

FOLIA FORESTALIA 564

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

RISTO PÄIVINEN

METSIKÖN TUUKIOSUUDEN
ARVIOINTIMENETELMÄ

A METHOD FOR ESTIMATING THE SAWLOG
PERCENTAGE IN SCOTS PINE AND NORWAY
SPRUCE STANDS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 nine 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 564

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

Risto Päivinen

METSIKÖN TUUKIOSUUDEN ARVIOINTIMENETELMÄ

A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and
Norway spruce stands

PÄIVINEN, R. 1983. Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä. Summary: A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands. *Folia For.* 564:1—16.

Tutkimuksen tavoitteena on ollut laatia metsikön tukkipuusoutta kuvaava malli.

Tukkiosuus metsikössä riippuu tukkirunkojen määrästä ja tukkipuun määrästä tukkirungoissa. Tutkimuksen aluksi on käsitelty rungon tukkiosuuden määrittämistä runkokäyrämallilla ja havainnollistettu virheitä, joita saattaa syntyä luokittelussa ja koepuutietojen yleistämisessä.

Tutkimuksen aineistona on ollut valtakunnan metsien 3. inventoinnin koealoista valittu 215 männikön ja 192 kuusikon näyte sekä Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealasarjoista 298 männikköä ja 174 kuusikkoa. Aineiston laskennassa on pyritty palauttamaan koealojen runkoihin vaihtelu, joka koealatiedoissa on tiivistetty läpimittaluokkiin ja niiden keskipituuksiin.

Laadittu tukkiosuusmalli perustuu tukkiosuuden ja tukkipuiden pohjapinta-alaosuuden väliseen korrelaatioon. Osuuksien suhdetta on mallissa selitetty keskiläpimittalla. Inventointiaineistosta laskettujen mallien tulokset on esitetty myös taulukkoina.

Inventointiaineistosta laadittujen tukkiosuusmallien jäännöshajonta oli laadinta-aineistossa 2,6 - 2,8 prosenttiyksikköä ja kestokoealoista laskettujen mallien 1,5 - 1,6 %-yksikköä. Tukkipuiden pohjapinta-alan mittaamista edellyttävät mallit ovat keskitunnuksiin perustuvia malleja luotettavampia silloin, kun metsikön keskiläpimitta on alle 20 cm. Metsiköissä, joissa keskiläpimitta on tätä suurempi, erilaisten puuston keskitunnuksiin perustuvien ja tässä esitettyjen mallien luotettavuus on samaa luokkaa.

Mallien harhattomuus käytössä edellyttää laadinta-aineiston ja sovelluskohteen rinnastettavuutta. Erilaiset tukkien minimimitat, tukkirunkojen vikaisuudet ja metsiköiden puulaji- ja kokojakauma voivat aiheuttaa tuloksiin epätarkkuutta. Metsikön tukkiosuuden arviointi on kuitenkin suureksi osaksi riippuvainen arvioijan kyvystä mitata mallien selittävät muuttujat oikein. Satunnaisvirheet selittävien muuttujien mittauksessa eivät kuitenkaan aiheuttane harhaa lopputuloksiin.

The objective of the study was to develop a method for estimating the sawlog timber percentage of the stand. Two sets of sample plot materials from southern Finland were employed, the first set was from 407 plots measured during the 3rd National Forest Inventory and another set from permanent sample plots comprising 472 plot measurements.

A regression model for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands is presented. The model is based on the correlation between the relations of basal area of the sawlog stems and total basal area, and of sawlog timber volume and total volume of the stand. The independent variables of the models are total basal area, basal area of the sawlog stems and mean diameter of the stand.

The standard deviation of the residuals of the sawlog percentages were 2,6 - 2,8 %-units in the material of National Forest Inventory sample plots and 1,5 - 1,6 %-units in the material of permanent sample plots. Compared to the models based purely on the stand means, the ones presented in this paper have better precision when the mean diameter is below 20 cm. By measuring the basal area of the sawlog stems poor estimates in heterogenous stands can be avoided.

ODC 525 + 526 + 524.1 + 524.3

ISBN 951-40-0630-5

ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

MERKINNÄT JA MÄÄRITELMÄT - <i>SYMBOLS AND DEFINITIONS</i>	4
1. JOHDANTO	5
2. RUNGON PUUTAVARALAJIEN LASKENTA	5
21. Runkokäyrä	5
22. Läpimitta- ja pituusluokkien tukkiosuus	6
3. AINEISTO	8
4. TUKKIOSUUSMALLIT	9
5. MALLIEN LUOTETTAVUUS	11
51. Luotettavuustunnukset	11
52. Selittävien muuttujien arvioinnin luotettavuus	12
6. TULOSTEN TARKASTELUA	14
KIRJALLISUUS - <i>REFERENCES</i>	15
SUMMARY	16

MERKINNÄT JA MÄÄRITELMÄT - SYMBOLS AND DEFINITIONS

D	Keskiläpimitta (pohjapinta-alan mediaani), cm <i>Diameter of the median basal area tree, cm</i>	V	Koealan puuston kokonaistilavuus, m ³ /ha <i>Total stem volume on the sample plot, m³/ha</i>
G	Pohjapinta-ala, m ² /ha <i>Basal area, m²/ha</i>	V ₁	Koealan tukin tilavuus, m ³ /ha <i>Sawlog volume in the sample plot, m³/ha</i>
G ₁	Tukkipuiden pohjapinta-ala, m ² /ha <i>Basal area of sawlog stems, m²/ha</i>	V ₁ /Vx100	Tukkiosuus <i>Sawlog percentage</i>
G ₁ /Gx100	Tukkipuiden pohjapinta-alaosuus <i>Basal area percentage of the sawlog stems</i>	V _p	Mäntyjen tilavuus koealalla, m ³ /ha <i>Volume of the Scots pines on the sample plot, m³/ha</i>
i	Koealan numero <i>Number of the sample plot</i>	V _s	Kuusten tilavuus koealalla, m ³ /ha <i>Volume of the Norway spruce on the sample plot, m³/ha</i>
k	Mallin parametrien lukumäärä <i>Number of the parameters in the model</i>		Männikkö Scots pine stand V _p >0,7xV Kuusikko Norway spruce stand V _s >0,7xV
N ₁	Koealojen lukumäärä mallia laadittaessa <i>Number of the sample plots used in deriving the model</i>	y	Mallin selitettävä muuttuja <i>Dependent variable in the model</i>
N ₂	Koealojen kokonaismäärä <i>Total number of the sample plots</i>	\hat{y}, \hat{V}_1	Estimoituja arvoja <i>Estimated values</i>
R ²	Selitysaste <i>Degree of determination</i>		
s _r	Estimaatin keskivirhe <i>Standard error of the estimate</i>		

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum(\hat{y} - y)^2}{N - k}}$$

1. JOHDANTO

Metsikön runkotilavuus on metsikköön kuuluvien puiden runkotilavuuksien summa ja eri puutavaralajien määrät metsikössä ovat laskettavissa yhteen puyksilöiden puutavaralajeista. Mikäli puuston tunnuksat halutaan selvittää perusteellisesti, on mitattava tarkasti metsikön kaikki puut. Käytännön mittaustilanteissa jokaisen puun yksityiskohtaiselta mittaukselta vältytään, jos aiempaa tutkimustietoa puu- ja metsikkötunnusten välisistä suhteista on käytettävissä. Tiedon tulee olla käyttökelpoisessa muodossa ja yleistettävissä sovelluskohteeseen.

Metsänmittauksessa käyttökelpoiset tutkimustulokset esitetään malleina tai taulukoina. Tukkiosuuden määrittämiseksi on laadittu metsikön puuston keskitunnuksiin perustuvia sarjoja ja yhtälöitä (Kilkki ja Siitonen 1975, Nyssönen ja Ojansuu 1982, Metsätalouden suunnittelukurssin työohjeita 1982). Tiihonen (1974) on esittänyt menetelmän, jossa arvioidaan ensin tukkipuuston runkotilavuus ja sen jälkeen tukkipuuston keskiläpimitaan perustuva tukkiosuus.

Aiemmissa julkaisuissa (Päivinen 1980, 1981) on tutkittu puuston summatunnusmallien korvaamista laskentamenetelmällä, jossa summatunnukset saadaan laskemalla

puittaiset tunnuksat yhteen. Laskentamenetelmässä estimoidaan ensin puuston jakautuminen rinnankorkeusläpimitan mukaisiin kokoluokkiin. Kutakin läpimittaa vastaavat puutunnukset, kuten pituus ja tilavuus lasketaan puutunnusmalleilla. Samoja selittäviä muuttujia käyttämällä saadaan menetelmällä yhtä luotettavia tunnuksia kuin summatunnusmalleillakin ja lisäksi laskentaperiaatteen etuna on mahdollisuus joustavuuteen mittausten menetelmien valinnassa.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään metsikön puuston tukkiosuuden riippuvuutta muutamista metsikkötunnuksista, kuten keskiläpimitasta, pohjapinta-alasta ja tukkipuiden pohjapinta-alasta. Tavoitteena on laatia yksinkertainen malli metsikön puuston tukkiosuuden arvioimiseksi.

Aineiston olen saanut käyttööni professori Yrjö Vuokilalta ja MML Hans Gustavsenilta. Professorit Kullervo Kuusela ja Yrjö Vuokila sekä MMT Pekka Kilkki, MMT Jouko Laasaseno, MMK Risto Ojansuu, MMK Timo Pukkala ja MH Sakari Salminen ovat lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet siihen varteenotettuja huomautuksia. Mt Matti Kujala ja MH Tapani Mäkinen ovat niinkään edesauttaneet tutkimuksen syntyä. Ashley Selby, B.Sc., on tarkastanut raportin englanninkielisen osan. Heille kaikille kiitokseni.

2. RUNGON PUUTAVARALAJIEN LASKENTA

21. Runkokäyrä

Runkokäyrä ilmaisee puun paksuuden eri korkeuksilla. Sen pyörähdyskappaleen avulla saadaan laskettua tilavuus paitsi koko rungolle, myös sen osille. Runko voidaan jakaa osiin esimerkiksi puutavaralajien minimiläpimittojen perusteella, jolloin tulokseksi saadaan puutavaralajien paksuusvaatimukset täyttävän rungon osan tilavuus. Kun jakoon liitetään vielä vaatimukset tukki- ja kuitupuukappaleiden vähimmäispituuksista, saadaan estimaatit rungon sisältämälle puutavaralajien määrälle.

Tässä tutkimuksessa on käytetty Laasasenen (1982) kahteen tunnukseen ($d_{1,3}$, h) ja kolmeen tunnukseen ($d_{1,3}$, h , d_6) perustuvia runkokäyriä ja pystymittaustutkimusten yhteydessä kehitettyä apteerausmallia. Rungon jaossa puutavaralajeihin on käytetty seuraavia, tukkipuiden osalta kuorellisia ja kuitupuiden osalta kuoretomia vähimmäismittoja:

	Mänty		Kuusi	
	latvaläpimitta, cm	pituus, dm	latvaläpimitta, cm	pituus, dm
Tukki	14,5	43	17,0	43
Kuitupuu	6,0	20	6,0	20

Taulukko 1. Mäntyrunгон tukkiosuus rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona laskettuna runkokäyrällä.

Table 1. Sawlog percentage of the Scots pine stems as a function of $d_{1,3}$ and height derived by the taper curve functions by Laasasenaho (1982).

h, m														$d_{1,3}$, cm																
26														84	84	86	86	87	94	95	95									
24														83	85	87	87	88	88	89	89	90	90							
22														73	75	75	76	88	90	90	91	91	92	92						
20														49	52	71	77	78	78	80	80	82	82	93	94	94	94	95		
18														0	54	56	61	79	82	83	84	84	84	86	86	86	86	87	88	88
16	0	0	0	59	62	62	65	67	85	87	89	89	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90								
14	0	0	0	63	66	69	69	69	72	75	75	91	92	92	93	93	95	95	95	95	95									
12	0	0	0	65	72	75	75	75	78	78	78	78	78	78	81	81	81	83	83											
10	0	0	0	0	0	79	82	84	85	85	85	85																		
8	0	0	0	0	0	0	0	0	86	89																				
				15	17	19	21	23	25	27	29	31	33																	

Jatkossa käsitellään puutavaralajeista ai-noastaan tukin määrää. Taulukossa 1 on mäntyjen tukkiosuuksia laskettuna kahden tunnuksen runkokäyrällä.

Verrattaessa runkokäyrällä laskettuja ja valtakunnan metsien 7. inventoinnin pysty-apterattuja koepuiden tukkiosuuksia voidaan todeta runkokäyrillä saatavan männylle 5-10 %-yksikköä enemmän tukkia kuin pystyapterauksessa (vrt. Päivinen 1981, s. 78). Ero johtunee tukkien välissä olevista vikaisuuksista sekä etenkin siitä, että silmä-varaisessa arvioinnissa ylintä tukkia ei apteerata oksien tai äkillisen kapenemisen takia minimiläpimitaan asti.

Kuusten pystyapeeraustuloksen ja runko-käyrällä lasketun tukkiosuuden erot eivät ole mainittavia. Kahden ja kolmen tunnuksen runkokäyrillä lasketut tukkiosuudet olivat koepuuaineistoissa sekä männyllä että kuusella keskimäärin samoja.

22. Läpimita- ja pituusluokkien tukkiosuus

Runkokäyrää käyttämällä voidaan saada harhattomat odotusarvojen estimaatit eri mittauskorkeuksia vastaaville läpimitoille. Jos tukin määrän ja runkokäyrämallin jään-nösvaihtelun rajoissa vaihtelevien läpimittojen välinen riippuvuus on lineaarinen, ovat taulukon 1 luvut harhattomia. Tietyissä lä-pimita- ja pituusluokissa on kuitenkin puun muodon satunnaisvaihtelun vaikutus tukin määrään selvästi epälineaarinen.

Jos läpimita- ja pituusluokan keskimää-

räisestä puusta saadaan tukkia, keskimää-räistä parempimuotoisesta puusta sitä saa-daan vähän enemmän, mutta keskimääräis-tä huonompimuotoisessa rungossa mitat ei-vät ehkä riittä ollenkaan täyttämään minimi-tukin vaatimuksia. Tai päinvastoin: Jos puun rinnankorkeusläpimita ja pituus eivät keskimäärin edellytä rungosta saatavan yh-tään tukkia, keskimääräistä vähemmän ka-penevasta puusta minimitukki saattaa kui-tenkin löytyä.

Mikäli rinnankorkeusläpimita tai pituus on mitattu luokittain, satunnaisvaihtelu luo-kan sisällä aiheuttaa myös edelläkuvatun-laista vaihtelua, samoin satunnaiset mittaus-virheet. Jos taas puiden pituus saadaan pituuskoepuiden avulla, yksittäisten luettu-jen puiden pituus saattaa poiketa paljonkin läpimitaluokalle lasketusta keskiarvosta.

Taulukkoa 2 laskettaessa kussakin läpi-mitta- ja pituusluokassa on simuloitu 200 runkoa ja näiden yhteistilavuudesta laskettu tukkiosuus. On oletettu, että läpimita on jakautunut luokan sisällä tasaisesti ja pituu-den sekä yläläpimitan vaihtelut noudattavat normaalijakaamaa. Oletukset eivät vält-tämättä pidä paikkaansa (vrt. Loetsch, Zöh-ner ja Haller, 1973, s. 85-90), mutta niiden virheellisyys ei myöskään aiheuttane olen-naisia virheitä taulukkoon.

Läpimitaluokkien sisällä (1 cm) läpimit-taa kasvatetaan 0,05 mm:n välein luokan alarajasta ylärajaan. Pituus oletetaan nor-maalisti jakautuneeksi satunnaisuuttujak-si, jonka keskiarvo on pituusluokan keski-piste ja hajonta 10 % keskiarvosta. Pituu-

yli 7,5 m pitkille puille kahden tunnuksen runkokäyrällä. Yläläpimitta satunnaistettiin edelleen tekijällä, jonka keskiarvo oli nolla ja hajonta $0,17 \times (d_{1,3} - d_6)$. Pituuden ja yläläpimitan satunnaistamiselle asetettiin ehdot $1,5 \text{ m} < h < 32 \text{ m}$ ja $(d_{1,3} - 0,5) \text{ cm} > d_6 > 1 \text{ cm}$. Lopulliset tunnukset rungoille laskettiin kolmen tunnuksen runkokäyrällä. Tukkirungon minimiläpimitta rinnankorkeudella oli havupuilla 16,5 cm ja lehtipuilla 18,5 cm.

Edellä kuvatulla menettelyllä pyrittiin välttämään läpimitan, pituuden ja yläläpimitan satunnaisvaihtelusta aiheutuva mahdollinen tukkiosuuden harha palauttamalla koealojen puustoon vaihtelu, joka aineistossa on tiivistetty läpimittaluokkiin ja niiden keskipituuksiin.

4. TUKKIOSUUSMALLIT

Tukkiosuutta selitettiin kokonaispohjapinta-alalla, tukkipuuston pohjapinta-alalla ja keskiläpimitalla. Tukkipuustolla tarkoitetaan runkoja, joista saadaan mittojensa puolesta vähintään yksi tukki.

Silloin kun metsikössä on vähän tukkipuita, pieni keskiläpimitta johtaa suurempaan tukkiosuuteen kuin suuri keskiläpimitta tukkipuiden pohjapinta-alaosuuden pysyessä samana. Varttuneissa metsiköissä ilmiö on päinvastainen. Syynä tähän on se, että nuorten metsiköiden tukkipuut muodostavat sitä suuremman osan puuston kokonaistilavuudesta, mitä pienempää on vallitsevan jakson puusto. Varttuneissa metsiköissä suurempi keskiläpimitta merkitsee myös järeämpiä tukkipuita, jolloin tukkiosuus nousee.

Hajonnan simuloimisesta aiheutuva tukkiosuuden lisääntyminen pienemmissä läpimittaluokissa ja väheneminen hieman suuremmissa tasoittuu koealatuloksia laskettaessa. VMI3-koealoilla hajonnan simulointi lisäsi tukkiosuutta keskimäärin vajaalla yhdellä prosenttiyksiköllä.

Kahdesta eri koealajoukosta inventointikoealojen läpimittajakaumat ovat osoittautuneet hajonnaltaan suuressa määrin kuin metsikkökoealojen jakaumat. Näin ollen inventointiaineisto vastannee paremmin luonnontilaisia metsiä ja metsikkökoeala-aineisto taas tasaisia metsiköitä. Aineistoja ja niiden välisiä eroja on tarkemmin kuvattu aiemmissa julkaisuissa (Päivinen mt.).

Tukkiosuuden yhtälöt laskettiin regressioanalyysillä pienimmän neliösumman menetelmällä. Selitettävänä muuttujana oli muunnos tukkipuuston pohjapinta-alaosuuden ja tukkiosuuden suhteesta. Suhdetta kuvattiin laskemalla sille keskiläpimitta x -akselina betafunktion parametrit regressioanalyysillä (ks. Loetsch, Zöhrer ja Haller, 1973). Regressioanalyysin tulokset on esitetty taulukossa 5.

Mallien laskennassa käytettiin vain niitä koealoja, joilla oli tukkia (N_i). Jos tukkipuita ei ole, saadaan $G_i = 0$, josta seuraa, että myös $V_i = 0$. Yhtälöiden vakioihin on tehty logaritimuunnoksesta aiheutuva korjaus $s_f^2/2$. Selitettävän muuttujan käänteismuunnoksen aiheuttama harha on korjattava Taylorin sarjasta lasketulla korjaustekijällä

Taulukko 5. Tukkiosuusmallien kertoimet ja (t-arvot).
Table 5. Coefficients and (t-values) of the sawlog percentage models.

y	Inventointikoealat Inventory sample plots		Metsikkökoealat Stand sample plots	
	$\ln\left(\frac{G_{ij}}{G_i} - 1\right)$	$\ln\left(\frac{V_{ij}}{V_i} - 1\right)$	$\ln\left(\frac{G_{ij}}{G_i} - 1,07\right)$	$\ln\left(\frac{V_{ij}}{V_i} - 1,07\right)$
	männikkö Scots pine stand	kuusikko Norway spruce stand	männikkö Scots pine stand	kuusikko Norway spruce stand
Mallin numero Number of the model	(1)	(2)	(3)	(4)
Vakio—Constant	-74,330 (7,7)	-63,124 (5,6)	-115,56 (30,8)	-142,74 (14,5)
ln (D-5)	2,4518 (7,3)	2,0083 (5,1)	3,0651 (22,0)	4,8355 (13,2)
ln (100-D)	15,126 (7,5)	12,878 (5,5)	24,195 (31,4)	29,397 (14,5)

$(s'_f{}^2/y^3) \times (G_f/G)$, joka lisätään selitettävään muuttujaan. Lausekkeessa s'_f on suhteen $(G_f/G)/(V_f/V)$ jäännöshajonta ja y' suhteen mallilla laskettu arvo.

Aineistojen erilaisista pituus- ja läpimitta-

jakaumista johtuen inventointiaineistosta lasketuilla malleilla saadaan samoilla selittävien muuttujien arvoilla keskimäärin 5-6 prosenttiyksikköä suurempia tuloksia kuin metsikkökoealamalleilla.

Taulukko 6. Männiköiden tukkipuuden tukkipuiden pohjapinta-alaosuuden ja keskiläpimitan funktiona mallin 1 mukaan.
 Table 6. Sawlog percentage of Scots pine stands according to model 1.

D,cm	Tukkipuiden pohjapinta-alaosuus Basal area percentage of the sawlog stems $G_f/G \times 100$																			D,cm			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		100		
7	5	10																					
9	5	9	14																				
11	4	9	13																				
13	4	8	13	17	21	25																	
15			12	16	20	25	29	33															
17					20	24	28	32	36	40	44	48											
19							28	32	36	40	44	48	52	56	60	64							
21								32	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	21		
23												50	54	58	62	66	70	74	79	83	23		
25													55	59	63	68	72	76	80	85	25		
27														65	69	74	78	83	87	27			
29																71	76	80	85	89	29		
31																	78	82	87	91	31		
33																		79	84	89	93	33	
35																				86	90	95	35

Taulukko 7. Kuusikoiden tukkipuuden tukkipuiden pohjapinta-alaosuuden ja keskiläpimitan funktiona mallin 2 mukaan.
 Table 7. Sawlog percentage of the Norway spruce stands according to the model 2.

D,cm	Tukkipuiden pohjapinta-alaosuus Basal area percentage of the sawlog stems $G_f/G^{100} \times 100$																			D,cm		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		100	
7	5	10																				
9	5	9	14																			
11	4	9	13																			
13	4	8	12	16	20	24																
15			12	16	20	24	28	32														
17					19	23	27	31	35	39	43	47										
19							27	31	35	39	43	47	51	54	58	62						
21								31	35	39	43	47	51	55	59	63	67	71	75	79	21	
23												48	52	56	60	64	68	72	76	80	23	
25													53	58	62	66	70	74	78	82	25	
27														63	68	72	76	80	85	27		
29															69	74	79	83	87	29		
31																76	80	85	89	31		
33																	78	82	87	91	33	
35																		84	89	93	35	

5. MALLIEN LUOTETTAVUUS

51. Luotettavuustunnukset

Mallien luotettavuustunnukset on esitetty taulukossa 8 ja mallin 1 jäännösvaihtelu kuvassa 2.

Tukkipuuston pohjapinta-alan mittaamiseen perustuvat mallit ovat Nyysösen ja Ojansuun (1982) vastaavia malleja luotettavampia siinä osassa aineistoa, jossa keskiläpimitta on alle 20 cm. Järeämmissä metsiköissä keskiläpimitta muuttuu tärkeimmäksi selittäväksi muuttujaksi, jolloin tässä esitettyjen ja Nyysösen ja Ojansuun mallien jäännöshajontojen suuruudessa ei ole oleellisia eroja. Tukkipuuston pohjapinta-alan mittaamisesta näyttäisi olevan merkittävää etua epätavallisissa metsiköissä, jolloin keskitunnukset eivät kuvaa puuston rakennetta riittävän hyvin. Taulukossa 8 tämä näkyy siinä, että maksimivirheet pysyvät kohtuullisina.

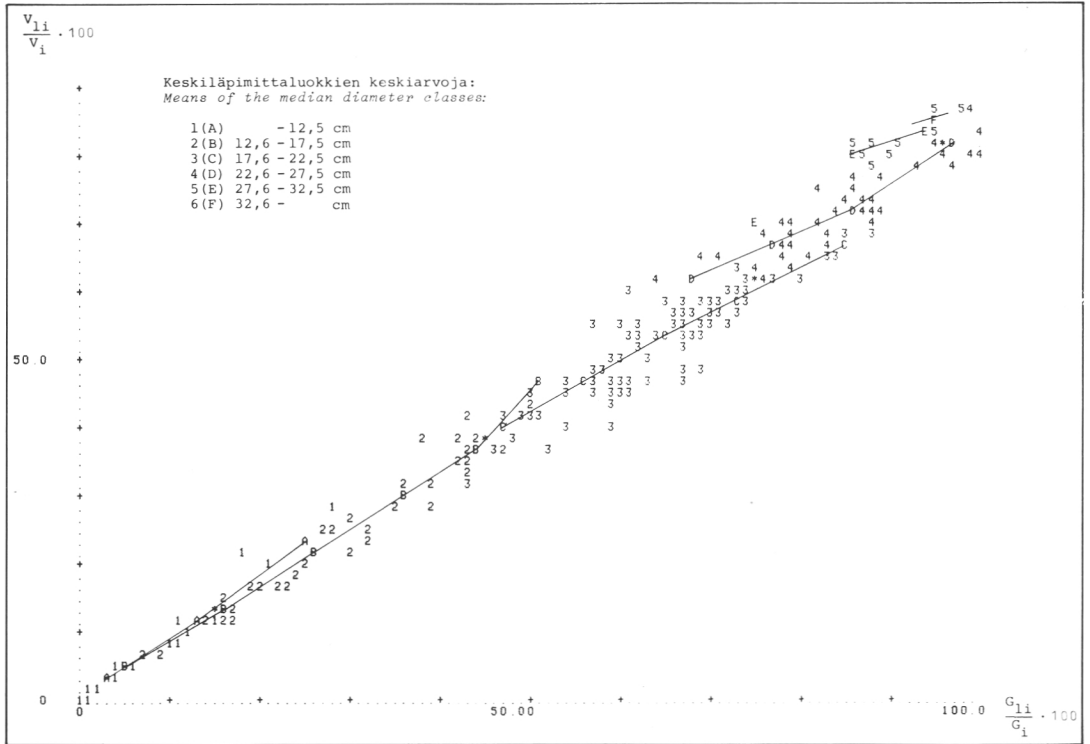
Kuvassa 1 esitetyt suhteet laskettiin valtakunnan metsien 7. inventoinnin Etelä-Suo-

men niille koepuukoealoille, joilta on mitattu enemmän kuin 5 koepuuta. Männiköissä tulokset ovat aineiston pääosassa yhtäpitäviä VMI3-koeala-aineiston kanssa. Kuitenkin niillä koealoilla, joilla lähes koko pohjapinta-ala muodostuu tukkipuista, mallin yliarvio lähestyy runkokäyrämallin ja pystyapteen eroista johtuvaa 5-10 prosenttiyksikköä. Kuusikoissa VMI7-koealojen tukkiosuudet ovat aineiston keskialueilla muutamaa prosenttiyksikköä suurempia kuin VMI3-koealoilta lasketut. Jos tukkipuita on alle 30 % pohjapinta-alasta, erot ovat hyvin pieniä ja jos lähes kaikki puut ovat tukkipuita, saadaan mallilla 2 muutaman prosenttiyksikön yliarvioita VMI7-koealoille. Erojen pääasiallisena syynä ovat runkokäyrämallin tulosten ja pystyapteen eroavaisuudet.

Valtakunnan metsien 7. inventoinnin koi-vikkokoealoilla tukkiosuudet olivat 5-10 %-yksikköä pienempiä kuin kuvassa 1.

Taulukko 8. Tukkiuosuusmallien luotettavuustunnukset.
Table 8. Reliability parameters of the sawlog percentage models.

Mallin numero Number of the model	(1)	(2)	(3)	(4)
\bar{y}	-1,71	-1,45	-1,67	-1,15
R^2	0,22	0,15	0,85	0,59
s_f	0,49	0,42	0,32	0,34
s'_f	0,078	0,086	0,070	0,089
N_1	205	188	291	159
$100 \times \frac{\hat{V}_{li} - V_{li}}{V_i}$	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2
$\sqrt{\frac{\sum \left(100 \times \left(\frac{\hat{V}_{li} - V_{li}}{V_i} \right)^2 \right)}{N_2 - 1}}$	2,8	2,6	1,5	1,6
Maksimivirhe, % -yks.	-10,0	-11,3	5,0	5,9
Maximum residual, % -units				
N_2	215	192	298	174



Kuva 1. VMI-männiköiden tukkiosuus tukkipuuston pohjapinta-alaosuuden ja keskiläpimitan funktiona.
Fig. 1. Sawlog percentage as a function of the percentage of the basal area of the sawlog stems in 3rd inventory Scots pine sample plots.

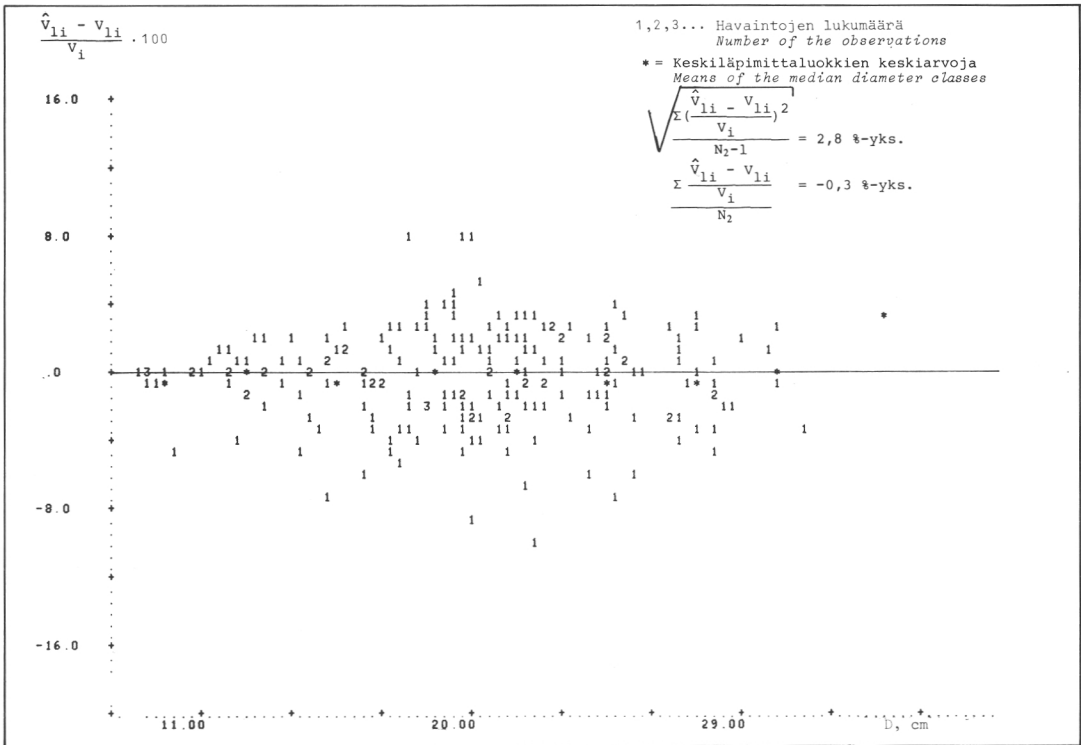
Tukkipuuston pohjapinta-alan mittaaminen lisää siis tukkiosuuden ja arvioinnin luotettavuutta, mutta silti saattaa jäädä mallien ja sovelluskohteen välille eroja aiheuttavia tekijöitä ilman huomiota.

- 1) Runkojen puutavaralajien laskenta riippuu olennaisesti käytetyistä tukkien minimimitoista. Jos minimimittoja muutetaan suuremmiksi, entistä harvemmista rungoista saadaan tukkia, mutta keskimäärin sitä saadaan runkoa kohti enemmän. Jos tukkien minimimitat ovat suuremmat kuin kappaleessa 21. esitetyt, näillä malleilla saadaan aliarvioita metsikön tukkiosuudelle.
- 2) Runkokäyrää käyttäviä apteerausfunktioita laadittaessa on pyrkimyksenä ollut estimoida tukit normaalissa rungossa, jolloin yksittäisissä metsiköissä mahdollisesti esiintyvät poikkeavuudet on otettava huomioon erikseen. Runsas vikaisuus metsikön rungoissa pienentää tukkiosuutta ja malleilla voidaan saada yliarvioita.
- 3) Sovelluskohteen metsiköiden puiden puulaji- ja kokojakauma saattaa poiketa mallien laadinta-aineistoista. Tässä tutkimuksessa on käsitelty kahta aineistoa, joista inventointikoela-aineisto on puustoltaan epätasaisempaa. Tästä erosta johtuen eri aineistoista laskettujen mallien antamat tulokset poikkeavat systemaattisesti toisistaan muutamalla prosenttiyksiköllä.

52. Selittävien muuttujien arvioinnin luotettavuus

Puustotunnusmallien käyttökelpoisuus riippuu mallien jäännösvaihtelun lisäksi siitä, kuinka luotettavasti ja vaivatta selittävät muuttujat voidaan mitata maastossa. Metsikkötunnusten arviointivirheet aiheutuvat edellisessä luvussa käsitellyn menetelmävirheen lisäksi kahdesta muusta syystä: mitauskohteet valitaan metsikön sisältä epäedustavasti tai sitten mitataan virheellisesti.

Tässä esitetyn tukkiosuusmallin selittävien muuttujien mittausvirheiden suuruutta on tutkittu varttuneista metsiköistä toisessa yhteydessä kerätyllä 76 relaskooppikoelalan aineistolla. Relaskooppikertoimella 1 mitailta koaloilta arvioitiin relaskoopin avulla pohjapinta-ala ja tukkipuiden pohjapinta-ala sekä silmävaraisesti koelalan keskiläpimitta. Arvioinnin jälkeen rajapuu tarkistettiin, puiden läpimitat mitattiin ja määritettiin puuluokka sekä laskettiin keskiläpimitta. Maastomittausten tekijä sai siis tietää arviointinsa onnistumisen välittömästi koe-



Kuva 2. Mallin 1 jäännösvaihtelu laadinta-aineistossa.
Fig. 2. Residuals of model 1.

alalla, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin.

Pohjapinta-ala saatiin tarkistuksessa keskimäärin 0,2 m²/ha pienemmäksi ja tukkipuiden pohjapinta-ala 0,3 m²/ha suuremmaksi kuin ennakoarvioinnissa. Keskiläpimittaa yliarvioitiin kokeen mukaan 0,5 cm. Pohjapinta-alan, tukkipuiden pohjapinta-alan ja keskiläpimitan mittausrvirheiden hajonnat olivat 1,4 m²/ha, 1,4 m²/ha ja 2,1 cm. Vastaavien tunnusten keskiarvot koealoilla olivat 22 m²/ha, 15 m²/ha ja 23 cm. Suhteen G₁/G keskiarvo oli 0,64 ja hajonta 0,05.

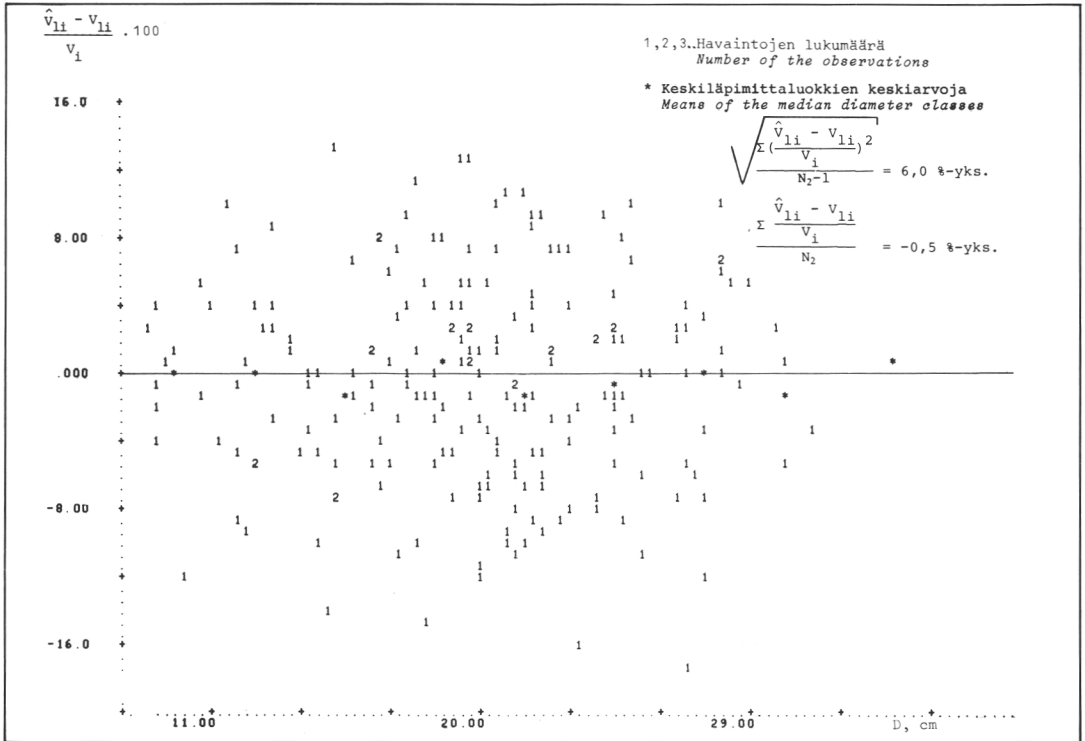
Pienen aineiston ja puutteellisten koejärjestelyjen takia tulosta - tukkipuiden pohjapinta-alan mittaamisessa ei havaittu vaikeuksia - voidaan pitää vain suuntaantavana.

Edellä esitellyssä kokeessa ei edustavuusrvirhettä tutkittu. Loikkasen (1982) mukaan sekä mittausvirheen että edustavuusrvirheen sisältävä keskiläpimitan arviovirheen variaatiokerroin on metsikkökuvioilla noin 10 % ja pohjapinta-alan vastaava tunnus noin 15 %. Keskiläpimitan ja pohjapinta-alan arvi-

ovirheiden välinen korrelaatio on hyvin pieni. Tämän kirjoittajan julkaisemattomasta aineistosta lasketut keskiläpimitan ja pohjapinta-alan arviovirheet kuvioittaisessa arvioinnissa ovat samaa suuruusluokkaa kuin Loikkasen esittämät.

Seuraavassa on havainnollistettu mittausrvirheiden vaikutusta mallien jäännösvaihteluun (vrt. Asunta 1982). Keskiläpimitan arviovirhe on oletettu normaalisti jakautuneeksi satunnaismuuttujaksi, jonka keskiarvo on nolla ja hajonta 10 % oikeasta tunnuksesta. Tukkipuuston pohjapinta-alan ja kokonaispohjapinta-alan suhteen arviovirheen hajonnaksi on oletettu 0,07. Arviovirheiden on oletettu olevan toisistaan riippumattomia. Oletus ei pitäne täysin paikkaansa, metsikön järeämmistä osista saadaan yliarvioita sekä keskiläpimitalle että tukkipuuston pohjapinta-alalle. Mallin rakenteesta johtuen samansuuntaiset virheet kumoavat toisiaan metsiköissä, joiden keskiläpimita on alle 20 cm, ja vahvistavat toisiaan, jos keskiläpimita on yli 25 cm.

Jokaisen inventointikoealan tukkipuiden



Kuva 3. Tukkiosuusmallin jäännösvaihtelu, kun arviovirheet on otettu huomioon. Malli 1.
 Fig. 3. Residuals of the sawlog percentage model after predicting errors of the independent variables. Model 1.
 Standard deviation in predicting the mean diameter and the relation of the sawlog stem basal area and total basal area are assumed to be 10 % and 0,07.

pohjapinta-alan ja kokonaispohjapinta-alan suhteeseen ja keskiläpimitaan lisättiin satunnaistekijä. Satunnaistekijöiden jakauma koko aineistossa on oletettu normaaliksi ja hajonta edellä kuvatun suuruiseksi.

Verrattuna kuvassa 2 esitettyyn jäännösvaihteluun kuvan 3 jäännösvaihtelu on tuntuvasti suurempi. Mikäli oletukset arviovirheiden suuruudesta ja jakautumisesta

pitävät paikkansa, näyttää siltä, että metsikön tukkiosuuden arvioinnin luotettavuus riippuu suureksi osaksi arviomiehen kyvystä mitata selittävät muuttujat oikein. Kuvan 3 perusteella voidaan myös päätellä, että satunnaisvirheet tukkipuiden pohjapinta-alaosuuden ja keskiläpimitan arvioimisessa eivät aiheuta merkittäviä systemaattisia virheitä tukkiosuuden arvioon.

6. TULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimuksessa käytetty, muihin tarkoituksiin mitattu aineisto kattaa maantieteellisesti Etelä-Suomen alueen. Siinä on tyypiltään kahdenlaisia koealoja: objektiivisesti valittuja inventointikoealoja sekä toisin perustein valittuja, eri tavoin käsiteltyjä kesto-koealoja.

Koealoittaiset tulokset on laskettu runkoikäyrillä. Läpimitan, pituuden ja yläläpimitan odotusarvon käyttämisestä runkokäyrää laskettaessa on todettu aiheutuvan harhaa läpimittaluokittaisiin tukkiosuuksiin. Tukkirunkojen minimiläpimittaa suuremmissa ja sitä pienemmissä läpimittaluokissa harhat

ovat erisuuntaisia, minkä vuoksi odotusarvoilla laskettuihin koaloittaisiin tuloksiin ei syntyne suuria virheitä.

Tässä tutkimuksessa esitetyt tulokset ovat paljolti riippuvaisia aineiston ja käytettyjen kahden tunnuksen runkokäyrien luotettavuudesta. Eri koelaryhmien väliset systemaattiset erot sekä runkokäyrillä saatujen ja pystyyn apteerattujen tukkiosuuksien poikkeamat vahvistavat käsitystä, että ongelman eri osissa tarvitaan lisätutkimusta. Tietomme nykymetsiköiden puuston ja myös runkojen rakenteesta on yhä järjestämätöntä ja vajavaista.

Esitettyjen mallien käytön luotettavuuden arviointi on tehty simulointitekniikalla. Se antaa mahdollisuuden hajoittaa ongelma osiinsa - tässä tapauksessa eri tunnusten arvioimisessa syntyvien virheiden analyysiin - ja yhdistää osien vaikutukset. Synteesi on tehty tietokoneen avulla jäljittelemällä virheellisiä mittauksia ja laskemalla niiden vai-

kus lopputulokseen. Tässä tutkimuksessa on oletettu arviovirheiden olevan normaalisti jakautuneita, mutta yhtä hyvin voidaan jakaumista tehdä myös muunlaisia oletuksia.

Tutkimuksen tavoitteena oli yksinkertaisen ja helppokäyttöisen metsikön tukki-osuusmallin laatiminen. Tämän mallin selittävästä muuttujista voidaan laskea tulokset myös puittain tietokoneistetulla laskentamenetelmällä (Päivinen 1981). Metsikön puiden kokojakauman estimointiin perustuvassa puustotunnusten laskentamenetelmässä on periaatteessa mahdollisuus ottaa joustavasti huomioon myös muita, esimerkiksi puuston läpimitta- ja pituusjakaumiin liittyviä tekijöitä. Tässä esitetyt yksinkertaiset mallit ovat näiden jakaumien suhteen sidoksissa laadinta-aineistoonsa. Mallien käytön edut verrattuna tietokoneistettuun laskentajärjestelmään ovat lähinnä laskentateknisiä.

KIRJALLISUUS - REFERENCES

- ASUNTA, M. 1982. Metsikön puutavaralajirakenteen määrittäminen ja tukkiosuuden arvioinnin luotettavuus. Konekirjoite. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsingin Yliopisto. 1-47.
- GUSTAVSEN, H. 1977. Valtakunnalliset kuutiokasvu-yhtälöt. Abstract: Finnish volume increment functions. *Folia For.* 331:1-37.
- KILKKI, P. 1982. Sample trees in timber volume estimation. *Seloste: Koepuut puuston tilavuuden estimoinnissa. Acta For. Fenn.* 182:1-35.
- & SIITONEN, M. 1975. Metsikön puuston simulointimenetelmä ja simuloituun aineistoon perustuvien puustotunnusmallien laskenta. Summary: Simulation of artificial stands and derivation of growing stock models from this material. *Acta For. Fenn.* 145:1-29.
- LAASASENAHO, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Seloste: Männy, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Commun. Inst. For. Fenn.* 108:1-74.
- LOETSCH, ZÖHRER & HALLER. 1973. Forest Inventory. Vol. II. BLV Verlagsgesellschaft. 1-469.
- LOIKKANEN, A. 1982. Arvokasvumallien luotettavuus. Konekirjoite. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsingin Yliopisto. 1-56.
- Metsätalouden suunnittelukurssin työohjeita. 1982. Konekirjoite. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsingin Yliopisto.
- NYSSÖNEN, A. & OJANSUU, R. 1982. Metsikön puutavaralajirakenteen, arvon ja arvokasvun arviointi. Summary: Assessment of timber assortments, value and increment of tree stands. *Acta For. Fenn.* 179:1-52.
- PÄIVINEN, R. 1978. Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. Summary: Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch. *Folia For.* 353:1-32.
- 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. Summary: On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics. *Folia For.* 442:1-28.
- 1981. Puujoukon rinnankorkeusläpimittajakauman estimointi ja siihen perustuvia puustotunnusten laskentamenetelmiä. Konekirjoite. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsingin Yliopisto. 1-89.
- TIIHONEN, P. 1974. Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Referat: Methoden für die annähernde Schätzung der Holzsortenstruktur. *Folia For.* 192:1-16.

SUMMARY

The aim of this paper is to develop methods for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.

The total volume and sawlog volume of the stems were derived by the taper curve models based on breast height diameter and height of the stem.

The bias in the sawlog percentage caused by using the expected values of stem diameters and height is discussed. Tables of the sawlog percentages of the expected $d_{1,3}$, height and d_6 values (Table 1) and tables after some deviation in those measurements taken into account (Tables 2 and 3) are presented.

Two sets of sample plot materials from southern Finland were used. The first set was from 407 sample plots measured during the 3rd National Forest Inventory in 1951-1953. Another sample plot data was collected from permanent stand sample plots and comprised 472 sample plot measurements. These two materials are described in the author's earlier papers.

Regression models for the sawlog percentage is based on the correlation between the relations V_1/V , G_1/G and mean diameter (Fig. 1). Regression functions are presented in Table 5 and results from two of them are given in Tables 6 and 7. In use, the models require data concerning the total basal area, basal area of the

sawlog stems and mean diameter of the stand.

The standard deviation of the residuals of the sawlog percentages were 2,6 - 2,8 %-units in the material of the 3rd National Forest Inventory sample plots (Fig. 2) and 1,5 - 1,6 %-units in the material of the permanent sample plots. If we compare the models presented in this paper with those based purely on the stand means, the residuals are decreased when mean diameter is below 20 cm. Above that limit, the mean characteristics describe the structure of the stand quite satisfactorily and models based on them only become as effective as ones presented here. Nevertheless, by measuring the basal area of the sawlog trees one can avoid poor estimates in heterogenous stands (cf. maximum residuals in Table 8).

In the application of the models, it should be kept in mind that the different minimum size requirements of the logs or damages in stems, or exceptional distribution in size of the trees or tree species may cause some bias in the results. Finally, the validity of the estimate is dependent on the mensurationist's ability to measure the independent variables of the models properly. However, random errors in independent variables do not cause any marked bias in the sawlog percentage estimate (Fig. 3).

ODC 525+526+524.1+524.3
ISBN 951-40-0630-5
ISSN 0015-5543

PÄIVINEN, R. 1983. Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä. Summary: A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands. *Folia For.* 564:1—16.

Regression models for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands are presented. The independent variables of the model are total basal area, basal area of the sawlog stems and mean diameter of the stand.

Two sets of sample plot materials from southern Finland were used, altogether 879 sample plot measurements. Compared to the models based purely on the stand means, the ones presented in this paper have better precision when the mean diameter is below 20 cm. By measuring the basal area of the sawlog stems poor estimates in heterogenous stands can be avoided.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 525+526+524.1+524.3
ISBN 951-40-0630-5
ISSN 0015-5543

PÄIVINEN, R. 1983. Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä. Summary: A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands. *Folia For.* 564:1—16.

Regression models for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands are presented. The independent variables of the model are total basal area, basal area of the sawlog stems and mean diameter of the stand.

Two sets of sample plot materials from southern Finland were used, altogether 879 sample plot measurements. Compared to the models based purely on the stand means, the ones presented in this paper have better precision when the mean diameter is below 20 cm. By measuring the basal area of the sawlog stems poor estimates in heterogenous stands can be avoided.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicaciones Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia _____

Remarks _____

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) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

1983

- No 549 Parviainen, Jari & Lappi, Juha: Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi.
A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains.
- No 550 Metsätalastollinen vuosikirja 1982.
Yearbook of Forest Statistics 1982.
- No 551 Kaunisto, Seppo: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa.
Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.
- No 552 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka.
The technique of recycling wood and bark ash.
- No 553 Löytyniemi, Kari & Piisilä, Niilo: Hirvivaingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan—Hämeen piirimetsä-lautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa—Häme.
- No 554 Vuokila, Yrjö, Gustavsen, Hans Gustav & Luoma, Pirkko: Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit.
Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland.
- No 555 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1982.
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1982.
- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit.
Gallringsmallar för odlade bestånd i Finland.
Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koealapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla.
The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla.
Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.
- No 559 Leikola, Matti & Rikala, Risto: Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen.
The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings.
- No 560 Löytyniemi, Kari: Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen.
Recovery of young Scots pines from stem breakage.
- No 561 Tiihonen, Paavo: Leimikon pystymittauksen kentätöiden tehostamisen mahdollisuuksia.
The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting.
- No 562 Juslin, Heikki & Karppinen, Heimo: Suomen tärkeimpien asiakkasmaiden sahatavaraostot 1970-luvulla.
Sawn timber purchases of Finland's most important client countries in the 1970's.
- No 563 Pellikka, Marketta & Kotimaa, Marjut: Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät.
The mold dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors.
- No 564 Päivinen, Risto: Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä.
A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.
- No 565 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1981—83.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1981—83.
- No 566 Miettinen, Reijo & Uusvaara, Olli: Pystykarsitun männikön koehaahaus.
Test sawing of pruned pine stand.
- No 567 Tiihonen, Paavo & Virtanen, Jaakko: Koetuloksia ilmakuvien käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980—82.
Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo in 1980—82.
- No 568 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979—1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977—1982.
Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979—1982, and in the whole of South Finland, 1977—1982.
- No 569 Rousi, Matti: Myyrrien aiheuttamat vahingot Pohjois-Suomen puulajikokeissa talvella 1981/82.
Vole damage in tree species trials in northern Finland in the winter of 1981/82.
- No 570 Hämäläinen, Jouko & Laakkonen, Olavi: Turvemaan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus.
Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatland.
- No 571 Lähde, Erkki & Savonen, Eira-Maija: Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paakussa.
Effects of watering on the development of containerized Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums.
- No 572 Korhonen, Kirsi-Marja, Teivainen, Terttu, Kaikusalo, Asko, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen.
Occurrence of damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) on Scots pine in northern Finland after the peak year 1978.
- No 573 Jokinen, Katriina: Metsänlannoituksen vaikutus juurikäävän esiintymiseen — Kirjallisuuskatsaus.
The effect of fertilization on the occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. — A literature review.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.