

METSIKÖN TAKSATORINEN TIHEYS
KESKIPITUUTEEN JA TIHEYTEEN PERUSTUVASSA
KUUTIOMÄÄRÄN ARVIOINNISSA

KUSTAA KALLIO

SUMMARY:

*THE MENSURATIONAL DENSITY OF A STAND IN ESTIMATING
THE VOLUME ON THE BASIS OF THE MEAN HEIGHT
AND THE DENSITY CLASS*

HELSINKI 1960

Alkulause

Tämä tutkimus on syntynyt pitkäaikaisessa käytännöllisessä metsänarvioimis-työssä saadun kokemuksen innoittamana ja on tutkimusaineisto kerätty viime vuosina suorittamissani metsänarvioimistehtävissä. Tällöin olen pitänyt silmällä sitä, että voisin käyttää näin keräämääni aineistoa myös tieteellisen tutkimuksen hyväksi.

Kiitän Suomen Metsätieteellistä Seuraa, joka on julkaissut tutkimukseni sarjassaan.

Helsingissä joulukuulla 1960.

Kustaa Kallio

Sisällysluettelo

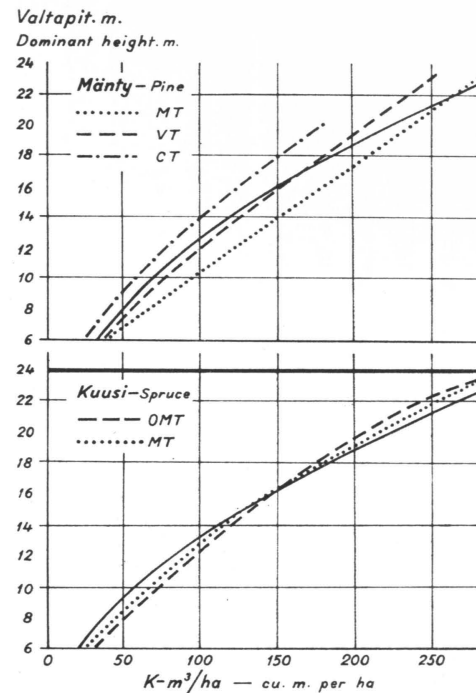
	Sivu
Johdanto	5
Tutkimuksen tarkoitus	7
Tutkimusaineisto	7
Korjauskaavojen johtaminen	10
Taulukot ja niiden tarkkuus	12
Tiheys ja kasvupaikan hyvyys	13
Harvennuksen vaikutus taksatoriseen tiheyteen	14
Silmävaraisesti arvioitu tiheys	16
Tiheysarvioinnin oikaisu ja tiheyden mittaaminen	17
Yhdistelmä	20
Kirjallisuusluettelo — References	22
Summary	23

Johdanto

Metsikön puuston kuutiomäärän silmävaraisessa arvioinnissa on arvioinnin tukena ja tarkistuksessa käytetty yleisesti joko puuston valta- tai keskipituuteen sekä metsikön tiheyteen perustuvia empiirisiä aputaulukkoita. Metsiköiden tiheys määritetään tällöin arvioimalla, montako 10-osaa metsikön puuston kuutiomäärä on täystiheän metsikön kuutiomäärästä. Kuusi- ja mäntymetsien tiheyteen ja keskipituuteen perustuvat taulukot on laatinut ruotsalainen JONSON ja vastaavat koivumetsien taulukot LIHTONEN. Tiheyteen ja valtapituuteen perustuvat taulukot on laadittu taas valtakunnan metsien arvioinnissa mitattujen koalojen perusteella nykymetsiämme silmällä pitäen (ILVESSALO 1959, s. 194).¹

Kysymyksessä oleva metsikön taksatorinen tiheys voidaan edellä esitetyn mukaan määrittää, kun tunnetaan metsikön valta- tai keskipituus sekä kuutiomäärä ja vastaavan täystiheän metsikön kuutiomäärä. Mutta kun tarkoituksena on nimienomaan kuutiomäärän arvioiminen tiheyden ja pituuden funktiona, on kuutiomäärä tuntematon tekijä. Tällöin ei metsikön tiheyden mittaamiseksi ole olemassa matemaattisesti moitteetonta menetelmää. Tiheyden arviointi perustuukin käytännössä yleensä arviomiehen kokemukseen ja taitoon, se on varsin subjektiivinen tehtävä. Lisäksi soveltunevat keskipituustaulukkojen kuutiomäärät lähinnä vain luonnontilaisiin metsiin, mutta antavat talousmetsien kohdalla virheellisen tuloksen. Mm. kirjoittaja on käytännössä verrannut keskipituus- ja valtapituustaulukoista saatuja, saman metsikön kuutiomääriä toisiinsa ja havainnut, että edellisen taulukon mukaiset kuutiomäärät poikkeavat huomattavasti jälkimmäisen kuutiomäärästä. Edelleen on kirjoittaja todennut, että valtapituustaulukot antavat ainakin kokonaan tai likimain tasarakenteisissa metsiköissä luotettavan tuloksen. Tällöin on edellytetty, että valtapituudella ymmärretään 100 pisimmän puun keskipituutta hehtaarilla ja keskipituudella joko pohjapinta-alalla punnittua keskipituutta tai sen puun keskipituutta, joka on mediaanipuu pohjapinta-alan suhteen (vrt. NYSSÖNEN 1954 a, ss. 73—74). Kuvan 1 mukaan vastaavat valtapituustaulukoiden täystiheiden metsiköiden kuutioluvut kuusella sekä männyllä ainakin

¹ JONSONIN ja LIHTOSEN taulukoista käytetään tässä nimitystä keskipituustaulukko ja ILVESSALON taulukosta valtapituustaulukko.



Kuva 1. Valtapituustaulukon täystiheän metsikön kuutiomäärä (= täysviiva) verrattuna toistuvasti harvennettujen metsiköiden vastaaviin määriin (= katko- ja pisteviivat)
 Figure 1. The cubic volumes in the fully stocked stands according to dominant height tables (= solid curve) compared with the corresponding cubic volumes in the repeatedly thinned stands (= broken and dotted curves)

n. 200 k-m³:iin saakka NYSSÖSEN (1954 a) toistuvasti harvennettujen VT-männiköiden ja VUOKILAN (1956) hoidettujen MT-kuusikoiden kuutiomääriä samassa pituusluokassa ja ovat likimain yhtä suuret kuin ns. hoitonormaalien metsiköiden kuutiomäärien keskiarvot vastaavassa valtapituusluokassa.

Viime vuosina on maassamme sovellettu silmävaraisen arvioinnin yhteydessä itävaltalaisen BITTERLICHIN (1952) keksimää ja NYSSÖSEN (1954 b) meidän metsiimme kehittämää ns. relaskooppiarviointimenetelmää, jonka avulla saadaan metsikön puuston pohjapinta-ala rinnankorkeudelta hehtaaria kohti. Tämän ja keskipituuden perusteella saadaan sitten NYSSÖSEN (1954 b, s. 21) kehittämistä taulukoista kuutiomäärä hehtaarilla. NYSSÖSEN (mt. s. 27) mukaan näyttää tiheysluvun arvioiminen relaskooppimittausten jälkeen tarpeettomaltakin. Eräs suoranainen tiheyden mittaluku on ns. l a t v u s a l a n p e i t t ä v y y s s a d a n n e s, joka ilmaisee, montako sadannesta maatalasta on latvuskatoksen peitossa, kun latvukset projisoidaan maan pinnalle (vrt. NYSSÖNEN 1955, s. 13).

Relaskooppiarviointi on huolellisesti suoritettuna ja erikoisesti säännöllisissä ja tasaikäisissä metsiköissä varsin luotettava, matemaattisesti moitteeton ja siis mittausten verrattava arvioimismenetelmä. Sen avulla voidaan selvittää myös metsikön puiden runkojakaantuminen (vrt. VUOKILA 1959). Relaskooppiarvioinnilla saadusta kuutiomäärästä käytetään tässä nimitystä l a s k e t t u k u u t i o m ä ä r ä erotuksena silmävaraisen arviointiin perustuvasta arvioidusta kuutiomäärästä.

Tutkimuksen tarkoitus

Kun arvioidaan saman metsikön valtapituus ja keskipituus ja käytetään kummassakin tapauksessa samaa tiheysluokkaa, saadaan edellä esitetyn mukaan erilaiset kuutiomäärät, joista keskipituustaulukon antamat ovat osoittautuneet virheellisiksi. Tämän takia pyritään tässä kirjoituksessa ensisijaisesti selvittämään, missä määrässä keskipituustaulukosta saatu metsikön kuutiomäärä poikkeaa valtapituustaulukon mukaisesta saman tai samanlaisen metsikön kuutiomäärästä, kun käytetään samaa tiheysasteikkoa. Tämän selvityksen ja tutkimusaineiston perusteella korjataan sitten edellisen taulukon tiheysluvut sellaisiksi, että niitä käyttämällä keskipituustaulukosta saadaan sama kuutiomäärä kuin valtapituustaulukostakin. Edelleen käsitellään metsätyyppin, samoin kuin harvennuksen ja väljennyksen vaikutusta taksatoriseen tiheyteen sekä tiheyden arvioinnissa sattuneita virheitä ja esitetään keinoja niiden oikaisemiseksi. Tutkimus rajoittuu Suomen eteläpuoliskoon.

Täystiheällä (tiheysluokka 1.0) metsiköllä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa jo johdannossa esitetyn mukaisesti hoitonormaalista metsikköä, jonka kuutiomäärä on keskimäärin sama kuin valtapituustaulukon kuutiomäärä samassa pituusluokassa. Lähimpänä tätä keskiarvoa ovat MT:n hoitonormaali kuusikko ja VT:n hoitonormaali männikkö (vrt. kuva 1). Muiden kehityssarjojen kohdalla poiketaan tästä määritelmästä tuonnempana kappaleessa »Tiheys ja kasvupaikan hyvyys» esitettyyn tapaan.

Tutkimusaineisto

Tarkoitusta varten suoritti kirjoittaja relaskooppiarvioinnin puuston kuutiomäärän selvittämiseksi 178:ssä erilaisten hakkuiden ja hoitotoimenpiteiden kohteena olleessa MT:n, VT:n ja CT:n männikössä sekä 120:ssä samanlaisessa OMT:n, MT:n ja kasvullisten korpimaiden (K I) kuusikossa. Puuston keski- ja valtapituus määritettiin pystykoepuista korkeusmittarilla mitattujen pituuskien perusteella noudattamalla NYSSÖSEN (1954 b, s. 15) ohjeita. Osalla suoritettiin lisäksi runkojen rinnankorkeusläpimittojen mittausta 2 cm:n luokkavälein

edellä mainittua VUOKILAN menetelmää soveltamalla. Samalla arvioitiin tiheys silmävaraisesti ja merkittiin muistiin viimeisestä hakkuusta kulunut vuosimäärä. Aineisto kerättiin, eritä hajatapauksia lukuunottamatta, Heinolan kaupungin metsistä, Vilppulasta ja Lopelta.

Koealoja otettaessa pyrittiin saamaan mahdollisimman puhtaita metsiköitä, vierasta puulajia sallittiin enintään 20 % kuutiomäärästä. Puhtaita lehtimetsiä ei löydetty riittävää määrää, joten tutkimus kohdistuu vain mäntyyn ja kuuseen.

Sen jälkeen kun metsikön valtapituus sekä laskettu kuutiomäärä oli määritetty, katsottiin valtapituustaulukosta, mikä on näitä vastaava tiheysluokka. Samalla tavalla katsottiin keskipituustaulukosta laskettua kuutiomäärää ja keskipituutta vastaava tiheysluokka. Näistä molemmista käytetään tässä nimitystä laskettu tiheysluokka erotuksena silmävaraiseen arviointiin perustuvasta arvioidusta tiheysluokasta.

Arvioinnin yhteydessä merkittiin muistiin myös metsikön kehitysluokka seuraavasti (vrt. mm. LIHTONEN 1959, s. 145):

1. Taimikot ja nuoret eli ns. riukuasteen metsiköt.
2. Harvennusemetsiköt.
3. Väljennusemetsiköt.
4. Uudistettavat metsiköt.
5. Uudistuksen alaiset metsiköt (suojuspuu- ja siemenpuualat).

Muista kehitysluokista ei aineistoa otettu, koska ne ovat siksi paljon epä-säännöllisiä, että taksatoristen tiheysluokkien ja matemaattisten kaavojen käyttö voi niiden kohdalla johtaa virheellisiin johtopäätöksiin.

Arvioitujen metsiköiden jakaantuminen kehitysluokkiin ilmenee taulukosta 1, johon on merkitty myös valtapituustaulukosta laskettujen tiheysluokkien, hehtaaria kohden mitattujen pohjapinta-alojen ja laskettujen kuutiomäärien vaihtelurajat sekä keskiarvot.

Käyttämällä eri metsätyyppien keskihyvyyslukuina niitä suhteellisia arvoja, mitkä on esitetty mm. LIHTONEN (1959, s. 122) teoksessa ja laskemalla näille koealojen lukumäärällä punnittu keskiarvo puulajeittain, saadaan mäntykoealojen keskihyvyysluvuksi 5.6 eli likimain VT:ä vastaava luku ja kuusikoealojen 6.5 eli MT:ä vastaava luku. Koska eri metsätyypeillä, tuonnempana esitettävän mukaan, on oma tiheyslukunsa, on männikkökoealojen taksatorisen tiheysluokan katsottava vastaavan keskimäärin VT:n männiköiden tiheyksiä ja kuusikkokoealojen MT:n kuusiköiden tiheyksiä.

Kehitysluokkiin 1—3 eli kasvatettaviin metsiin sisältyy edellisen mukaan metsiköitä, joiden taksatorinen tiheys jää keskitiheidien metsien tiheysluokan eli 0.7—0.8 alapuolelle. Nämä on luettu kuitenkin mainittuihin kehitysluokkiin niiden suhteellisen hyvän kasvukunnon sekä sen perusteella, että ne ovat hiljattain harvennettuja metsiä. Tällaisten metsien taksatorinen tiheysluokka voi tuonnempana esitettävän mukaan olla välittömästi harvennuksen jälkeen jopa 0.6—0.7, vaikka niiden metsänhoidollinen tiheys on 1.0

Taulukko 1. Koealametsiköt tärkeimpine tunnuksineen.
Table 1. The sample stands with their essential characteristics.

Kehitysluokka Development stage ¹	Mänty — Pine					Kuusi — Spruce				
	Tiheysluokka Density class	Pohjapinta-ala Basal area		Kuutiomäärät Cubic volume		Tiheysluokka Density class	Pohjapinta-ala Basal area		Kuutiomäärät Cubic volume	
		Vaih- telu- rajät Vari- ability	Keski- arvo Mean	Vaih- telu- rajät Vari- ability	Keski- arvo Mean		Vaih- telu- rajät Vari- ability	Keski- arvo Mean	Vaih- telu- rajät Vari- ability	Keski- arvo Mean
		m ² /ha sq.m. per ha		m ³ /ha cu.m. per ha			m ² /ha sq.m. per ha		m ³ /ha cu.m. per ha	
1	0.5—1.0	4—14	9.0	3—65	34.1	0.5—0.9	3—12	7.8	12—55	31.3
2	0.5—1.3	10—28	18.3	60—241	126.0	0.5—1.2	13—32	20.0	60—310	160.0
3	0.5—1.0	10—32	21.8	70—298	209.0	0.6—1.0	14—32	23.2	134—338	229.0
4	0.4—0.8	7—25	15.6	50—219	141.3	0.5—1.0	13—28	20.5	120—283	192.6
5	0.1—0.6	3—16	9.1	30—140	77.3	0.1—0.8	3—20	10.4	25—160	86.3
Yht. Total	0.1—1.3	4—32	16.0	3—298	127.4	0.1—1.2	3—32	16.4	12—338	139.3

1. Seedling and sapling stands
2. Thinnable stands
3. Stands in preparatory stage
4. Regeneratable stands
5. Stands under regeneration cutting (seed tree and shelter-wood stands)

Korjauskaavojen johtaminen

Mikäli keskipituustaulukosta laskettu tiheys olisi sama kuin valtapituustaulukon vastaava tiheys, olisivat kummankin taulukon saman tiheysluokan kuutioluvut samat. Tulokset osoittavat kuitenkin, että edelliset olivat miltei säännöllisesti jälkimmäisiä pienemmät. Tämä seikka voidaan vielä varmistaa tilastomatemaattisin keinoin toteamalla, ovatko näiden tiheyslukujen keskiarvojen erotukset suurempia kuin niiden kolminkertaiset keskivirheet. Tämän jälkeen oli johdettava sellaiset yhtälöt, joiden avulla keskipituustaulukon tiheysluvut ($= Y$) voidaan korjata valtapituustaulukon tiheyslukuja ($= X$) vastaaviksi. Tämä suoritettiin laskemalla ensin keskipituustaulukon mukaisten tiheyslukujen koealojen lukumäärällä punnittu keskiarvo ($= M_y$) ja valtapituustaulukon mukaisten tiheyslukujen vastaava keskiarvo ($= M_x$), kummankin keskihajonnat (S_y , S_x), ns. PEARSONIN korrelaatiokerroin ($= r$) ja näiden pohjalta edelleen regressiosuoran yhtälöt kehitysluokittain ja koko aineistolle, kaikki puulajeittain. Tilastolliset tunnuksot ja niiden keskivirheet laskettiin niiden kaavojen ja menetelmien mukaan, jotka on esitetty mm. VAHERVUON (1952) ja ALAMERI-PÖYHÖSEN (1959) teoksissa.

Koko aineiston tilastolliset tunnusluvut ovat seuraavat:

Tunnusluku Characteristic		Mänty Pine	Kuusi Spruce
Keskiarvo Population mean	M_x	0.70 ± 0.02	0.69 ± 0.02
Populaation keskihajonta Standard deviation of the population	M_y	0.55 ± 0.02	0.49 ± 0.01
Korrelaatiokerroin	S_x	0.23 ± 0.01	0.23 ± 0.01
	S_y	0.18 ± 0.01	0.16 ± 0.01
	r	$+ 0.94 \pm 0.01$	$+ 0.96 \pm 0.02$

Regressiosuoran yhtälö johdettiin kaavalla:

$$1. \quad Y - m_y = r \cdot \frac{S_y}{S_x} (X - M_x).$$

Merkitemällä regressiokerrointa $r \cdot \frac{S_y}{S_x} = b$ ja $M_y - b \cdot M_x = a$ saadaan

$$2. \quad Y = b \cdot x + a$$

Edellisten lisäksi on regressiokertoimien yhdistetyn keskivirheen avulla tutkittava, onko eri kehitysluokille laskettava omat regressiosuoran yhtälönsä vai voidaanko korjaus suorittaa samalla yhtälöllä koko aineiston kohdalla puulajeittain. Samalla on tutkittava regression suoraviivaisuutta.

Kaavaa 2 käyttämällä saatiin edelleen taulukossa 2 esitetyt regressiosuoran yhtälöt. Taulukkoon on merkitty myös regressiokertoimien keskivirheet.

Tunnuslukujen ja niiden keskivirheiden sekä aineiston perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä:

Taulukko 2. Regressiosuorain yhtälöt ($= Y = b \cdot x + a$) ja regressiokertoimien keskivirheet ($= E_b$)

Table 2. The equations of the regressionlines ($Y = b \cdot x + a$) and the standard errors of the regression coefficients ($= E_b$).

Puulaji Tree species	Kehitysluokka — Development stage					Koko aineisto Material in all
	1	2	3	4	5	
	$Y = b \cdot x + a:$					
Mänty Pine	$0.63 X + 0.08$	$0.84 X - 0.04$	$0.73 X + 0.04$	$0.79 X + 0.01$	$0.74 X + 0.03$	$0.74 X + 0.03$
Kuusi Spruce	$0.54 X + 0.14$	$0.64 X + 0.08$	$0.71 X + 0.03$	$0.60 X + 0.10$	$0.73 X + 0.01$	$0.70 X + 0.01$
	$E_b:$					
Mänty Pine	± 0.10	± 0.06	± 0.06	± 0.06	± 0.08	± 0.02
Kuusi Spruce	± 0.10	± 0.07	± 0.09	± 0.05	± 0.04	± 0.02

Valtapituustaulukon ja keskipituustaulukon mukaisten tiheyslukujen keskiarvojen erotukset ($= M_x - M_y$) ovat suuremmat kuin niiden kolminkertaiset yhdistetyt keskivirheet, kehitysluokkaa 5 lukuunottamatta, jossa erotus on vain n. 1—2 kertaa mainittu keskivirhe. Jos keskiarvolaskelmat suoritetaan Y:hyn nähden X-luokittain, jäävät erotukset alimmissa luokissa, n. 0.5 tiheysluokkaan saakka, myös pienemmiksi kuin luokkien 3-kertaiset keskivirheet. Kun 5. kehitysluokassa onkin vain alimpia tiheysluokkia, on näin ollen luonnollista, että Y- ja X-arvot lähenevät täällä toisiaan. Keskivirhelaskelmat osoittavat siis selvästi, että mainitut arvot eivät voi kuulua samaan kehityssarjaan, alimpien tiheysluokkien tiheyksiä lukuunottamatta.

Kunkin kehitysluokan ja koko aineiston regressiokertoimen erotus on kummallakin puulajilla kaikissa tapauksissa pienempi kuin vastaava 3-kertainen yhdistetty keskivirhe. Tämän perusteella ei regressiokertoimien erotusta voida pitää merkitsevänä, joten koko aineiston perusteella saatua regressioviivaa ja siihen perustuvaa tasoitusta voidaan soveltaa saman puulajin koko aineistoon.

Regression suoraviivaisuutta voidaan tutkia joko laskemalla luokkakeskiarvot ja toteamalla näistä, onko niiden yhdistysviiva lähimain suoraviivainen vai ei, tahi laskemalla korrelaatiokerroin ja toteamalla, onko tämä likimain samansuuruinen kuin korrelaatiokerroin, jolloin regressio on suoraviivainen. Jos korrelaatiokerroin on suurempi kuin korrelaatiokerroin, regressio ei ole enää suoraviivainen. Edellinen tarkastustapa osoitti, että regressio oli kummankin puulajin koko aineistossa sekä männyn kehitysluokissa 2—5 ja kuusen luokissa 1, 3 ja 4 täysin sekä muissakin melkein suoraviivainen. Tämän perusteella kat-

sottiin, että suoraviivaisella regressiosuoran yhtälöllä saadaan aikaan kyllin luotettava tasoitus.

Keskipituustaulukon tiheyslukujen keskihajonnat ovat pienemmät kuin valtipituustaulukon tiheyslukujen vastaavat hajonnat. Kun pystyhajonta on pieni, nostaa se korrelaatiokerrointa. Pystyhajonnat (= S_y) vaihtelevatkin X-luokittain mäännällä ainoastaan 0.1—0.3 tiheysasteeseen, yhdessä tapauksessa 0.5:een, kuusella 0.1—0.3:een.

Ratkaisemalla yhtälö 2 Y:n suhteen ja kertomalla tällä keskipituustaulukon mukainen täystiheän metsikön kuutiomäärä (= v) saadaan valtipituustaulukon mukaista tiheyslukua (= X) vastaava korjattu kuutiomäärä (= V) uuteen keskipituustaulukoon korjatussa tiheysluokassa X. Kaava on siis seuraava:

$$3. \quad V = Y. v = (a + b.X) . v$$

Taulukot ja niiden tarkkuus

Taulukkoon 3 on sanotulla tavalla laskettu keskipituuteen ja korjattuun tiheyslukuun (= X) perustuvat korjatut kuutiomäärät. Aineiston kohdalla poikkeavat taulukon luvut koealoilta lasketuista kuutiomääristä keskimäärin + 2.3 %. Alla oleva asetelmä osoittaa poikkeamisen hajontaa:

Taulukon 3 kuutiomäärät poikkeavat koealoittain lasketuista, %
— Deviations of the cubic volumes in the Table 3 from corresponding volumes of sample stands %

	Mänty — Pine	Kuusi — Spruce
	Koealojen lukumäärästä	
	Percentage of the sample stands	
0—5	44	61
6—10	32	17
11—20	18	14
21—30	5	7
31—40	1	1
Yhteensä	100	100
<i>Total</i>		

Koska enemmän kuin 3/4 osaa aineistosta osoittaa pienempää kuin 10 % poikkeusta, voidaan taulukkoja pitää luotettavuusasteeltaan tyydyttävinä.

Taulukko 3. Metsikön kuutiomäärä tiheysluokan ja keskipituuden perusteella.
Table 3. Cubic volume in stands according to density class and mean height.

Korjattu tiheysluokka Corrected density class = X	Ent. tiheysluokka Former density class = Y	Keskipituus, metriä — Mean height, metres																							
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
		k-m ³ /ha kuorineen — cu.m., solid measure, incl. bark, per ha																							
Mänty — Pine:																									
1.3	0.99	38	50	64	79	95	112	128	146	163	181	200	220	239	259	280	301	322	345	366	389	411			
1.2	0.92	35	47	60	74	88	104	119	135	152	168	186	204	222	241	260	280	299	320	340	362	382			
1.1	0.84	32	43	55	67	81	95	108	123	139	154	170	186	202	220	238	255	273	292	311	330	349			
1.0	0.77	29	39	50	62	74	87	99	113	127	141	156	171	186	202	218	234	250	268	285	303	320			
0.9	0.70	27	36	46	56	67	79	90	103	116	128	141	155	169	183	198	213	228	244	259	275	291			
0.8	0.62	24	32	40	50	60	70	80	91	102	113	125	138	149	162	175	188	202	216	229	244	257			
0.7	0.55	21	28	36	44	53	62	71	81	91	101	111	122	133	144	156	167	179	191	204	216	228			
0.6	0.48	18	24	31	38	46	54	62	71	79	88	97	104	116	126	136	146	156	167	178	189	199			
0.5	0.40	15	20	26	32	38	45	52	59	66	73	81	89	96	105	113	122	130	139	148	157	166			
0.4	0.33	13	17	21	26	32	37	43	49	54	60	67	73	80	86	93	100	107	115	122	130	140			
0.3	0.25	10	13	16	20	24	28	32	37	41	46	51	56	60	66	71	76	81	87	93	98	104			
0.2	0.18	7	9	12	14	17	20	23	26	30	33	36	40	43	47	51	55	59	63	67	71	75			
0.1	0.10	4	5	7	8	10	11	13	15	17	18	20	22	24	26	28	30	33	35	37	39	42			
Kuusi — Spruce:																									
1.3	0.92	31	43	57	72	87	104	122	141	161	181	202	224	247	270	295	300	346	373	399	427	454			
1.2	0.85	29	40	53	66	81	96	113	130	149	167	187	207	229	250	273	296	320	344	369	394	420			
1.1	0.78	27	37	48	61	74	88	104	119	137	154	172	190	210	229	250	271	293	316	339	362	385			
1.0	0.71	24	33	44	55	67	80	94	109	124	140	156	173	191	209	228	247	267	288	308	329	351			
0.9	0.64	22	30	40	50	61	72	85	98	112	126	141	156	172	188	205	223	241	259	278	297	316			
0.8	0.57	19	27	35	44	54	64	76	87	100	112	125	139	153	168	183	198	214	231	247	264	282			
0.7	0.50	17	24	31	39	48	57	66	77	88	98	110	122	135	147	160	172	188	202	217	232	247			
0.6	0.43	15	20	27	34	41	49	57	66	75	85	95	105	116	126	138	150	162	174	187	200	212			
0.5	0.36	12	17	22	28	34	41	48	55	63	71	79	88	97	106	116	125	135	146	156	167	178			
0.4	0.29	10	14	18	23	28	33	39	44	51	57	64	71	78	85	93	101	109	117	126	135	143			
0.3	0.22	7	10	14	17	21	25	29	34	39	43	48	54	59	65	71	77	83	89	95	102	109			
0.2	0.15	5	7	9	12	14	17	20	23	26	30	33	37	40	44	48	52	56	61	65	70	74			
0.1	0.08	3	4	6	7	8	9	11	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	35	37	40			

Tiheys ja kasvupaikan hyvyys

Tarkasteltaessa erilaisten kasvupaikkojen hoitonormaalien metsien keskipituuksia ja kuutiomääriä mm. KOIVISTON (1959) kasvu- ja tuottotaulukoista havaitaan, että vaikka metsikön keskipituudet ovat samat, eri metsätyyppien puuston kuutiomäärät poikkeavat kuitenkin toisistaan. Siitä huolimatta ovat nämä metsiköt sekä metsänhoidollisesti että taksatorisesti omalla metsätyyppil-

lään täystiheitä. Merkitsemällä NYSSÖSEN (1954 a) ja KALLION (1960) männikkösarjojen sekä VUOKILAN (1956) ja KALLION (1957) kuusikkosarjojen mukaiset keskipituusluvut pystyakselille ja niitä vastaavat kuutiomäärät vaaka-akselille metsätyypeittäin sekä lisäksi taulukon 3 tiheysluokan 1.0 kuutiomäärät, samaan tapaan kuin kuvassa 1, todettiin, että taulukon mukaiset täystiheän metsän kuutiomäärät ovat männyllä likimain samat kuin VT:n ja kuusella taas samat kuin MT:n hoitonormaalien täystiheän metsikön kuutiomäärät. Tiheysluokka 1.0 vastaa siis näiden metsätyyppien keskimääräistä hoitonormaalipuu-
toa. Samalla tavalla saadaan muiden metsätyyppien hoitonormaalien metsikkö-
sarjojen täystiheän metsikön tiheysluvuiksi taulukosta 3 likimäärin seuraavat luvut:

Metsätyyppi Site	Mänty — Pine	Kuusi — Spruce
	tiheysluokka density class	
OMT	—	1.1
MT	1.1	1.0
VT	1.0	—
CT	0.8	—

OMT:n täystiheän eli tiheysluokan 1.0 kuusikon kuutiomäärä samassa pituusluokassa on edellisen mukaan siis sama kuin taulukon 3 kuusen tiheysasteesta 1.1 saatava kuutiomäärä eli 1.1 kertaa MT:n täystiheän kuusikon kuutiomäärä. Täystiheän eli tiheysluokan 1.0 CT-männikön kuutiomäärä on vain 80 % täystiheän VT-männikön kuutiomäärästä. Tiheysluokan muuttuessa täystiheästä alenee tai nousee saman pituusluokan kuutiomäärä näillä metsätyypeillä samassa suhteessa kuin tiheys alenee tai nousee. Koska muiden metsätyyppien hoitonormaalipuuustoista ei ole tarvittavia lukuja, voitiin ko. suhdeluvut määrittää vain asetelman 5:lle sarjalle.

Harvennuksen vaikutus taksatoriseen tiheyteen

Kasvatusvaiheessa oleva, täysin tarkoituksenmukaisesti harvennettu metsikkö eli ns. hoitonormaali metsikkö on aina täystiheä. Tämä ns. metsä hoitollisen tiheyden periaate on lausuttu mm. VALTION METSIEN TALOUSSUUNNITELMATÖIDEN OHJEISSA (1960 s. 30). Tämä määritelmä ei sovellu taksatoriseen tiheyteen. Kun metsikkö harvennetaan, alenee taksatorinen tiheys likimain samassa suhteessa kuin on poistuman kuutiomäärän suhde harvennetun metsikön alkupuuston kuutiomäärään. Edellytyksenä on kuitenkin se, että keskipituus pysyy harvennuksen jälkeen samana kuin ennen harvennusta. Kasvatushakkuun vaikutuksesta nousee kuitenkin keskipituus välittömästi. Niinpä KALLION kuusikko- ja kylvömännikkötutkimusten (1957; 1960) aineistoissa on keskipituus 9 metriin saakka ennen harvennusta, harvennusjaksojen puoli-

välissä ja harvennuksen jälkeen miltei sama. Sen jälkeen havaitaan, että keskipituus on 20 metrin paikkeilla harvennuksen jälkeen n. 0.5 metriä pitempi kuin välittömästi ennen harvennusta. Yksityisissä metsiköissä voivat nämä erotukset olla vielä suurempiakin.

Edellisestä seuraa, että jos harvennuksessa poistetaan esim. 20 % metsikön kuutiomäärästä mutta keskipituus nousee 0.5:llä metrillä, laskee taksatorinen tiheys enemmän kuin 20 %:lla, taulukon 3 mukaan esim. kuusella 15 metrin pituusluokassa ja tiheysluokassa 1.0 0.8 asemesta n. 0.75:een. Jos vastaava tiheys on ennen harvennusta 1.2, laskee se keskipituuden jäädessä samaksi 0.96:een, mutta pituuden noustessa 0.5:llä metrillä n. 0.92:een.

Harvennus- ja väljennysvaiheessa olevista metsiköistä eli 2. ja 3. kehitysluokista laskettiin harvennuksesta kuluneen vuosimäärän (= X) ja tiheysluvun (= Y) korrelaatiokertoimet (= r), tämän ja tilastollisten tunnusten avulla edelleen regressiokertoimet ja regressiosuoran yhtälöt ja saatiin seuraavat tulokset:

	Mänty	Kuusi
Korrelaatiokerroin	+ 0.69 ± 0.05	+ 0.72 ± 0.07
Regressiosuoran yhtälö	Y = 0.07 X + 0.58	Y = 0.05 X + 0.57

Ratkaisemalla yhtälö Y:n suhteen saadaan seuraava asetelma:

Hakkuusta vuotta (= X) Years from cutting	Vastaava tiheys (= Y) Corresponding density class	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce
0	0.58	0.57
2	0.72	0.67
4	0.86	0.77
6	1.00	0.87
8	1.14	0.97

Edellisen mukaan nousee taksatorinen tiheys 8:ssa vuodessa hakkuusta männiköissä n. 0.6:sta n. 1.1:een sekä kuusikoissa 0.6:sta 1.0:aan. Vastaavat erotukset ovat n. 45 ja 40 %. Tehtyjen havaintojen mukaan olivatkin poistumasadan-
nekset koaloilla huomattavan suuret, eikä eri vuosina ko. 8 vuoden aikana suoritettujen harvennusten voimakkuusasteessa ollut havaittavissa merkittäviä eroja. Korrelaation ollessa vain 2/3 täydestä keskinäisestä riippuvuudesta eivät luvut voi olla kuitenkaan eksaktisia, mutta kuvaavat kuitenkin harvennus-
ajasta lukien tapahtuvaa tiheyden kehitystä ja sitä, että voimakkaasti harvennetun metsikön tiheys voi nousta suhteellisen lyhyessä ajassa täystiheän tasolle. Ilmeisesti suuren kuutiokasvustadanneksen ansiosta. Voimakkaasti harvennetun metsikön tiheys ei näytä nousevan 8 vuodessa kuitenkaan 1.2—1.3:een, mikä alempana esitettävän mukaan on hoitonormaalien metsän maksimitiheys ennen harvennusta.

Sen seikan selvittämiseksi, mikä on hoitonormaalien metsän taksatorinen tiheys ennen harvennusta ja harvennuksen jälkeen sekä näiden suhde keskimääräiseen puustoon määritettiin KALLION (1960) kylvömännikötutkimussarjoista sekä VUOKILAN (1956) ja KALLION (1957) kuusikotutkimussarjoista vastaavat kuutiomäärät ja keskipituudet harvennusajankohtana eli kunkin 10-vuotiskautisen laskentajakson keskellä. Saatujen kuutiomäärien ja niitä vastaavien keskipituuksien perusteella määritettiin sitten taulukosta 3 vastaavat tiheydet ja saatiin alla olevan asetelman tiheysluvut. Keskipituus arvioitiin ennen harvennusta n. 0.2—0.3 metriä pienemmäksi kuin keskimääräisen puuston ja heti harvennuksen jälkeen taas n. 0.2—0.3 metriä suuremmaksi.

	Mänty — Pine	Kuusi — Spruce
	tiheysluokka — density class	
Ennen harvennusta — <i>Stands before thinning</i>	1.1—1.2	1.1—1.3
Keskimääräinen puusto — <i>Stands in average</i>	1.0	1.0
Harvennuksen jälkeen — <i>Stands after thinning</i>	0.7—0.8	0.7—0.8

KALLION (1957; 1960) tutkimusaineistosta laskettujen regressiosuorien avulla ja 8—10 vuoden hakkuukiertoa soveltamalla saatiin likimain yllä olevan asetelman lukuja vastaavat tiheysluvut.

Edellisen perusteella voidaan todeta, että kun kasvatusvaiheessa olevan metsikön taksatorinen tiheys nousee 1.2—1.3:een, on harvennus tai väljennys välttämätön, mutta ei vielä tiheysluokassa 1.0—1.1, sekä että mainittu tiheys saa hakkuussa alentua Etelä-Suomen keskimääräisissä oloissa ja 8—10 vuoden hakkuukiertoa sovellettaessa 0.7—0.8:aan. Mikäli tiheys alenee enemmän, joudutaan hakkuukierron pituutta lisäämään jos metsikköä halutaan kasvattaa metsänhoidollisesti likimain täystiheänä.

Uudistusvaiheessa olevan emometsän taksatorinen tiheys alenee sen sijaan pysyvästi täystiheän alapuolelle.

Silmävaraisesti arvioitu tiheys

Koelametsikössä suoritettiin myös tiheysluokan arviointi. Arvioidun tiheyden (= Y) ja lasketun tiheyden (= X) väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin männyllä $+0.85 \pm 0.02$ ja kuusella $+0.84 \pm 0.03$. Luokkakeskisarvojen laskemisella todettiin kuitenkin, että X:n ja Y:n välinen korrelaatio ja regressio ei ole suoraviivainen, kuten seuraavan asetelman luvuista voidaan todeta:

Laskettu tiheys Calculated density class (= X)	Arvioitu tiheys (luokkakeskisarvo) Estimated density class (the mean value of class) (= Y)	
	Mänty — Pine	Kuusi — Spruce
1.10	0.87	0.85
0.90	0.80	0.78
0.70	0.69	0.72
0.50	0.59	0.68
0.30	0.33	0.37
0.10	0.14	0.10

Luvuista havaitaan, että ylimmät tiheysluokat on aliarvioitu ja alimmat yliarvioitu. Edelleen havaitaan, että lähimain täystiheät metsät (0.9—1.1) on arvioitu miltei tasaisesti tiheysluokkiin 0.8—0.9. Tämä johtunee siitä, että on totuttu pitämään täys- ja ylitihinä metsikköjä, jotka ovat luonnonnormaalissa tilassa. Kun hoitonormaalien, harvennettujen ja väljennettyjen metsien tiheyttä arvostellaan tältä pohjalta, viedään ne helposti 0.1—0.2 astetta liian alhaiseen tiheysluokkaan. Alitiheiden metsien vieminen liian korkeaan tiheysluokkaan johtunee, mm. tekijän kokemuksen mukaan, taas siitä, että näiden latvusala on runkoa kohden suurempi kuin tiheissä metsiköissä, metsikkö näyttää todellista tiheämmältä. Pyrkimys pienen kuutiomäärien yliarviointiin ja suurien aliarviointiin, mikä on todettu yleisimmäksi mm. ILVESSALON (1930, s. 736) ja KALLION (1958, s. 4) kirjoituksissa, ilmenee siis myös tiheyden silmävaraisessa arvioinnissa.

Tiheysarvioinnin oikaisu ja tiheyden mittaaminen

Virheellisesti arvioidut tiheysluvut voidaan edellisen mukaan oikaista samaan tapaan kuin virheelliset kuutiomääräarviotkin (vrt. ILVESSALO mt. s. 736 ja KALLIO mt. s. 4), mikäli arviomiehellä on käytettävissään kylliksi suuri havaintosarja omista tiheysarvioinneistaan ja niitä vastaavat lasketut tiheysluvut.

Tiheyden suoranaisia mittauskeinoja ei tässä yhteydessä, edellä esitettyä pituuteen ja kuutiomäärään perustuvaa lukuunottamatta, voida laajemmalti käsitellä, koska ne vaatisivat erikoisaineistoa siinä suoritettavine mittauksineen. Mainittakoon tässä yhteydessä, että latvusalan peittävyysadanneksen ja keskipituuteen perustuvia kuutioimistaulukoita on laadittu mm. ilma-kuvilta suoritettavaa puuston arviointia varten (vrt. NYSSÖNEN 1955). Latvusten sulkeutuneisuuden tai latvusprojektion selvittäminen maasta käsin on ilmeisesti kuitenkin varsin hankalaa (vrt. SUKATSEV 1960, s. 87). SARVAS (1953) pitää arvioinnin luotettavuuden edellytyksenä sitä, että käytettävissä on riittävä määrä metsikköitä, joiden latvusyhteys määritetään jollakin objektiivisella menetelmällä, esim. pistemenetelmällä.

Lähimain säännöllisissä, tasaikäisissä metsissä saattaa myös runkoluku antaa viitteitä tiheysluokan määrittämiseen. Merkitsemällä kasvatettavien hoitonormaalien metsien eli toistuvasti harvennettujen metsiköiden runkoluvut KOIVISTON (1959, ss. 10—14) kasvu- ja tuottotaulukoista puulajeittain ja metsätyypeittäin akselistoon, jonka vaakasuora akseli edustaa runkolukua hehtaarilla ja pystyakseli vastaavaa keskipituutta, voidaan määrittää kutakin pituusluokkaa vastaava täystiheän hoitonormaalien metsikön runkoluku hehtaarilla. Nämä nähdään taulukossa 4. Jos metsikön tiheys poikkeaa täystiheästä, ei runkoluku kuitenkaan muutu samassa suhteessa kuin tiheysluokka. Niinpä KALLION (1957, s. 54) tutkimussarjojen OMT-kuusikon kuutiomäärä ja vastaavasti myös tiheys on harvennuksen jälkeen n. 20—30 % mutta runkoluku n. 25—35 % pienempi kuin täystiheän metsän keskimääräisen puuston, kuten taulukon viimeisistä sarakkeista nähdään.

Taulukko 4. Hoitonormaalien metsiköiden runkoluku.

Table 4. Stem number of managed normal stands.

Keskipituus m Mean height, m	Mänty — Pine				Kuusi — Spruce					
	Täystiheä Fully stocked stand				Täystiheä Fully stocked stand				Harvennuksen jälkeen Stands after thinning	
	Metsätyyppi — Site								Runkoluku Stem number	Kuutiomäärä — Cubic volume in cu.m.
	MT	VT	CT	OMT	MT					
Runkoluku hehtaarilla Stem number per ha								% täystiheästä per cent from fully stocked		
6	3 000	3 250	2 700	4 400	—	—	—	—	—	
8	2 500	2 700	2 150	3 750	5 000	63	70			
10	2 200	2 250	1 750	3 250	4 000	65	70			
12	1 800	1 900	1 400	2 750	3 250	70	75			
14	1 650	1 650	1 100	2 250	2 250	70	77			
16	1 300	1 250	800	1 850	1 750	72	77			
18	1 100	1 000	600	1 500	1 250	75	78			
20	850	750	400	1 050	950	75	80			
22	650	550	—	750	750	78	82			

Tiheyslukujen riippuvuutta pohjapinta-aloista tutkittiin vielä merkitsemällä aineistona käytettyjen koalametsiköiden keskipituudet akselistoon, jossa vaak-akseli edusti tiheysluokkaa ja pystyakseli puuston pohjapinta-alaa hehtaarilla. Näiden perusteella piirrettiin pituusluokittaiset käyrät, joista voitiin lukea kutakin keskipituus- ja pohjapinta-alaluokkaa vastaavat tiheysluokat. Tulokset esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Eri pohjapinta-aloja ja keskipituuksia vastaavat tiheysluokat.

Table 5. The density classes corresponding to different basal areas and mean heights.

Keskipituus, m Mean height m	Pohjapinta-ala, m ² /ha — Basal area, sq.m. per ha															
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	Tiheysluokka — Density class															
Mänty — Pine																
4	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2										
6	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2									
8	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3							
10	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2						
12	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2					
14	0.1	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2				
16	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2			
18	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1		
20	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
22	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
24	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
Kuusi — Spruce																
4	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2											
6	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3									
8	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2								
10	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2						
12	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2					
14	0.1	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2				
16	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2			
18	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	
20	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
22	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
24	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

Taulukon tiheys- ja keskipituusluokan perusteella määritettiin taulukosta 3 vastaava kuutiomäärä sekä keskipituuden ja pohjapinta-alan perusteella vastaava kuutiomäärä NYSSÖSEN (1954b, s. 21) taulukoista. Jälkimmäisten perusteella saadut kuutiomäärät poikkesivat edellisistä männyllä keskimäärin + 1.7 % ja kuusella + 1.3 %. Alla oleva asetelma osoittaa poikkeamien hajontaa:

Nysssösen taulukoiden kuutiomäärät poikkeavat taulukon 3 kuutiomäärästä, % —
Deviations of the cubic volumes in the Tables made by Nysssönen from corresponding volumes in the Table 3, %

	Mänty — Pine	Kuusi — Spruce
0	11	7
1—5	47	63
6—10	26	16
11—20	15	11
21—30	1	3
Yhteensä — Total	100	100

(109 näytettä — (112 näytettä —
sample number = 109) sample number = 112)

Taulukon lukuja käytettäessä on huomattava se edellä mainittu seikka, että esitetty tiheysluvut vastaavat männyllä VT:n tiheysluokkia ja kuusella MT:n tiheysluokkia. MT:n männiköissä ja OMT:n kuusikoissa on taulukon tiheyslukuja alennettava n. 10 %:lla, mutta CT:n männiköissä taas 20—25 %:lla korotettava.

Yhdistelmä

Tutkimuksessa otettiin taksatorisen tiheysluokituksen pohjaksi ILVESSALON laatimien, metsikön tiheyteen ja valtapituuteen perustuvien kuutioimistaulukoiden tiheysluokitus. Samalla verrattiin näiden taulukoiden avulla saatuja, täystiheiden metsien (tiheysluokka 1.0) kuutiomääriä vastaaviin Suomen eteläpuoliskon hoitonormaalien metsien kuutiomääriin ja todettiin, että valtapituustaulukon täystiheiden metsien kuutiomäärät ovat samat kuin hoitonormaalien metsien keskimääräiset kuutiomäärät samassa valtapituusluokassa. Tällä tavalla voitiin empiirisen valtapituustaulukon kuutiolukujen luotettavuus sitoa hoitonormaalien metsien vastaaviin kuutiomääriin. Metsikön kuutiomäärän poike-
 tessa täystiheän metsikön kuutiomäärästä on saman valtapituusluokan tiheysluokka yhtä kuin edellisen kuutiomäärän suhde jälkimmäiseen, kymmenesosina lausuttuna.

Mm. tutkimusaineiston perusteella todettiin, että metsikön keskipituuteen ja tiheyteen perustuvat JONSONIN kuutioimistaulukot antavat samassa metsikössä ja samaa tiheysluokitusta käytettäessä erilaisen (yleensä suuremman) kuutiomäärän kuin valtapituustaulukot. Kun jälkimmäiset perustuvat nimenomaan talousmetsiin, jollaisiin myös käytännölliset arvioimistyöt yleensä kohdistuvat, korjattiin tutkimuksessa keskipituustaulukon tiheysluokitus tutkimusaineiston osoittamien tulosten nojalla sellaiseksi, että niitä voidaan soveltaa käytäntöön ja että taulukosta (Taulukko 3) saadaan samassa metsikössä ja samaa tiheysastetta sovellettaessa sama tai likimain sama kuutiomäärä kuin valtapituustaulukos-

takin. Tällöin edellytettiin, että keskipituus määritetään tai arvioidaan yleisen käytännön mukaan pohjapinta-aloilla punnittuna keskipituutena tai metsikön sen puun pituutena, joka on mediaanipuu pohjapinta-alan suhteen.

Taulukon 3 tiheysluokan 1.0 kuutiomäärä vastaa männyllä VT:n ja kuusella MT:n täystiheätä, hoidettua metsää. Täystiheän MT:n männikön likimääräinen kuutiomäärä saadaan taulukosta 3 tiheysluokan 1.1 ja CT:n 0.8 kohdalta, täystiheän OMT:n kuusikon taas tiheysluokan 1.1 kohdalta. Näiden tiheysluokan muuttuessa täystiheästä muuttuu saman pituusluokan kuutiomäärä samassa suhteessa kuin tiheysluokkakin. Taulukot soveltuvat lähinnä Etelä-Suomen metsiin.

Kun kasvatettavan, hoitonormaalien metsikön taksatorinen tiheysluokka nousee yli 1.0:n, keskimäärin 1.2:een, on metsikössä suoritettava harvennus tai väljennys, jossa tiheysluokka saa alentua n. 0.7—0.8:aan. Tämän jälkeen kestää Etelä-Suomen oloissa n. 8—10 vuotta, ennenkuin metsikön taksatorinen tiheysluokka ylittää 1.0:n, jolloin uusi hakkuu on tarpeen.

Silmävaraisesti suoritettujen virheellisen tiheysarvioinnin voi oikaista omiin kokemuskokemuksiinsa perustuen samaan tapaan kuin virheellisen kuutiomääräarvionkin. Tiheysluokkaa voidaan mitata ja tiheysarviointia tarkistaa ao. keskipituusluokan latvusalan peittävyuden, runkoluvun tai metsikön pohjapinta-alan perusteella.

Kirjallisuusluettelo — References

- ALAMERI, R.—PÖYHÖNEN, P. 1959. Johdatusta tilastolliseen tutkimukseen, 3 painos. Helsinki.
- BITTERLICH, W. 1952. Die Winkelzählprobe. — Forstwiss. Centralbl.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1930. Käytännölliset metsän arvioimistavat. Maa ja metsä, metsätalous 3. Helsinki.
- »— 1959. Puun ja metsikön mittausta ja kasvun laskenta. Tapion Taskukirja, 14. painos. Helsinki.
- KALLIO, KUSTAA. 1957. Käenkaali-mustikkatyypin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus. Summary: On the development of spruce forests of the oxalis-myrtillus site type in the south-west of Finland. — AFF 66.
- »— 1958. Havaintoja kyvystä arvioida silmävaraisesti puuston kuutiomäärä ja rakenne. Summary in English. — MA n:o 2/1958.
- »— 1960. Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of pine stands established by sowing in the south of Finland. — AFF 71.
- KOIVISTO, PENTTI. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. — MTJ 51.
- LIHTONEN, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Porvoo—Helsinki.
- NYYSSÖNEN, AARNE. 1954a. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — AFF 60.
- »— 1954b. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand volume by means of the relascope. — MTJ. 44.
- »— 1955. On the estimation of the growing stock from aerial photographs. Selostus: Puuston arvioimisesta ilmakuvien avulla. — MTJ 46.
- SARVAS, R. 1953. Measurement of the crown closure of a stand. Selostus: Puuston latvusyhteyden mittaaminen. — MTJ 41.
- SUKATSEV, V. 1960. Metsätyyppien tutkimisen opas. 3:nnestä venäjänkielisestä v. 1930 ilmestyneestä painoksesta suomentanut ERKKI LAITAKARI. — SF 99.
- VAHERVUO, TOIVO. 1952. Psykometriikan metodeja I. Tilastolliset peruskäsitteet. Porvoo—Helsinki.
- Valtion metsien taloussuunnitelmatyöt. Ohjeita. 1960. Metsähallitus. Moniste.
- VUOKILA, YRJÖ. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. — MTJ 48.
- »— 1959. Relaskoopin menetelmän tarkkuudesta puuston arvioinnissa. Summary: On the accuracy of the relascope method of cruising. — MTJ 51.

Lyhennykset — Abbreviations.

- AFF = Acta Forestalia Fennica, Helsinki.
- MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti, Helsinki.
- MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, Helsinki.
- SF = Silva Fennica, Helsinki.

SUMMARY:

THE MENSURATIONAL DENSITY OF A STAND IN ESTIMATING THE VOLUME ON THE BASIS OF THE MEAN HEIGHT AND THE DENSITY CLASS

In Finland, ocular estimation of the growing stock has been made by means of volume tables based upon the mean height and density class, or upon the dominant height and density class of the stand. The mean height tables were originally developed by JONSON, of Sweden, for coniferous trees, and applied to birch by LIHTONEN. The dominant height tables, prepared by ILVESSALO, are based upon the sample plot material of the National Forest Inventories, and have been adapted to the Finnish forests of today.

The author has observed that if the volume of a stand is estimated by employment of both tables, then the results so obtained evidence appreciable variations from one another. Furthermore, the author has discovered that the cubic volumes of fully stocked stands (density class 1.0) in the dominant height tables show an approximate correspondence with the volumes of managed normal stands in southern Finland (cf. NYSSÖNEN 1954; VUOKILA 1956; KALLIO 1957; 1960).

The purpose of this study is therefore that of developing volume tables for coniferous trees, based on the density class and mean height; these tables should give the same cubic volume for a stand as the dominant height tables of ILVESSALO. A stand is regarded as being fully stocked if its cubic volume (in cubic metres) including bark corresponds to the curves shown in Fig. 1.

By employment of the relascope (BITTERLICH 1952; NYSSÖNEN 1954 b) the author has made an estimate of the hectare volumes of 178 pine stands on Myrtillus, Vaccinium (VT) and Calluna (CT) site types and of 120 spruce stands on Oxalis-Myrtillus (OMT), Myrtillus (MT), and peatmoor (K I) site types, in southern Finland. The characteristics of the sample stands, their stages of development and density classes are presented in Table 1.

With the volume and the measured mean and dominant heights as a basis, the density classes were extracted from both the mean height tables (= Y) and the dominant height tables (= X). The statistical characteristics and the correlation coefficients of Y and X with their standard errors were then calculated, and, are these presented on page 10. Regression coefficients and the equation of regression line (equation 2) were calculated on the basis of equation 1 (see Table 2). By solving equation 2 in relation to Y, and by multiplication of the volumes in the mean height tables (JONSON) (= v) by the product, corrected volumes (= V) were obtained (see equation 3). These tally with the density classes of X, and can be seen in Table 3.

The figures given on page 12 demonstrate how the volumes in Table 3 differ from the corresponding volumes of the sample stands.

The figures on page 14 indicate that the volume of density class 1.0 in Table 3 tallies with the fully stocked pine stands on VT and spruce stands on MT in managed forests. The volumes

of fully stocked pine stands on MT are to be found under density class 1.1 in Table 3, and on CT under density class 0.8. The volumes of fully stocked spruce stands on OMT are to be found under density class 1.1. As the density class differs from »fully stocked», the volume in the same height class is altered in proportion.

The silvicultural density class in a managed stand is, both before and after thinning, 1.0. The mensurational density class changes by reason of thinnings and growth. The figures given on page 15 indicate the dependence of the density class upon the elapse of time from the thinning, and those on page 16 the density of managed stands before and after thinning, and between these times.

As a conclusion, the investigation indicates that the author estimated the dense stands too thinly, and the thin ones too densely (figures on page 17), and that the erroneous estimation of the density can be corrected by comparison of the ocular estimations and the corresponding measurements. The density can be measured by means of crown closure (SARVAS 1953; NYYS-SÖNEN 1955, p. 13), stem number per hectare (Table 4) or the basal area per hectare (Table 5).