettävä, jotta mittaus tapahtuisi kohtisuoraan kuhunkin vuosirenkaaseen nähden.

Koivun latvaosasta on otettu 20 kiekkoa 20 cm:n välein pituuskasvun selvittämiseksi. Nämä mitataan samalla tavoin kuin kasvunäytekiekot.

LIITE 3. Rungon ja kuoren massa (kg) läpimitan ja pituuden funktiona. Sisäoksien vaikutus on otettu huomioon.

d, cm	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	1.9	2.4	3.4	3.9	4.4	4.9	5.3																				
6	2.7	3.3	4.0	4.7	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0																		
7	3.5	4.4	5.3	6.1	7.0	7.9	8.8	9.7	10.1																		
8	4.4	5.6	6.7	7.8	8.9	10.1	11.1	12.1	13.1	14.1																	
9	5.5	6.8	8.2	9.6	10.1	12.1	13.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1	21.1													
10	6.6	8.2	9.9	11.1	13.1	14.1	16.1	18.1	19.1	21.1	22.1	23.1	24.1	26.1	28.1												
11	7.8	9.7	11.1	13.1	15.1	17.1	19.1	21.1	23.1	25.1	27.1	29.1	31.1	33.1	35.1												
12	9.1	11.1	13.1	15.1	18.1	20.1	22.1	25.1	27.1	29.1	31.1	34.1	36.1	38.1	40.1	43.1											
13	10.1	13.1	15.1	18.1	21.1	23.1	26.1	28.1	31.1	34.1	36.1	39.1	41.1	44.1	47.1	49.1	52.1	55.1	59.1	62.1							
14	14.1	17.1	20.1	23.1	26.1	29.1	32.1	35.1	38.1	41.1	44.1	47.1	50.1	53.1	56.1	59.1	62.1										
15	16.1	20.1	23.1	27.1	30.1	33.1	37.1	40.1	43.1	47.1	50.1	53.1	57.1	60.1	64.1	67.1	70.1	74.1									
16	18.1	22.1	25.1	29.1	33.1	37.1	42.1	46.1	50.1	54.1	58.1	63.1	67.1	71.1	75.1	79.1	83.1	86.1									
17	25.1	29.1	33.1	37.1	42.1	46.1	50.1	54.1	58.1	63.1	67.1	71.1	75.1	79.1	83.1	86.1	90.1	94.1	98.1	102.1	106.1	110.1	114.1	118.1	122.1	126.1	130.1
18	27.1	32.1	37.1	41.1	46.1	51.1	55.1	60.1	65.1	69.1	74.1	79.1	84.1	88.1	92.1	96.1	100.1	104.1	108.1	112.1	116.1	120.1	124.1	128.1	132.1	136.1	140.1
19	35.1	40.1	46.1	51.1	56.1	61.1	66.1	71.1	76.1	81.1	86.1	91.1	96.1	101.1	106.1	111.1	116.1	121.1	126.1	131.1	136.1	141.1	146.1	151.1	156.1	161.1	166.1
20	39.1	44.1	50.1	56.1	61.1	67.1	72.1	78.1	83.1	89.1	94.1	100.1	105.1	110.1	115.1	120.1	125.1	130.1	135.1	140.1	145.1	150.1	155.1	160.1	165.1	170.1	175.1
21	42.1	48.1	54.1	61.1	67.1	73.1	79.1	85.1	91.1	97.1	103.1	109.1	115.1	121.1	127.1	133.1	139.1	145.1	151.1	157.1	163.1	169.1	175.1	181.1	187.1	193.1	199.1
22	46.1	53.1	59.1	66.1	72.1	79.1	85.1	91.1	97.1	103.1	109.1	115.1	121.1	127.1	133.1	139.1	145.1	151.1	157.1	163.1	169.1	175.1	181.1	187.1	193.1	199.1	205.1
23	57.1	64.1	71.1	78.1	85.1	93.1	100.1	107.1	114.1	121.1	128.1	135.1	142.1	149.1	156.1	163.1	170.1	177.1	184.1	191.1	198.1	205.1	212.1	219.1	226.1	233.1	240.1
24	61.1	69.1	77.1	84.1	92.1	100.1	108.1	115.1	123.1	131.1	138.1	146.1	154.1	162.1	169.1	177.1	184.1	191.1	198.1	205.1	212.1	219.1	226.1	233.1	240.1	247.1	254.1
25	66.1	74.1	82.1	91.1	99.1	107.1	115.1	124.1	132.1	141.1	149.1	157.1	165.1	174.1	182.1	190.1	198.1	206.1	214.1	222.1	230.1	238.1	246.1	254.1	262.1	270.1	278.1
26	80.1	88.1	97.1	106.1	115.1	124.1	133.1	142.1	151.1	160.1	168.1	177.1	186.1	195.1	204.1	213.1	222.1	231.1	240.1	249.1	258.1	267.1	276.1	285.1	294.1	303.1	312.1
27	85.1	95.1	104.1	114.1	123.1	133.1	142.1	152.1	161.1	171.1	180.1	189.1	199.1	209.1	218.1	228.1	237.1	247.1	256.1	266.1	275.1	285.1	294.1	303.1	312.1	321.1	330.1
28	101.1	111.1	121.1	131.1	141.1	151.1	161.1	171.1	181.1	191.1	201.1	211.1	221.1	231.1	241.1	251.1	261.1	271.1	281.1	291.1	301.1	311.1	321.1	331.1	341.1	351.1	361.1
29	107.1	118.1	129.1	141.1	150.1	161.1	172.1	182.1	192.1	202.1	212.1	222.1	232.1	242.1	252.1	262.1	272.1	282.1	292.1	302.1	312.1	322.1	332.1	342.1	352.1	362.1	372.1
30	114.1	125.1	137.1	148.1	160.1	171.1	183.1	194.1	205.1	217.1	228.1	240.1	251.1	262.1	273.1	284.1	295.1	306.1	317.1	328.1	339.1	350.1	361.1	372.1	383.1	394.1	405.1
31	121.1	133.1	145.1	157.1	169.1	181.1	193.1	205.1	217.1	228.1	240.1	251.1	262.1	273.1	284.1	295.1	306.1	317.1	328.1	339.1	350.1	361.1	372.1	383.1	394.1	405.1	416.1
32	128.1	141.1	153.1	166.1	179.1	192.1	205.1	217.1	230.1	243.1	256.1	269.1	282.1	294.1	307.1	320.1	333.1	346.1	358.1	371.1	384.1	397.1	410.1	423.1	436.1	449.1	462.1
33	135.1	148.1	162.1	175.1	189.1	203.1	216.1	230.1	243.1	257.1	270.1	284.1	297.1	311.1	324.1	338.1	351.1	365.1	378.1	392.1	406.1	420.1	434.1	448.1	462.1	476.1	490.1
34	142.1	156.1	171.1	185.1	199.1	214.1	228.1	242.1	256.1	271.1	285.1	299.1	313.1	328.1	342.1	356.1	370.1	385.1	399.1	413.1	427.1	441.1	455.1	469.1	483.1	497.1	511.1
35	156.1	171.1	185.1	199.1	214.1	228.1	242.1	256.1	271.1	285.1	299.1	313.1	328.1	342.1	356.1	370.1	385.1	399.1	413.1	427.1	441.1	455.1	469.1	483.1	497.1	511.1	525.1
36	165.1	180.1	195.1	210.1	225.1	240.1	255.1	270.1	285.1	300.1	315.1	330.1	345.1	360.1	375.1	390.1	405.1	420.1	435.1	450.1	465.1	480.1	495.1	510.1	525.1	540.1	555.1
37	173.1	189.1	205.1	220.1	236.1	252.1	268.1	284.1	299.1	315.1	331.1	347.1	363.1	379.1	395.1	411.1	427.1	443.1	459.1	475.1	491.1	507.1	523.1	539.1	555.1	571.1	587.1
38	182.1	198.1	215.1	231.1	248.1	264.1	281.1	298.1	314.1	331.1	347.1	364.1	381.1	398.1	415.1	432.1	449.1	466.1	483.1	500.1	517.1	534.1	551.1	568.1	585.1	602.1	619.1
39	190.1	208.1	225.1	243.1	260.1	277.1	295.1	312.1	329.1	347.1	364.1	381.1	399.1	417.1	435.1	453.1	471.1	489.1	507.1	525.1	543.1	561.1	579.1	597.1	615.1	633.1	651.1
40	218.1	236.1	254.1	272.1	290.1	308.1	327.1	345.1	363.1	381.1	399.1	417.1	435.1	453.1	471.1	489.1	507.1	525.1	543.1	561.1	579.1	597.1	615.1	633.1	651.1	669.1	687.1
41	228.1	258.1	277.1	297.1	317.1	337.1	357.1	377.1	396.1	416.1	436.1	456.1	476.1	496.1	516.1	536.1	556.1	576.1	596.1	616.1	636.1	656.1	676.1	696.1	716.1	736.1	756.1
42	248.1	269.1	289.1	310.1	331.1	352.1	372.1	393.1	414.1	434.1	455.1	476.1	496.1	517.1	538.1	558.1	579.1	599.1	619.1	639.1	659.1	679.1	699.1	719.1	739.1	759.1	779.1
43	280.1	302.1	323.1	345.1	366.1	388.1	410.1	431.1	453.1	474.1	496.1	518.1	539.1	561.1	582.1	603.1	624.1	645.1	666.1	687.1	708.1	729.1	750.1	771.1	792.1	813.1	834.1
44	292.1	314.1	337.1	359.1	382.1	404.1	427.1	449.1	472.1	494.1	516.1	539.1	561.1	584.1	606.1	628.1	650.1	672.1	694.1	716.1	738.1	760.1	782.1	804.1	826.1	848.1	870.1
45	304.1	327.1	350.1	374.1	397.1	420.1	444.1	467.1	491.1	514.1	537.1	561.1	584.1	607.1	630.1	653.1	676.1	699.1	722.1	745.1	768.1	791.1	814.1	837.1	860.1	883.1	906.1
46	316.1	340.1	364.1	388.1	413.1	437.1	461.1	486.1	510.1	534.1	558.1	582.1	606.1	630.1	654.1	678.1	702.1	726.1	750.1	774.1	798.1	822.1	846.1	870.1	894.1	918.1	942.1
47	353.1	378.1	404.1	429.1	454.1	479.1	505.1	530.1	555.1	580.1	605.1	630.1	655.1	680.1	705.1	730.1	755.1	780.1	805.1	830.1	855.1	880.1	905.1	930.1	955.1	980.1	1005.1
48	366.1	393.1	419.1	445.1	471.1	497.1	524.1	550.1	576.1	602.1	628.1	654.1	680.1	706.1	732.1	758.1	784.1	810.1	836.1	862.1	888.1	914.1	940.1	966.1	992.1	1018.1	1044.1
49	380.1	407.1	434.1	462.1	489.1	516.1	543.1	570.1	597.1	624.1	651.1	678.1	705.1	732.1	759.1	786.1	813.1	840.1	867.1	894.1	921.1	948.1	975.1	1002.1	1029.1	1056.1	1083.1
50	394.1	422.1	450.1	478.1	506.1	535.1	563.1	591.1	619.1	647.1	675.1	704.1	732.1	760.1	788.1	816.1	844.1	872.1	900.1	928.1	956.1	984.1	1012.1	1040.1	1068.1	1096.1	1124.1

Viimeisimmät Joensuun tutkimusasemalla ilmestyneet
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 200 Jukka-Pekka Jäppinen, Markku Kirsi ja Kauko Salo. Luonnonvaraisten sien-
ten sadot ja kaupallinen poiminta Itä-Suomessa, ensisijaisesti Pohjois-Kar-
jalan läänissä. 103. s. 1985.
- Nro 228 Leena Finér. Tuloksia sararämeen fosforilannoite – lajikokeesta. Results from
a phosphorus fertilization experiment on a mesotrophic mire. 35 s. 1986.
- Nro 258 Itä-Suomen metsätiedepäivä 9.12.1986. "Metsäntutkimus käytännön toi-
minnan perustana?" 61. s. 1987.
- Nro 262 Mikko Toropainen. Pohjois-Karjalan, Itä-Savon ja koko Itä-Suomen metsäti-
lasto 1974–1984. 57 s. 1987.
- Nro 276 Jukka-Pekka Jäppinen. Suomalaisten metsäsinten vientimahdollisuudet.
Finnish Forest Mushrooms – The Export Challenge. 79 s. + liitteet. 1987.
- Nro 283 Tiina Heinonen ja Tarja Lukkari. Puulajien kasvupaikkavaatimukset. Alusta-
via tuloksia männyn, kuusen ja rauduskoivun viljelyyn onnistumisesta Nur-
meksessä. 19 s. 1987.
- Nro 332 Jari Parviainen, Jyrki Kangas ja Pekka Knuutinen. Kolmivuotiaiden istutus-
rauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. 48 s. 1989.
- Nro 343 Matti Maltamo, Jyrki Kangas ja Rauno Tolonen. Vesakon alkukehitys ja sen
vaikutus taimikkoon. 66 s. 1989.
- Nro 351 Mikko Toropainen. Metsätalous tilan päätuotantosuuntana kansantalouden
näkökulmasta. 82 s. 1990.
- Nro 357 Metsätalouden suunnittelu. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Jussi
Saramäki ja Päivi Mäkkeli (toim.) 63 s. 1990.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Joensuun tutkimusasema
Käyntiosoite Yliopistonkatu 7
Postiosoite PL 68, 80101 Joensuu
Puhelin (973) 151 4000 (ohivalinnat)

Kansikuva Juha Mäkitalo

Joensuu 1990 - Exprintti

ISSN 0358-4283

ISBN 951-40-1137-6