

OTANTA VÄHÄPUUSTOISTEN RÄMEIDEN BIOMASSA- JA TUOTOSTUTKIMUKSISSA

SAMPLING OF LOW VOLUME PEATLAND PINE STANDS FOR BIOMASS AND PRODUCTION STUDIES

JOHDANTO

Puustobiomassa- ja tuotostutkimuksissa on käytetty pääasiallisesti kahta menetelmää: 1) keskipuiden arvot on kerrottu metsikkökohtaisiksi (esim. Lönnroth 1926), 2) puuston eri fraktioiden kuivapaino on sidottu helposti mitattaviin puutunnuksiin regressiomenetelmin (esim. Newbould 1967, Whittaker & Woodwell 1971, Madgwick 1973).

Luonnontilaisten soiden metsiköitä luonnehtivat jatkuvat ikäluokka- ja runkolukujakaumat, vaihtuva taimiaines ja suurehko luonnonpoistuma (Heikurainen 1971). Tällöin on vaikeata erottaa puustoluokkia kerrostettuun keskipuutantaan. Lämpimitaluokittainen poiminta 1 cm:n välein nostaa helposti koepuiden määrän suureksi etenkin jos käytetään useata koepuuta/osite (esim. Ilvessalo 1965). Puustoisillakin soilla on puusto vain yksi komponentti (tosin taloudellisesti tärkeä) suon kasvillisuusmosaiikissa (esim. Sonesson & Bergman 1980, Lindholm & Vasander 1981).

Metsien moninaiskäyttö, uudistuvien luonnonvarojen hyödyntäminen ja kokopuuhakkeen hankinta edellyttävät kuiva-aineen ja ravinteiden määrän selvitystä suo- ja metsäekosysteemeissä. Miten pystyttäisiin koepuiden määrä pitämään mahdollisimman pienenä tinkimättä tarkkuudesta, ja miten tarkkoja arvoja saataisiin käyttämällä erilaisia keskipuita? Tämä työ yrittää vastata kysymyksiin empiirisesti aineistonaan kaksi pienipuustoista rämemännikköä, joista toinen oli luonnontilainen ja toinen lannoitettu. Huolimatta itse tutki-

muksen metsänarvioimistieteellisestä yksinkertaisuudesta, saaduilla tuloksilla lienee mielenkiintoa.

Työni on osa Lammin biologisella asemalla tehtyä luonnontilaisten ja ojitettujen soiden vertailevaa ekosysteemanalyysiä (Ruuhijärvi & Reinikainen 1981). Olen soiden tuotantobiologiaa selvittäessäni (esim. Vasander 1982) mitannut myös puuston eri osien kuivapainot eri otantamenetelmillä.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus tehtiin Lammin biologisen aseman läheisyydessä olevalla Laaviosuolla (esim. Lindholm & Vasander 1979, 1981, Vasander 1982). Aineistona oli luonnontilaisen keidasrämeen (KeR) ja sen nuoren muuttuman (KeRmu) puusto (runkolukusarjat Lindholm & Vasander 1979; kuva 5). Puustojen kuorelliset runkotilavuudet olivat 1.7 ja 12.1 m³/ha.

Metsiköiden harhattomina pidetyt puustobiomassat ja -tuotokset mitattiin poimimalla satunnaisesti jokaisesta rinnankorkeusläpimittaisesta ositteesta (1 cm:n luokkaväli) keskimäärin kolme koepuuta. Ositteittaiset tulokset saatiin koepuiden keskiarvoina. Kertomalla nämä arvot ositteiden runkolukumäärillä/ha ja summaamalla ositteittaiset arvot keskenään, saatiin metsikkökohtaiset tulokset. Näitä verrattiin seuraavilla keskipuu- tai kerrostamismenetelmillä saatuihin arvoihin (numerointi kuten kuvissa 1 ja 2): 1. rinnankorkeusläpimitaltaan, 2. pohjapinta-alaltaan, 3. kuutiomäärältään keskimääräinen puu, (kaavat esim. Ilvessalo 1965: 198—199). 4. mediaanipuu, 5. pohjapinta-ala — mediaanipuu, 6. KeRmu:n puustossa voitiin erottaa kolme puustoluokkaa, jolloin koepuut poimittiin kustakin puustoluokasta erikseen

(2,7 ja 13 cm, ks. Lindholm & Vasander 1979; kuva 5), 7. KeR:n puustossa ei voitu erottaa puustoluokkia runkolukujakauman jatkuvuuden vuoksi, jolloin yritettiin seuraavia kahteen tai kolmeen puustoluokkaan perustuvia laskentatapoja: 7a. 2,6 cm, 7b. 2,7 cm, 7c. 3,6 cm, 7d. 3,8 cm, 7e. 2,6 ja 10 cm (ks. Lindholm & Vasander 1979; kuva 5).

Koepuiden pituus ja 15 viime vuoden vuotuinen pituuskasvu mitattiin tikkaita apuna käyttäen 1 cm:n tarkkuudella. Rinnankorkeusläpimitta ja kuoren paksuus saatiin kahden kohtisuoran mittauksen keskiarvona 1 mm:n tarkkuudella. Sädekasvun tutkimiseksi otettiin n. 0.5 m:n korkeudelta kairalastu, joka mitattiin Metsäntutkimuslaitoksen mikroskooppisella lustomittarilla 0.01 mm:n tarkkuudella. Oksien lukumäärän laskenta oli puiden pienen koon ansiosta helppoa. Kustakin koepuusta saatiin painoltaan keskimääräinen näyteoksa, jonka avulla määritettiin kokonaisoksbio- massa ja -tuotos.

Laboratoriossa mitattiin kunkin keskioksan pituus ja viiden viime vuoden pituus- kasvu 1 cm:n tarkkuudella sekä tyven läpi- mitta ja sen viiden vuoden kasvu 0.1 mm:n tarkkuudella. Kuluvan vuoden neulas- ja rankatuotos eroteltiin ja neulasten iän mu- kainen painon kasvu selvitettiin punnitse- malla 10 kpl. 100 neulasen eriä kustakin ikäluokasta. Oksien pääangan tilavuus las- kettiin paraboloidin kaavalla:

$$V = 1/8 \cdot d^2h, \quad (1)$$

jossa V = tilavuus, d = tyviläpimitta ja h = pituus. Tilavuusarvot muutettiin kui- vapainoiksi kertomalla ne tiheydellä (= kuivapaino/tilavuus). Sivuhaarojen tuotos saatiin jakamalla niiden kuivapaino oksan iällä. Puustokohtaisiksi oksien bio- massa ja tuotos muutettiin kertomalla kes- kiokkien arvot kunkin puun oksien luku- määrällä.

Koepuiden kuorellinen ja kuoreton tila- vuus laskettiin Laasasenahon (1976) pienten puiden kuutiointikaavalla:

$$\ln(V) = +4.3115 - 0.009264 D + 0.81849 \ln(H) + 2.34597 \ln(2 + 1.25 D) \quad (2)$$

jossa V = rungon kuutiomäärä (dm³), D = rinnankorkeusläpimitta (cm) ja H = pituus (m). Kuutiokasvu laskettiin viiden vuoden keskimääräisenä kasvuna:

$$dV = e^{\ln(V_a)} - e^{\ln(V_{a-5})} \quad (3)$$

jossa a ja a-5 kuvaavat vuosia ja e on luonnollisen logaritmin kantaluku. Tilavuu- det muutettiin kuivapainoiksi kertomalla puuston keskitiheydellä, jotka saatiin kum- mallakin biotoopilla viiden kaatokoepuun keskiarvoina. Tiheysnäytteet saatiin 25 %:n korkeudelta ja kuorellinen sekä kuoreton tiheys määritettiin näytteen syr- jäyttämän vesimäärän avulla. Kaarnan kasvua eikä maanalaisten osien osuutta ole määritetty tässä yhteydessä.

Ennen punnitusta kaikki biomassaa- ja tuotosfraktiot kuivattiin vähintään 48 tun- tia 65 °C:ssa ja punnittiin yläkuppivaa'alla 0.01 g:n tarkkuudella.

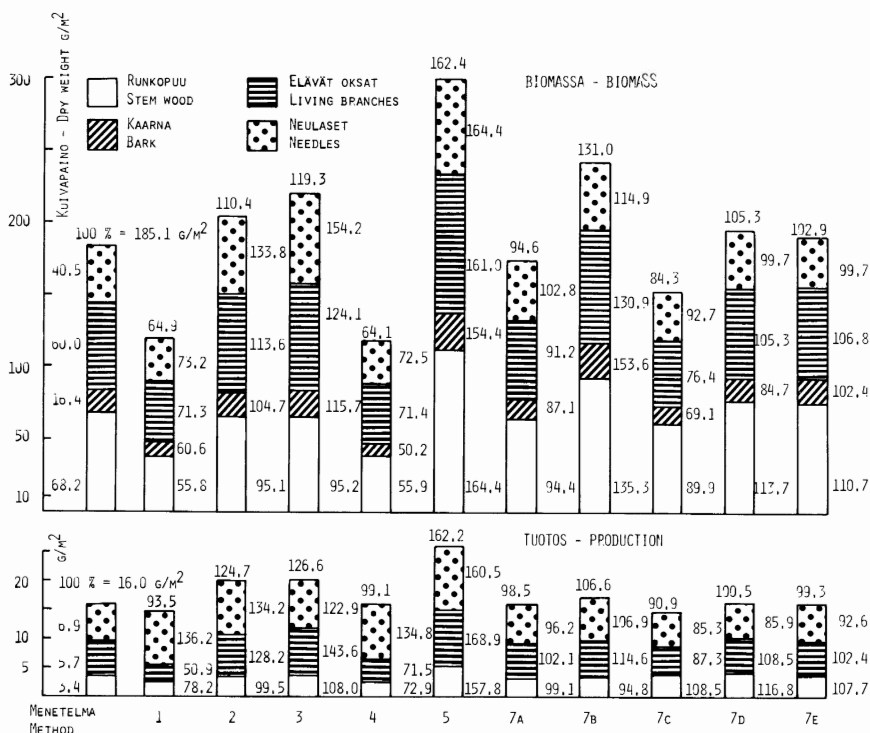
Koepuiden mittaamiseen liittyi epätark- kuustekijöitä. Kahden muuttujan kuutioi- misyhtälön keskivirhe viiden-kuuden metrin mittaisille puille on $\pm 7-8\%$ ja tutkimus- kohteiden pienille puille luultavasti n. $\pm 10\%$ (J. Laasasenaho, suullinen).

Kuutioarvot muutettiin kuivapainoiksi kertomalla ne runkopuun ja kaarnan va- kioarvoilla (viisi kaatokoepuuta/biotooppi) jättäen huomiotta puiden välisen ja sisäi- sen tiheysvaihtelun (Hakkila 1966). Se olisi voitu huomioida esim. Ericsonin (1959) elohopeaimmersio -menetelmällä. Rungon ja oksien tuotos laskettiin viiden vuoden keskiarvoina mittausteknisistä syistä. Ok- sien ja neulasten kuivapainojen tutkimiseen käytetyt keskioksat pyrittiin valitsemaan kooltaan ja biomassajakaumaltaan keski- määräisiksi. Subjektiiivinen otanta tarkistet- tiin punnitukseen muutamien puiden osalta saaden tällöin yhtäpitävät tulokset. Esitetyt epätarkkuustekijät olivat samat kullekin menetelmälle. Ne eivät systemaattisesti kal- listuneet mihinkään suuntaan, vaan ainakin osittain kumosivat toistensa vaikutuksen.

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Keskipuumenetelmät antoivat melko kar- keita tuloksia läpimittaluokittaiseen poimin- taan verrattuna (Kuva 1, 2). Esim. menetel- mällä 1 (rinnankorkeusläpimitaltaan keski- määräinen puu) jäivät sekä biomassaa että tuotos todellista pienemmiksi (myös Kilkki 1973). Puiden eri osien tuotos oli lähempä- nä vertailuarvoa kuin vastaava biomassaa johtuen pienten puiden nopeammasta kas- vusta. Menetelmän 1 näytepuut olivat rin- nankorkeusläpimitaltaan 3.9 cm KeR:llä ja 5.0 cm KeRmu:lla.

Keskijohjapinta-alapuu ja keskikuutio- puu (menetelmät 2 ja 3) antoivat yleensä liian suuria tuloksia johtuen oksien ja neu-



Kuva 1. Eri menetelmillä saadut puuston maanpäällisen biomassin (ylempi) ja tuotoksen (alempi) arvot luonnon-tilaisella keidasrämeeillä (KeR). Vasemmalla oleva pylväs kuvaa eri puustokomponenttien absoluuttisia arvoja (g/m^2). Muiden pylväiden luvut ovat prosentteja absoluuttisista arvoista. Pylvään päällä oleva luku kuvaa kokonaisarvoja ja eri osien kohdalla olevat luvut vastaavien puuston komponenttien arvoja. Menetelmien numerointi kts. teksti.

Fig. 1. Values of the above-ground tree biomass (upper) and production (lower) in the virgin bog (KeR). The column on the left represents the values obtained by the total tally (g/m^2). The other columns are percentage values of those of the total tally obtained by different sampling methods (for the numbering see the text). The value on the top of the column is for the whole tree layer and those beside the different tree components represent their individual percentages.

lasten määrän yliarvioista. Koska kumpikin menetelmä perustuu runkopuutunnukseen, olivat runkopuun biomassa-arvot melko tarkkoja (Kuvat 1 ja 2). KeRmu:lla puuston kokonaisbiomassa yliarvioitui menetelmällä 3 (keskikuutiopuu) 5.9 %:lla ja -tuotos 7.9 %:lla. Muuttamalla oli menetelmä 3 jonkin verran menetelmä 2:ta tarkempi, jolla saadut vastaavat puuston kokonaisbiomassan ja -tuotoksen aliarviot olivat 11.3 ja 10.5 % (Kuva 2). KeR:llä johti puolestaan menetelmä 2 (keskipohjapinta-alapuu) jonkin verran keskikuutiopuumenetelmää tarkempiin kokonaisbiomassan ja -tuotoksen arvoihin. Puustobiomassan yliarvio oli 10.4 %, kun se menetelmällä 3 oli 19.3 %. Kokonaistuotoksen osalta vastaavat yliarviot olivat 24.7 ja 26.6 % (Kuva 1). Tämän empiirisen aineiston perusteella ei voida päätellä, saadaanko suomensiköissä tarkempia kokonaisarvoja käyttämällä kes-

kikuutiopuu- tai keskipohjapinta-alapuumenetelmää (vrt. Ovington & Madgwick 1959, Baskerville 1965). Jälkimmäistä puolta nopeampi keskipuun löytäminen.

Mediaanipuu (menetelmä 4) johti liian pieniin arvoihin ja pohjapinta-alamediaanipuu (menetelmä 5) liian suuriin arvoihin kaikkien eri komponenttien suhteen (Kuvat 1 ja 2).

KeRmu:lla, missä voitiin erottaa kolme puustoluokkaa (Lindholm & Vasander 1979; kuva 5), saatiin puustoluokittain poimituilla koepuilla (2, 7, 13 cm menetelmä 6) lähes samat kokonaisbiomassan ja -tuotoksen arvot kuin läpimittaluokittaisella poiminnalla (kuva 2). Kokonaisbiomassan yliarvio oli 0.3 % ja -tuotoksen 0.9 %, vaikkakin yksittäisten puun osien ero vertailumenetelmään oli jonkin verran suurempi (suurin aliarvio 3.5 % ja suurin yliarvio 7.5 %). Ainakin tämän aineiston pe-

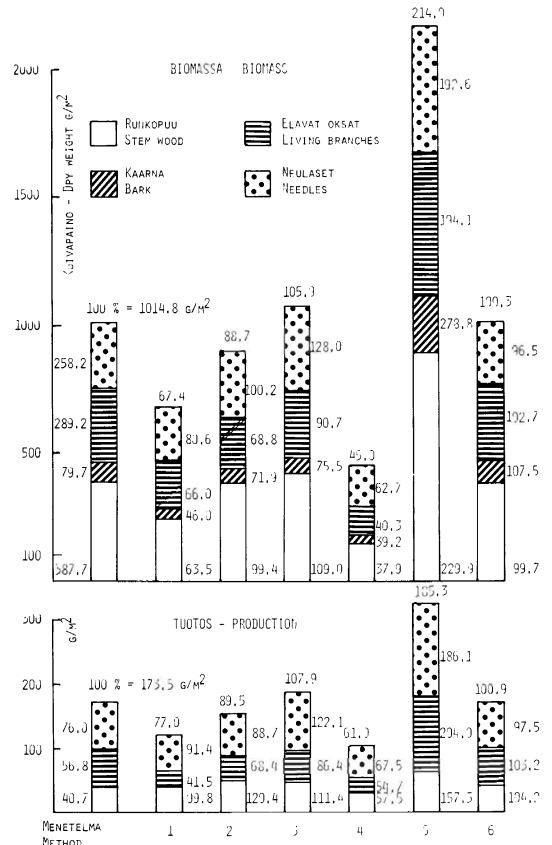
rusteella näytetään suometsiköissä, joissa voidaan erottaa useita puustoluokkia, saatavan n. $\pm 5\%$:n tarkkuudella luotettavat biomassa- ja tuotosarvot kerrostamalla otanta puustoluokittain. Koepuut poimitaan luokittain rinnankorkeusläpimitaltaan keskimääräisistä puista ja ositteittaiset arvot saadaan kertomalla koepuiden arvot luokittaisilla puiden lukumäärillä. Puustoluokittaiset arvot summataan keskenään.

Käytettäessä KeR:llä kahta puustoluokkaa (2 ja 6 cm tai 3 ja 8 cm) päästiin melko lähelle kokonaisbiomassan ja -tuotoksen arvoja. Edellisessä tapauksessa (menetelmä 7 a) kokonaisbiomassan aliarvio oli 5.4 % ja -tuotoksen 1.5 %. Jälkimmäisessä tapauksessa (menetelmä 7 d) vastaavat yliarviot olivat 5.3 ja 0.5 % (Kuva 1). Joidenkin puustofraktioiden kohdalla virhe oli tosin yli 10 %. Lisättäessä kolmas puustoluokka (esim. 2,6 ja 10 cm, menetelmä 7 e) muodostuivat runkokuun arvot liian suuriksi. Kokonaisbiomassan yliarvio oli tällöin 2.9 % ja -tuotoksen aliarvio 0.7 % (Kuva 1).

Ikä- ja kokoluokkajakaumaltaan jatkuvassa suopuustossa voidaan tämän empiirisen aineiston tulosten perusteella saada tarkkuudeltaan $\pm 10\%$:n suuruisia biomassa- ja tuotosarvoja käyttämällä vain kahta puustoluokkaa. Näistä toinen tulisi valita enemmistön muodostavista pienistä puista (tässä 2 tai 3 cm) ja toinen jakauman keskivaiheilla olevista puista (tässä 6, 7 tai 8 cm). Erilaisten keskipuiden käyttö voi johtaa suuriin yli- tai aliarvioihin.

KIRJALLISUUS

- Baskerville, G.L. 1965: Estimation of dry weight of tree components and total standing crop in conifer stands. — *Ecology* 46: 867—869.
- Ericson, B. 1959: A mercury immersion method for determining the wood density of increment core sections. — Skogshögskolan. Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 1959 (1): 1—17, 6 taul., 9 kuvaa.
- Hakkila, P. 1966: Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Commun. Inst. For. Fenniae* 61 (5): 1—98.
- Heikurainen, L. 1971: Virgin peatland forests in Finland. — *Acta Agr. Fennica* 123: 11—26.
- Ilvessalo, Y. 1965: Metsänarvioiminen. — WSOY. Porvoo, Helsinki. 399 s.



Kuva 2. Kuten Kuva 1, mutta keidasrämemuuttumalle (KeRmu).

Fig. 2. As Fig. 1 but for the drained and fertilized part of the bog (KeRmu).

- Kilki, P. 1973: Metsänmittausoppi. — Helsingin yliopisto. Metsänarvioimistieteen laitos. Tiedonantoja 7: 1—151.
- Laasasenaho, J. 1976: Männyn, kuusen ja koivun kuutioimisytälöt. — Moniste. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 1—89.
- Lindholm, T. & Vasander, H. 1979: Männyn kasvu ja uudistuminen luonnontilaisella ja ojitetulla sekä lannoitetulla keidasrämeeillä. (Summary: Growth and regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on virgin, drained and fertilized raised bog sites in Lammi, southern Finland.) — *Suo* 30: 93—102.
- Lindholm, T. & Vasander, H. 1981: The effect of summer frost damage on the growth and production of some raised bog dwarf shrubs. — *Ann. Bot. Fennici* 18: 155—167.
- Lönroth, E. 1926: Der stereometrische Bestandesmittelstamm. — *Acta For. Fennica* 30 (2): 1—35.

- Madgwick, H.A.I. 1973: Biomass and productivity models of forest canopies. — Teoksessa: Reichle, E. (toim.), Analysis of temperate forest ecosystems: 47—54. Springer Verlag, Berlin.
- Newbould, P.J. 1967: Methods for estimating the primary production of forests. IBP Handbook 2. 62 s. Blackwell Scient. Publ. Oxford & Edinburgh.
- Ovington, J.D. & Madgwick, H.A.I. 1959: Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scots pine. — For. Sci. 5: 344—355.
- Ruuhijärvi, R. & Reinikainen, A. 1981: Luonnontilais-ten ja ojitettujen soiden vertaileva ekosysteemi-analyysi -projektin tutkimusohjelm. (Summary: Research program of the project "Comparative analysis of virgin and forest-improved mire-ecosystem"). — Suo 32: 86—91.
- Sonesson, M. & Bergman, M. 1980: Area-harvesting as a method of estimating phytomass changes in a tundra mire. — Teoksessa: Sonesson, M. (toim.), Ecology of a subarctic mire. Ecol. Bull. 30: 127—137.
- Vasander, H. 1982: Plant biomass and production in virgin, drained and fertilized sites in a raised bog in southern Finland. Ann. Bot. Fennici 19: 103—125.
- Whittaker, R.H. & Woodwell, G.M. 1971: Measurement of net primary production of forests. — Teoksessa: Duvigneaud, P. (toim.), Productivity of forest ecosystems: 159—169. Unesco. Pariisi.

SUMMARY:

SAMPLING OF LOW VOLUME PEATLAND PINE STANDS FOR BIOMASS AND PRODUCTION STUDIES

The above-ground biomass and production of two pine stands in the bog Laaviosuo Lammi, Southern Finland, were determined (c.f. Lindholm & Vasander 1979; Fig. 5). One stand was in the virgin ombrotrophic kermi pine bog (KeR, o.b. volume of the stand 1.7 m³/ha) and the other in the drained and fertilized part of the bog (KeRmu, o.b. volume 12.1 m³/ha).

Biomass and production values considered to be absolute were obtained by the total tally of the stands. This was done by studying an average of three sample trees in every size class measured by the DBH (1.3 m) with the interval of 1 cm and summing these values. The following average tree methods were compared to these results: 1) tree of mean DBH, 2) tree of mean basal area, 3) tree of mean volume, 4) median tree, 5) median tree by basal area, 6) in KeRmu where three tree classes could be distinguished, sample trees were taken in every tree class (DBHs 2,7 and 13 cm), 7) in KeR where the tree histogram was continuous (see Lindholm & Vasander 1979; Fig. 5), several sets of two or three tree classes were tried: 7a) 2,6 cm, 7b) 2,7 cm, 7c) 3,6 cm, 7d) 3,8 cm, 7e) 2, 6, 10 cm (the numbers of the methods

are the same as in Figs. 1, 2).

Usually the average tree approach gave crude results compared to those of the total tally. In KeRmu the tree of the mean volume was the most accurate of the individual average tree methods (c.f. Ovington & Madgwick 1959, Baskerville 1965). Here this method overestimated the total biomass by 5.9 % and the total production by 7.9 %. Regarding the different tree components the errors obtained were greater as were also the total values in KeR where method 2 gave a little more accurate results (Figs. 1, 2). If the stand was stratified into three tree layers in KeRmu, almost similar total biomass and production values were obtained as the total tally (Fig. 2, method 6).

In KeR total values with the accuracy of appr. ± 10 % were obtained with two tree classes. The other tree class had to be selected amongst those small trees which formed the majority of the tree histogram (DBHs 2 or 3 cm) and the other amongst the trees in the middle of the histogram (DBHs 6, 7 or 8 cm). The values of the individual tree components were in this case, however, more inaccurate than the total values (Fig. 1).